

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 496**

51 Int. Cl.:

F01N 1/04 (2006.01)

F01N 1/08 (2006.01)

F01N 1/10 (2006.01)

F01N 1/12 (2006.01)

F01N 3/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08101880 .6**

96 Fecha de presentación: **30.09.1997**

97 Número de publicación de la solicitud: **2182186**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.05.2010**

54 Título: **SILENCIADOR DE FLUJO DE GAS.**

30 Prioridad:
30.09.1996 DK 107096
04.07.1997 DK 81697

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.03.2012

73 Titular/es:
Silentor Holding A/S
Suderbovej 22
9900 Frederikshavn, DK

72 Inventor/es:
Frederiksen, Svend y
Frederiksen, Eyvind

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

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).

ES 2 376 496 T3

DESCRIPCIÓN

Silenciador de flujo de gas.

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para diseñar y/o dimensionar un dispositivo para silenciar un flujo de gas, tal como gases de escape procedentes de un dispositivo de combustión, un procedimiento para silenciar dicho flujo y un número de dispositivos para silenciar dichos gases, un vehículo que comprende uno o más dispositivos y una instalación generadora de electricidad estