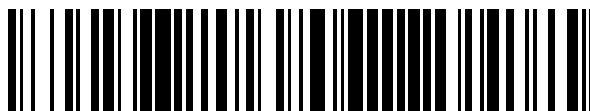


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 857**

51 Int. Cl.:

F04B 39/00 (2006.01)
F16L 55/027 (2006.01)
F16L 55/033 (2006.01)
F04D 29/66 (2006.01)
F04C 15/00 (2006.01)
F04C 18/10 (2006.01)
F04C 18/16 (2006.01)
F04C 2/16 (2006.01)
F04C 29/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2015 E 15170228 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 2952747**

54 Título: **Sistema de compresor con resonador**

30 Prioridad:

02.06.2014 US 201414293886

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

26.06.2018

73 Titular/es:

**INGERSOLL-RAND COMPANY (100.0%)
800-D Beatty Street
Davidson, NC 28036, US**

72 Inventor/es:

**LUCAS, MICHAEL J. y
HAGHJOO, AMIN W.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 673 857 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

Sistema de compresor con resonador

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de compresor y, más particularmente, a sistemas de compresor con reducción de ruido.

10 Antecedentes

Los sistemas que reducen de manera eficaz las amplitudes de ondas de presión en el aire a presión descargado por un compresor siguen siendo un área de interés. Tales ondas de presión pueden incluir presión aerodinámica y presión aeroacústica. Algunos sistemas existentes tienen diversas carencias, inconvenientes y desventajas en relación con ciertas aplicaciones. Por consiguiente, sigue existiendo una necesidad de contribuciones adicionales en esta área de tecnología.

15

Sumario

20 En una forma, un sistema de compresor incluye un compresor, y un anillo anular dispuesto aguas abajo del compresor y estructurado para reducir las fluctuaciones de presión en el aire a presión descargado por el compresor. El anillo anular puede incluir un paso interno para conducir el aire a presión. El anillo anular puede incluir al menos un resonador en comunicación de fluido con el paso interno. Realizaciones, formas, características, aspectos, beneficios y ventajas adicionales de la presente solicitud resultarán evidentes a partir de la descripción y las figuras proporcionadas con el presente documento.

25

El documento DE 10 2011 002 869 A1 da a conocer un silenciador de reflexión para un turbocompresor. Un fluido fluye a través del silenciador de reflexión, que comprende un cuerpo de reflexión tubular que tiene una pluralidad de cavidades circunferenciales. Las cavidades están dispuestas radialmente en diversos niveles en relación con una dirección de flujo axial.

30

El documento WO 2014/051937 A1 se refiere a un compresor para un sistema de admisión. El compresor incluye un alojamiento monolítico, una primera sección de resonador formada en el alojamiento monolítico, definiendo la primera sección de resonador dos o más volúmenes configurados para atenuar el ruido asociado con el fluido que fluye a través del alojamiento monolítico, una sección de compresor formada en el alojamiento monolítico, incluyendo la sección de compresor un compresor configurado para comprimir el fluido que fluye a través del alojamiento monolítico, y una segunda sección de resonador formada en el alojamiento monolítico, definiendo la segunda sección de resonador dos o más volúmenes configurados para atenuar el ruido asociado con el fluido que fluye a través del alojamiento monolítico.

40

Además, el documento EP 1 291 570 A2 da a conocer un supresor de ruido que tiene partes modulares enganchadas en serie para definir una pluralidad de cámaras de supresión y un conducto interno. Cada cámara de supresión se comunica con el conducto interno a través de una o más aberturas. Las cámaras están separadas entre sí por una respectiva pared interna de las partes modulares.

45

Breve descripción de los dibujos

La descripción en el presente documento hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que los números de referencia iguales se refieren a piezas iguales a lo largo de las diversas vistas, y en los que:

50

La Fig. 1 ilustra esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitativo de un resonador según una realización de la presente invención.

La Fig. 2 es una vista isométrica que ilustra algunos aspectos de un ejemplo no limitativo de una fila circunferencial de resonadores según una realización de la presente invención.

55

La Fig. 3 es una vista en sección que ilustra algunos aspectos de un ejemplo no limitativo de un resonador según una realización de la presente invención.

La Fig. 4 es una vista en sección que ilustra algunos aspectos de un ejemplo no limitativo de un resonador según una realización de la presente invención.

60

La Fig. 5 es un gráfico que ilustra la presión total a lo largo del tiempo para un ejemplo no limitativo de un resonador según una realización de la presente invención.

65

Descripción detallada

Para los fines de promover una comprensión de los principios de la invención, ahora se hará referencia a las realizaciones ilustradas en los dibujos, y se usará lenguaje específico para describir las mismas. No obstante, se entenderá que no se pretende limitar el alcance de la invención mediante la ilustración y descripción de determinadas realizaciones de la invención. Además, se contempla que cualquier alteración y/o modificación de la(s) realización/realizaciones ilustrada(s) y/o descrita(s) está dentro del alcance de la presente invención. Además, se contempla que cualquier otra aplicación de los principios de la invención, tal como se ilustra y/o describe en el presente documento, que se le ocurra normalmente a un experto en la técnica a la que pertenece la invención, está dentro del alcance de la presente invención.

Haciendo referencia a los dibujos, y en particular a la Fig. 1, algunos aspectos de un ejemplo no limitativo de un sistema de compresor 10 se representan según una realización de la presente divulgación. El sistema de compresor 10 incluye un compresor 12 que tiene una parte de descarga 14, y una tubería de descarga 16 en comunicación de fluido con el compresor 12 para conducir el aire a presión desde el compresor 12 hacia una ubicación deseada, por ejemplo, hasta o hacia uno o más componentes aguas abajo (no mostrados) que emplean aire a presión. En una forma, la tubería de descarga 16 es solidaria con el compresor 12, aunque en otras realizaciones, la tubería de descarga 16 puede ser un componente discreto unido a o acoplado o fijado de otro modo al compresor 12, directa o indirectamente. La tubería de descarga 16 incluye una superficie externa 16A y un paso de tubería interno 16B. En una forma, el compresor 12 es un compresor helicoidal. En una forma particular, el compresor 12 es un compresor helicoidal libre de aceite. En otras realizaciones, el compresor 12 puede ser un compresor de pistón, un compresor de lóbulos, o cualquier compresor de desplazamiento positivo. En todavía otras realizaciones, el compresor 12 puede ser un compresor centrífugo u otro tipo de compresor. El compresor 12 está configurado para descargar aire a presión a través de la parte de descarga 14 y a través de la tubería de descarga 16 a una ubicación deseada.

Durante el funcionamiento normal, el compresor 12 presuriza gas, tal como aire ambiental, y descarga el gas a presión para su uso mediante los componentes aguas abajo. En algunas condiciones de funcionamiento, el compresor 12 puede producir pulsaciones de presión, que pueden ser una fuente significativa o primaria de ruido generado a partir del compresor 12. La generación de sonido puede ser o bien a partir de vibración estructural o bien a partir de flujo aerodinámicamente inestable. El último, denominado aeroacústica, es el resultado de campos de flujo inestable que radian sonido al campo lejano. El campo aeroacústico incluye dos clases de presión: presión debida a las fuerzas aerodinámicas y presión debida al campo acústico que radia a partir de la existencia del flujo aerodinámico. La presión aerodinámica se crea mediante un campo de presión que es el resultado de la transferencia de masa, tal como el gas a presión descargado desde el compresor 12. La presión acústica se crea a medida que el campo acústico transfiere vibración como una onda longitudinal sin la transferencia de masa. Aunque generalmente el campo de presión dominante es la presión aerodinámica, ambos campos de presión existen y contribuyen a la presión dinámica resultante y, de ese modo, el sonido generado por el compresor 12.

Sin tratar, las amplitudes de las pulsaciones del compresor 12 pueden provocar daño a tuberías aguas abajo y otros componentes, y/o pueden provocar niveles de ruido no deseables. Por ejemplo, un compresor helicoidal libre de aceite típico adecuado para 100 libras por pulgada cuadrada manométrica (psig) (700.000 pascales) puede tener una presión dinámica en la descarga de compresor con una amplitud pico a pico que oscila entre aproximadamente 80 psig (600.000 pascales) y aproximadamente 120 psig (800.000 pascales). Para un compresor helicoidal, la frecuencia fundamental de oscilación es una frecuencia de paso de orificio en la descarga del compresor. La frecuencia de paso de orificio representa el número de veces que se abre el orificio de descarga de compresor para permitir que el aire comprimido escape al interior de la tubería de descarga 16. Es deseable reducir las pulsaciones de presión a amplitudes que son aceptables tanto para la fiabilidad del sistema como para las limitaciones de ruido. Por consiguiente, las realizaciones de la presente invención incluyen un silenciador 18 dispuesto dentro de la tubería de descarga 16. En algunas realizaciones, el silenciador 18 puede estar formado de manera solidaria con la tubería de descarga 16, mientras que en otras realizaciones, el silenciador 18 puede encajarse dentro de la tubería de descarga 16 para formar un revestimiento de absorción acústica dentro de la tubería de descarga 16.

Según la presente invención, el silenciador 18 incluye un anillo anular 20 dispuesto dentro de la tubería de descarga 16. El anillo anular 20 incluye un paso interno 22 estructurado para posibilitar que el aire a presión del compresor 12 fluya a través del mismo hasta componentes aguas abajo a través de la tubería de descarga 16. En algunas realizaciones, el paso interno 22 define todo o una parte del paso de tubería interno 16B. El anillo anular 20 incluye una pluralidad de resonadores 21 en comunicación de fluido con el paso interno 22. Cada resonador 21 en el anillo anular 20 está estructurado para reducir las fluctuaciones de presión en el aire a presión descargado por compresor 12 y amortiguar, atenuar o absorber efectivamente ondas de presión acústicas a una o más frecuencias deseadas, en su conjunto o en parte.

En una forma, el anillo anular 20 incluye una pluralidad de filas circunferenciales 24-36 de resonadores 21, en el que cada fila circunferencial de resonadores 21 incluye una pluralidad de resonadores 21 que están espaciados circunferencialmente, es decir, espaciados con respecto a o alrededor de la circunferencia de una fila circunferencial particular del anillo anular 20. En una forma, cada fila circunferencial de resonadores 21 es adyacente a la siguiente, aunque se entenderá que el anillo anular 20 no se limita a un esquema particular de espaciado de las filas circunferenciales 24-36 de resonadores 21 en relación entre sí. En la representación de la Fig. 1, dado que el anillo

anular 20 se ilustra en sección transversal, solo se ilustran dos resonadores 21 para cada fila circunferencial 24-36, es decir, los resonadores 24A, 24B a 36A, 36B. No obstante, cada fila circunferencial 24-36 puede incluir cualquier número de resonadores 21, y la realización ilustrada incluye más de dos resonadores 21 por fila. En la realización
 5 ilustrada, el anillo anular 20 incluye doce resonadores 21 por fila, específicamente, los resonadores 24A-24L para la fila circunferencial 24, aunque solo se ilustran dos resonadores 24A y 24B en la Fig. 1. Además, aunque se representan siete filas (24, 26, 28, 30, 34 y 36), se entenderá que el anillo anular 20 puede incluir cualquier número de filas circunferenciales que tienen cualquier número de resonadores 21 por fila circunferencial. Además, en
 10 muchas aplicaciones cada fila circunferencial puede incluir un número de resonadores 21 diferente de uno o más de otras filas circunferenciales. En una realización de este tipo, los resonadores 21 pueden ser de tamaños diferentes dentro de una fila dada y por tanto tener una absorción de presión o capacidad de cancelación diferente de fila a fila tal como se describe adicionalmente en el presente documento. Aunque la Fig. 1 ilustra resonadores 21 que tienen el mismo tamaño, se entenderá que la Fig. 1 es de naturaleza meramente ilustrativa, y que el número y el tamaño de los resonadores 21 pueden variar de ubicación a ubicación dentro del anillo anular 20.

Para los fines de descripción, cada fila circunferencial de resonadores 21 puede denominarse bucle, de modo que una pluralidad de filas o bucles, por ejemplo, filas/bucles 24-36, forman el anillo anular 20. Haciendo referencia a la Fig. 2, algunos aspectos de un ejemplo no limitativo de una fila circunferencial o bucle individual de resonadores 21 se representan según una realización de la presente divulgación. En la Fig. 2 se ilustra un único bucle 30 que tiene una pluralidad de resonadores 21. El bucle 30 incluye una pluralidad de aberturas de resonador 40 que están
 20 expuestas al paso interno 22 para atenuar y absorber sonido a través de los resonadores 21. En una forma, cada resonador 21 incluye una única abertura 40, aunque se entenderá que en otras realizaciones un resonador individual 21 puede incluir más de una abertura 40. Como se muestra en la Fig. 2, un bucle circunferencial 30 puede incluir doce resonadores 30A-30L (mostrados en líneas discontinuas). Se entenderá que un bucle dado 30 puede incluir cualquier número de resonadores 21 dependiendo de, por ejemplo, la frecuencia o frecuencias acústicas que se pretende atenuar o absorber mediante el resonador o resonadores particulares 21 de un bucle particular 30. En
 25 algunas realizaciones, todos los resonadores 21 en una fila circunferencial o bucle particular 30 pueden estructurarse para atenuar y/o absorber la misma frecuencia, mientras que todos los resonadores 21 en otra fila circunferencial o bucle, por ejemplo los resonadores 24A-24L de la fila 24, pueden estar estructurados para atenuar y absorber una frecuencia diferente. En algunas realizaciones, los resonadores 21 en una fila circunferencial o bucle particular pueden estar estructurados para atenuar y/o absorber una o más frecuencias diferentes.

Haciendo referencia a la Fig. 3, algunos aspectos del resonador 30B se representan según la presente invención. Como se expuso anteriormente, en la realización representada, el anillo anular 20 incluye una pluralidad de filas circunferenciales o bucles, teniendo cada uno una pluralidad de resonadores 21 de naturaleza similar al resonador
 35 30B. El resonador 30B, y cada resonador 21, incluye un cuello 42 que tiene una línea central 44, extendiéndose el cuello 42 de manera opuesta al paso interno 22 desde una superficie adyacente al paso interno 22. El cuello 42 define adicionalmente la apertura u orificio 40 de modo que el cuello 42 puede extenderse desde el perímetro del orificio 40. El orificio 40 puede ser circular, poligonal, oblongo (por ejemplo, una rendija) o cualquier forma adecuada. Por consiguiente, el orificio 40 puede tener un área de sección transversal efectiva o tamaño A_0 . El cuello 42 tiene una longitud real L_0 . El resonador 30B incluye una cavidad 46 que tiene un volumen V y un área A_c , definiéndose el área A_c como el área de sección transversal de la cavidad 46 en perpendicular a la línea central 44. La cavidad 46 está en comunicación con el paso interno 22 a través del cuello 42 y el orificio 40. El tamaño de orificio A_0 , la longitud de cuello L_0 , el volumen V , el área A_c y/o uno o más de otros parámetros físicos, que pertenecen al tamaño, la forma y/o la orientación del cuello 42 o la cavidad 46, pueden variar como entre resonadores y/o según sea
 45 necesario para la aplicación particular. En una forma, el tamaño de orificio A_0 y la longitud L_0 del cuello 42, y el volumen V y el área A_c de la cavidad 46, pueden seleccionarse para posibilitar una respuesta deseada de cada resonador particular 21. Por ejemplo, los parámetros físicos de cada resonador 21 pueden seleccionarse para ajustar el resonador 21 para amortiguar, atenuar o absorber eficazmente una frecuencia de onda acústica deseada, para reducir o eliminar la amplitud de ondas de presión acústicas a tal frecuencia deseada en el paso interno 22.

En una forma, cada uno de los resonadores 24A-24L a 36A-36L puede ajustarse o configurarse para reducir la amplitud de una onda acústica a una frecuencia deseada F . En una forma, el resonador 30B puede ajustarse o configurarse seleccionando o variando los valores del tamaño de orificio A_0 y/o la longitud L_0 del cuello 42, y/o el volumen V y/o el área A_c para la cavidad 46, para producir una frecuencia natural de resonador F_n , tal como se
 55 calcula mediante:

$$F_n = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A_0}{V \cdot L_0}}, \quad \text{(Ecuación 1)}$$

$$\text{donde } L_0 = L_0 + 0,48 \cdot \sqrt{A_0} \cdot \left[2 - 1,25 \sqrt{\frac{A_0}{A_c}} \right], \quad \text{(Ecuación 2)}$$

en las que c es la velocidad del sonido a la densidad de aire local; A_0 es el tamaño de orificio efectivo (es decir, el área de sección transversal) del cuello 42; L_0 es la longitud real del cuello 42; V es el volumen de la cavidad 46; A_c es el área de sección transversal de la cavidad 46; L_0 es la longitud de cuello efectiva tal como se describe en el presente documento; y F_n es la frecuencia natural del resonador 30B.

Una onda de presión que incide sobre el orificio 40 que tiene una frecuencia a la frecuencia natural F_n del resonador 30B se reflejará en gran medida de vuelta a la fuente, creando una interferencia que atenúa y/o cancela la onda de presión incidente. La atenuación de ondas de presión incidentes puede cuantificarse como una pérdida de transmisión producida por el resonador 30B. Por consiguiente, la pluralidad de resonadores 21, incluyendo el resonador 30B, del anillo anular 20 pueden ajustarse para atenuar y/o cancelar las ondas de presión acústicas generadas por el compresor 12.

En una forma, los resonadores 21, como el resonador 30B, son resonadores Helmholtz y funcionan para atenuar y absorber ondas de presión acústicas a una o más frecuencias deseadas o predeterminadas. Un resonador Helmholtz puede modelarse como un oscilador sencillo, en el que la constante de resorte efectiva se determina mediante la elasticidad del fluido en la cavidad y sus límites. En este contexto, la masa de oscilador efectiva es la masa de fluido (es decir, aire) en el cuello de resonador 42 más la masa de fluido arrastrada (es decir, aire) desde dentro de la cavidad 46 y desde el paso interno 22. La masa de aire arrastrada puede modelarse como la carga de radiación reactiva sobre dos pistones virtuales que forman los límites entre el cuello 42 y, respectivamente, la cavidad 46 y el paso interno 22.

La oscilación se genera mediante ondas de presión, tanto aerodinámicas como acústicas, que inciden sobre el orificio 40 a medida que el gas a presión se descarga desde el compresor 12 a través del paso interno 22 del silenciador 18. El desplazamiento oscilatorio del aire a través del orificio 40 cuando el aire en la cavidad 46 se comprime y descomprime de manera alternante mediante ondas de presión incidentes arrastra una masa de aire correspondiente al tamaño de orificio A_o , multiplicado por la longitud de cuello L_o , más el aire arrastrado fuera de la cavidad. Debido a que está en movimiento, la masa de aire arrastrada que se mueve a través del orificio 40 tiene un momento que produce una longitud de cuello efectiva L_e que es mayor que la longitud de cuello real, L_o . En consecuencia, la frecuencia natural del resonador F_n depende de la longitud de cuello efectiva L_e , que depende de las dimensiones globales del resonador 30B, además de la longitud de cuello real 42. Además, la frecuencia natural F_n del resonador 30B puede ampliarse debido a ángulos de incidencia variables de las ondas de presión sobre el orificio 40 provocados por las longitudes de onda más cortas del campo aeroacústico y una turbulencia de escala mayor en el flujo de aire a través del paso interno 22.

Por consiguiente, el anillo anular 20 amortigua, atenúa y absorbe las ondas de presión tanto aerodinámicas como acústicas. En un aspecto mostrado en la Fig. 1, la estructura compartimentalizada del anillo anular 20 compuesto por la pluralidad de resonadores 21 confiere elasticidad a las paredes del silenciador 18 posibilitando que el anillo anular 20 atenúe y absorba pulsaciones de ondas de presión en el campo de presión aerodinámica. En otro aspecto del anillo anular 20, la pluralidad de resonadores 21 pueden ajustarse para atenuar las diversas frecuencias en el campo acústico generado por el compresor 12 tal como se describe en el presente documento. Además, dado que el anillo anular 20 del silenciador 18 puede estar dispuesto dentro de la tubería de descarga 16, el anillo anular 20 y los resonadores 21 tienen que estar estructurados para resistir la presión dinámica del campo aeroacústico, pero no la presión estática completa descargada por el compresor 12. Reduciendo o eliminando las ondas de presión aerodinámicas y acústicas no deseables puede reducirse el ruido, y puede disminuirse o eliminarse el daño potencial al sistema de compresor 12 y/o componentes aguas abajo.

En una forma, el anillo anular 20 y la tubería de descarga 16 están dispuestos alrededor de una línea central 38 como se muestra en la Fig. 1, y en una forma, son de sección transversal esencialmente cilíndrica, o circular. En otras realizaciones, el anillo anular 20 y/o la tubería de descarga 16 pueden tener otras formas. En al menos una realización, el anillo anular 20 puede estar formado de una pluralidad de filas circunferenciales separadas 24-36 que están ensambladas, apiladas y/o fijadas entre sí. Alternativamente, las filas circunferenciales 24-36 de resonadores 21 del anillo anular 20 pueden estar formadas como una estructura integral, unitaria.

En al menos una realización según la presente divulgación, el silenciador 18, el anillo anular 20 y las filas circunferenciales 24-36 de resonadores 21 pueden estar formados como estructura integral, unitaria, que está separada de la tubería de descarga 16 para formar un revestimiento de absorción acústica, que puede insertarse dentro de y encajarse en la tubería de descarga 16 como se muestra en la Fig. 4. En una realización de este tipo, un sistema de compresor 100 puede incluir el compresor 12 que tiene la parte de descarga 14 conectada a la tubería de descarga 16. El sistema de compresor 100 puede incluir además el silenciador 18, incluyendo el anillo anular 20, insertado dentro de y soportado por la tubería de descarga 16. Dependiendo de la presión de gas comprimido generada por el compresor 12, la tubería de descarga 16 puede exponerse a una tensión significativa debido a la diferencia de presión entre la presión relativamente alta dentro del paso interno 22 y la presión ambiental relativamente baja que rodea la tubería de descarga 16. En consecuencia, la tubería de descarga 16 requiere una solidez suficiente para resistir esta diferencia de presión, que puede ser del orden de cientos, o miles, de libras por pulgada cuadrada (es decir, mayor de 700.000 pascales). Dado que el silenciador 18 del sistema de compresor 100 está encajado dentro de y soportado por la tubería de descarga 16, el silenciador 18 no necesita la solidez estructural para resistir la misma diferencia de presión. Por tanto, la tubería de descarga 16 proporciona integridad estructural al silenciador 18, que está configurado para la atenuación del sonido.

65

La presión total generada por el compresor 12 incluye tanto una presión dinámica que resulta del flujo aerodinámicamente inestable que surge de la parte de descarga 14 como una presión estática que resulta del proceso de compresión mostrado en la ecuación 3:

$$P_T = P_d + P_s \quad (\text{Ecuación 3})$$

5

en la que P_T es la presión total, P_d es la presión dinámica y P_s es la presión estática. La Fig. 5 ilustra la variación de la presión total P_T generada por el compresor 12 a lo largo de un periodo de tiempo dado según la ecuación 3. Como se representa en la Fig. 5, la presión dinámica P_d puede variar a medida que las ondas de presión se mueven a través del campo aeroacústico debido a fluctuaciones del flujo aerodinámicamente inestable tal como se describe en el presente documento. Sin embargo, la presión estática generalmente permanece relativamente constante en una condición de funcionamiento dada del compresor 12. Además, las fluctuaciones en la presión dinámica P_d son de magnitud relativamente pequeña en comparación con la presión estática P_s , que es muchas magnitudes mayor y del orden de cientos, o miles, de libras por pulgada cuadrada (es decir, mayor de 700.000 pascuales). En consecuencia, la tubería de descarga 16 puede estar estructurada para resistir la fuerza de presión estática relativamente alta, y el silenciador 18 del sistema de compresor 100 puede estar estructurado para resistir solo las tensiones impuestas por la presión dinámica. No es necesario que el silenciador 18 esté estructurado para resistir las presiones estáticas o totales generadas por el compresor 12. Por tanto, el silenciador 18 puede fabricarse por separado del sistema de compresor 100 como pieza integral y reajustarse en un sistema de compresor fabricado previamente con una tubería de descarga, de acuerdo con la descripción de la Fig. 4. El silenciador 18 puede ser integral porque forma una pieza separada de la tubería de descarga 16 en la que está instalado. Además, el coste de fabricación del silenciador 18 y el sistema de compresor 100 puede reducirse en relación con los sistemas de compresor convencionales que tienen características de amortiguamiento de ruido convencionales.

10

15

20

25

30

En una realización de este tipo, el silenciador 18 puede insertarse, deslizarse, resbalarse o instalarse de otra manera en la tubería de descarga 16. El silenciador 18 puede sujetarse en una ubicación dentro de la tubería de descarga 16 usando cualquier técnica mecánica, química o metalúrgica adecuada. A modo de ejemplo no limitativo, el silenciador 18 puede unirse dentro de la tubería de descarga 16 usando un adhesivo, tal como un epoxi. Alternativamente, el silenciador 18 puede soldarse o someterse a soldadura fuerte cuando sea compatible con los materiales que están uniéndose. En ejemplos adicionales, el silenciador 18 puede clavarse, engarzarse o atraparse dentro de la tubería de descarga 16. En al menos una realización, el silenciador 18 se fabrica de modo que pueda sujetarse dentro de la tubería de descarga 16 mediante ajuste de interferencia.

35

El silenciador 18 puede estar formado por múltiples anillos anulares 20 ensamblados, clavados y/o fijados entre sí mediante cualquier medio adecuado. Uno o más anillos anulares 20 ensamblados entre sí pueden considerarse un cartucho que puede insertarse o instalarse en la tubería de descarga 16. Además, puede considerarse que el silenciador 18 es un cartucho que se desliza al interior de la tubería de descarga 16. Además, más de un cartucho puede insertarse por separado en la tubería de descarga 16 para formar el silenciador 18.

40

45

En al menos una realización, tal como se muestra en la Fig. 4, el silenciador 18 puede estar formado por un dispositivo integral, unitario, que tiene una pared externa separada de la tubería de descarga 16. Alternativamente, el silenciador 18 puede estar formado de modo que cada anillo anular 20 puede incluir el cuello 42, el orificio 40, definiendo las paredes laterales la cavidad 46, pero excluyendo la pared externa. En una realización de este tipo, la tubería de descarga 16 puede proporcionar la pared externa de cada cavidad 46, cuando el silenciador 18 se inserta y se sujeta en la tubería de descarga 16. A diferencia de la representación en la Fig. 4, una realización de este tipo no tiene una pared doble compuesta por la pared de tubería de descarga y la pared de silenciador. Una realización de este tipo reduce adicionalmente el coste y la complejidad de fabricación del silenciador 18.

50

55

60

65

El silenciador 18 puede fabricarse mediante cualquier proceso adecuado. Sin embargo, dadas las características intrincadas del anillo anular 20, puede ser posible o no fabricar el silenciador 18 mediante métodos de moldeo, colado o mecanizado convencionales. En al menos una realización según la presente divulgación, el silenciador 18 y/o el anillo anular 20 pueden fabricarse usando un proceso de fabricación aditiva. La fabricación aditiva es el proceso de formación de un artículo mediante la fusión, sinterización o polimerización selectiva de una reserva de material. La fabricación aditiva incluye el uso de un modelo de datos de diseño asistido por ordenador discretizado ("CAD", *computer-aided design*) de una pieza deseada para definir capas que pueden procesarse sucesivamente en secuencia para formar la parte integrada final. La fabricación aditiva incluye los procesos de fabricación por fusión de lecho en polvo ("PBF", *powder bed fusion*) y fusión por pulverización en polvo ("PSF", *powder spray fusion*), incluyendo la fusión láser selectiva ("SLM", *selective laser melting*), sinterización con láser de metal directa ("DMLS", *direct metal laser sintering*), sinterización láser selectiva ("SLS", *selective laser sintering*) y fusión por haz de electrones ("EBM", *electron beam melting*). Los procesos PBF y PSF comparten un conjunto básico de etapas de proceso, incluyendo una o más fuentes térmicas para inducir fusión y fusionado entre partículas de polvo de una reserva de material, un medio para controlar la fusión de las partículas de polvo dentro de las regiones prescritas de cada capa del modelo de CAD discretizado, y un medio para depositar las partículas de polvo sobre las capas fundidas previamente formando la pieza en proceso. Las regiones prescritas de cada capa se definen mediante la sección transversal del modelo de CAD de la pieza en una capa dada. Dado que las partículas de polvo se funden y

se fusionan con la capa previa, la pieza resultante puede ser sólida, densa de manera sustancialmente completa, sustancialmente libre de huecos, y tiene propiedades térmicas y mecánicas sustancialmente equivalentes o superiores a una pieza fabricada mediante métodos de moldeo, colado o mecanizado convencionales. Alternativamente, la parte resultante puede incluir un grado deseado de porosidad mediante el control apropiado del proceso de fabricación. Alternativamente, el silenciador 18 y/o el anillo anular 20 pueden estar formados mediante una técnica de colado adecuado, tal como moldeo de precisión.

Las realizaciones de la presente invención incluyen un sistema de compresor, que comprende: un compresor configurado para descargar aire a presión; una tubería de descarga en comunicación de fluido con el compresor, en el que la tubería de descarga está configurada para conducir el aire a presión hacia una ubicación deseada; y un anillo anular insertado en la tubería de descarga, en el que el anillo anular tiene un paso interno configurado para conducir el aire a presión desde el compresor a través del mismo, en el que el anillo anular incluye un resonador en comunicación de fluido con el paso interno; y en el que el resonador está configurado para reducir las fluctuaciones de presión en el aire a presión descargado por el compresor.

En un perfeccionamiento, el anillo anular es una estructura integral, unitaria, y está separado de y soportado por la tubería de descarga.

En otro perfeccionamiento, el anillo anular incluye una pluralidad de resonadores espaciados circunferencialmente alrededor del anillo anular.

Según la invención, el resonador incluye una cavidad que tiene un volumen y un área; en el que el resonador incluye un cuello que tiene una longitud y un tamaño de orificio; y en el que la cavidad está en comunicación de fluido con el paso interno a través del cuello.

Todavía en otro perfeccionamiento, el resonador se ajusta para atenuar una frecuencia deseada variando uno o más del volumen, el área, la longitud y el tamaño de orificio.

Todavía en aún otro perfeccionamiento, el anillo anular incluye una primera fila circunferencial de resonadores espaciados circunferencialmente alrededor del anillo anular.

En un perfeccionamiento adicional, cada resonador en la primera fila circunferencial de resonadores se ajusta para atenuar ondas acústicas la misma frecuencia.

En un perfeccionamiento aún adicional, el anillo anular incluye una segunda fila circunferencial de resonadores espaciados circunferencialmente alrededor del anillo anular.

En un perfeccionamiento todavía adicional, los resonadores de la primera fila circunferencial de resonadores se ajustan para atenuar una o más frecuencias diferentes de los resonadores de la segunda fila circunferencial de resonadores.

Todavía en un perfeccionamiento adicional más, cada resonador de la primera fila circunferencial de resonadores se ajusta para atenuar una primera frecuencia; y en el que cada resonador de la segunda fila circunferencial de resonadores se ajusta para atenuar una segunda frecuencia diferente de la primera frecuencia.

En otro perfeccionamiento, la segunda fila circunferencial de resonadores está situada adyacente a la primera fila circunferencial de resonadores.

Todavía en otro perfeccionamiento, el anillo anular incluye una tercera fila circunferencial de resonadores espaciados circunferencialmente alrededor del anillo anular.

Las realizaciones de la presente invención incluyen además un sistema de compresor, que comprende: un compresor helicoidal; una tubería de descarga de compresor helicoidal que tiene una superficie externa y un paso interno dispuesto radialmente hacia dentro de la superficie externa, en el que el paso interno configurado para conducir aire a presión descargado desde el compresor helicoidal a través del mismo; y una pluralidad de resonadores insertados entre la superficie externa y el paso interno, en el que cada resonador incluye una abertura en comunicación de fluido con el paso interno; y en el que cada resonador está configurado para atenuar ondas de presión acústicas a una frecuencia predeterminada.

En otro perfeccionamiento, la pluralidad de resonadores están dispuestos en una pluralidad de filas circunferenciales de resonadores espaciados circunferencialmente.

En aún otro perfeccionamiento, al menos una fila circunferencial de resonadores está estructurada para atenuar ondas de presión acústicas a una frecuencia diferente de al menos otra fila circunferencial de resonadores.

Todavía en otro perfeccionamiento, la pluralidad de resonadores están formados como parte de una estructura integral, unitaria.

5 Todavía en aún otro perfeccionamiento, la pluralidad de resonadores están formados como parte de un anillo anular unitario, integral, definido entre el paso interno y la superficie externa.

En otro perfeccionamiento, el anillo anular se forma mediante un proceso de fabricación aditiva.

10 Las realizaciones de la presente invención incluyen además un sistema de compresor, que comprende: un compresor que puede funcionar para descargar aire a presión que tiene ondas de presión acústicas en el mismo; una tubería de descarga en comunicación de fluido con el compresor, en el que la tubería de descarga está configurada para conducir el aire a presión hacia una ubicación deseada; y medios para reducir las amplitudes de las ondas de presión acústicas a una o más frecuencias preseleccionadas, en el que los medios de reducción de amplitudes están dispuestos dentro de la tubería de descarga.

15 En un perfeccionamiento, los medios para reducir se forman como estructura integral, unitaria, que tiene una pluralidad de resonadores Helmholtz.

20 Aunque la invención se ha descrito en relación con realizaciones particulares, debe entenderse que la invención pretende cubrir diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, debe entenderse que aunque el uso de la palabra preferible, preferiblemente o preferida/o en la descripción anterior indica que la característica así descrita puede ser más deseable, no obstante, puede no ser necesario y puede contemplarse que cualquier realización que carezca de la misma esté dentro del alcance de la invención, definiéndose ese alcance mediante las reivindicaciones que siguen. Al leer las
25 reivindicaciones, se pretende que cuando se usen palabras tales como “un”, “una”, “al menos una” y “al menos una parte”, no haya intención de limitar la reivindicación únicamente a solo un elemento a menos que se indique específicamente lo contrario en la reivindicación. Además, cuando se usa la redacción “al menos una parte” y/o “una parte” el elemento puede incluir una parte y/o todo el elemento a menos que se establezca específicamente lo contrario.

30

REIVINDICACIONES

1.- Un sistema de compresor (10, 100), que comprende:

5 un compresor (12) estructurado para descargar un flujo de gas a presión;
una tubería de descarga (16) en comunicación de fluido con el compresor (12), en el que la tubería de descarga (16) está estructurada para conducir el gas a presión hacia una ubicación deseada; y

10 un anillo anular (20) dispuesto dentro de la tubería de descarga (16), en el que el anillo anular (20) tiene un paso interno (22) estructurado para conducir el gas a presión desde el compresor (12) a través del mismo,

caracterizado por que el anillo anular (20) incluye una pluralidad de resonadores (21) en comunicación de fluido con el paso interno (22), y

15 en el que la pluralidad de resonadores (21) están configurados para reducir las fluctuaciones de presión en el flujo de gas a presión descargado por el compresor (12), y

20 en el que cada uno de la pluralidad de resonadores (21) incluye una cavidad (46), que tiene un volumen (V) y un área (Ac), y un cuello (42) que tiene una longitud (Lo) y un tamaño de orificio (Ao), estando la cavidad (46) en comunicación de fluido con el paso interno (22) a través del cuello (42),

en el que los cuellos (42) se extienden de manera opuesta al paso interno (22) desde una superficie adyacente al paso interno (22).

25 2.- El sistema de compresor (10, 100) según la reivindicación 1, en el que el anillo anular (20) es una estructura integral y está separada de y soportada por la tubería de descarga (16); o

en el que la pluralidad de resonadores (21) están espaciados circunferencialmente alrededor del anillo anular (20).

30 3.- El sistema de compresor (10, 100) según la reivindicación 1, en el que los resonadores (21) están ajustados para atenuar una frecuencia deseada variando uno o más del volumen (V), el área (Ac), la longitud (Lo) y el tamaño de orificio (Ao).

35 4.- El sistema de compresor (10, 100) según la reivindicación 1, en el que el anillo anular (20) incluye una primera fila circunferencial de resonadores (24-36) espaciados circunferencialmente alrededor del anillo anular (20).

40 5.- El sistema de compresor (10, 100) según la reivindicación 4, en el que cada resonador (21) en la primera fila circunferencial de resonadores (24-36) está ajustado para atenuar ondas acústicas de la misma frecuencia.

6.- El sistema de compresor (10, 100) según la reivindicación 5, en el que el anillo anular (20) incluye una segunda fila circunferencial de resonadores (24-36) espaciados circunferencialmente alrededor del anillo anular (20).

45 7.- El sistema de compresor (10, 100) según la reivindicación 6, en el que los resonadores (21) de la primera fila circunferencial de resonadores (24-36) están ajustados para atenuar una o más frecuencias diferentes de los resonadores (21) de la segunda fila circunferencial de resonadores (24-36).

50 8.- El sistema de compresor (10, 100) según la reivindicación 7, en el que cada resonador (21) de la primera fila circunferencial de resonadores (24-36) está ajustado para atenuar una primera frecuencia, y en el que cada resonador (21) de la segunda fila circunferencial de resonadores (24-36) está ajustado para atenuar una segunda frecuencia diferente de la primera frecuencia; o

en el que la segunda fila circunferencial de resonadores (24-36) está situada adyacente a la primera fila circunferencial de resonadores (24-36); o

55 en el que el anillo anular (20) incluye una tercera fila circunferencial de resonadores (24-36) espaciados circunferencialmente alrededor del anillo anular (20).

60 9.- El sistema de compresor (10, 100) según la reivindicación 1, en el que el compresor es un compresor helicoidal (12);

la tubería de descarga (16) que tiene una superficie externa (16A) y un paso interno (16B) dispuesto radialmente dentro de la superficie externa (16A); y

65 en el que la pluralidad de resonadores (21) están insertados entre la superficie externa (16A) y el paso interno (16B), en el que cada resonador (21) incluye una abertura (40) en comunicación de fluido con el paso interno (16B), y en el

que cada resonador (21) está estructurado para atenuar ondas de presión acústicas a una frecuencia predeterminada.

5 10.- El sistema de compresor (10, 100) según la reivindicación 9, en el que la pluralidad de resonadores (21) están dispuestos en una pluralidad de filas circunferenciales de resonadores (24-36) espaciados circunferencialmente.

10 11.- El sistema de compresor (10, 100) según la reivindicación 10, en el que al menos una fila circunferencial de resonadores (24-36) está estructurada para atenuar ondas de presión acústicas a una frecuencia diferente de al menos otra fila circunferencial de resonadores (24-36); o
en el que la pluralidad de resonadores (21) están formados como parte de una estructura integral y están separados de y soportados por la tubería de descarga (16).

15 12.- El sistema de compresor (10, 100) según la reivindicación 9, en el que la pluralidad de resonadores (21) están formados como parte de un anillo anular integral (20) definido entre el paso interno (16B) y la superficie externa (16A).

10

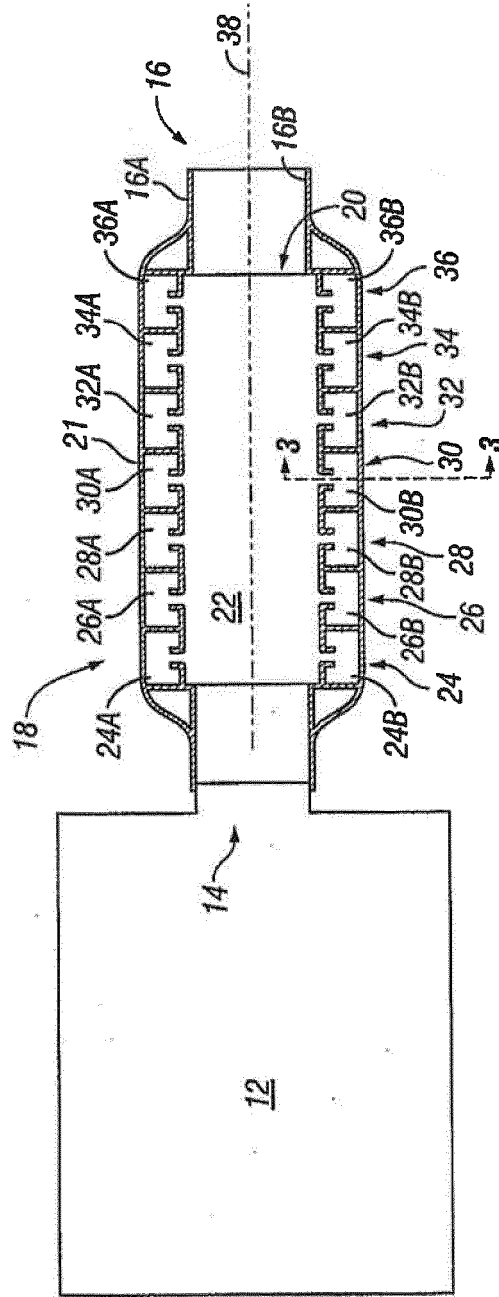


FIG. 1

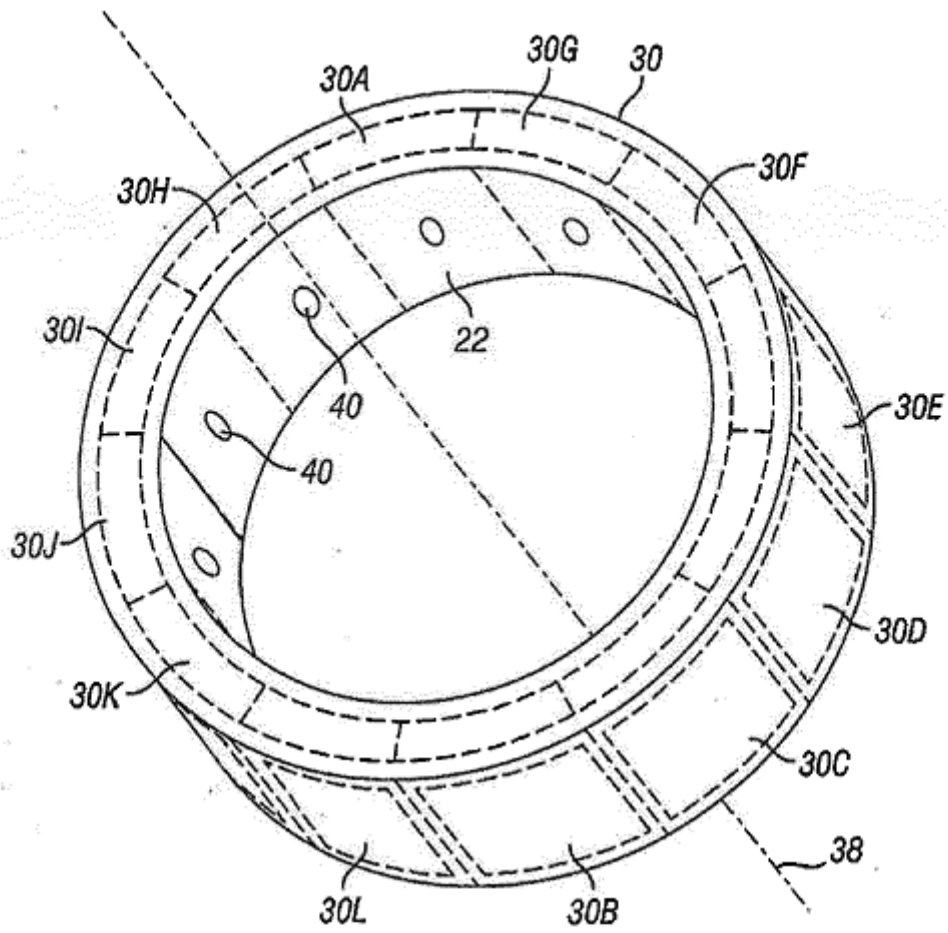


FIG. 2

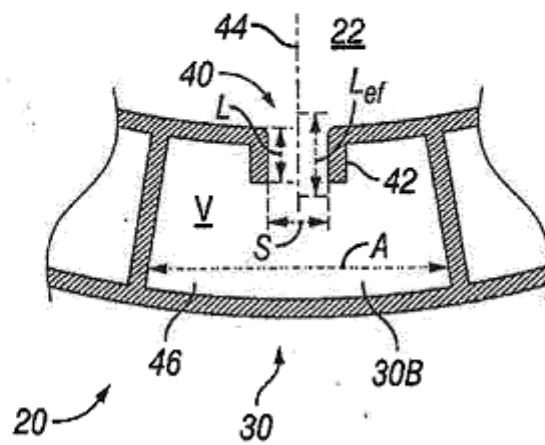


FIG. 3

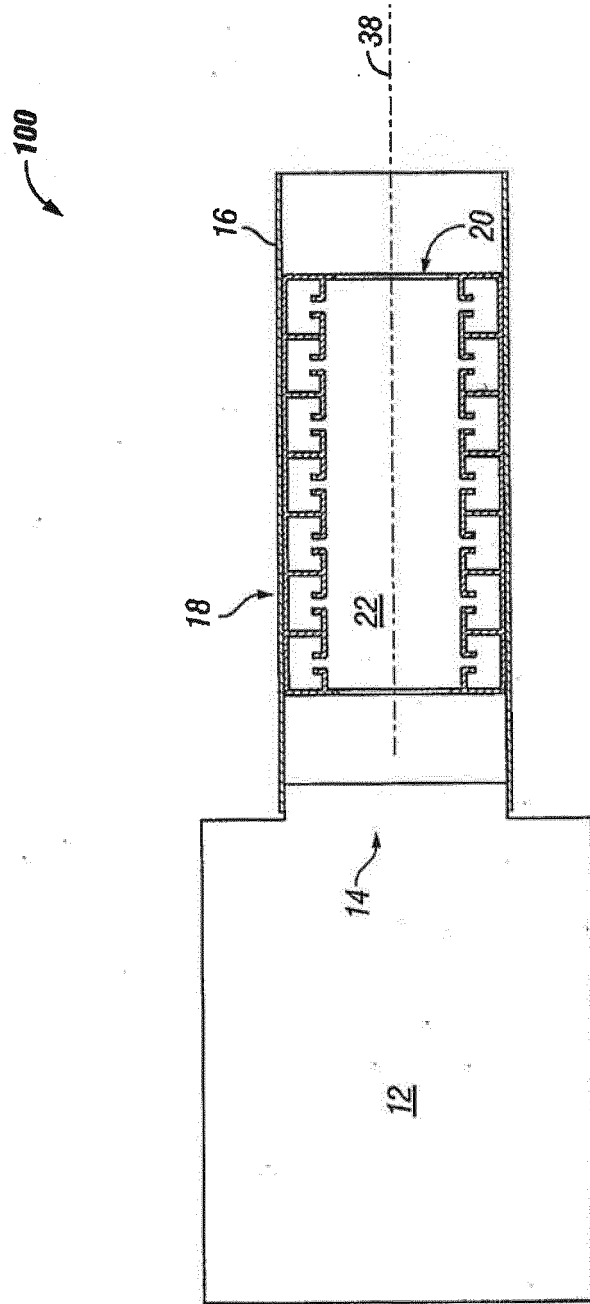


FIG. 4

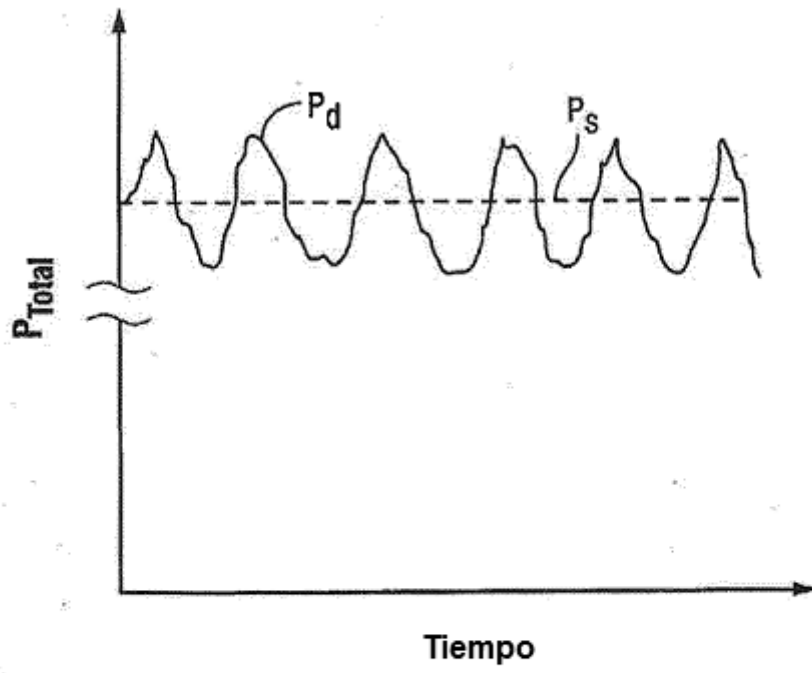


FIG. 5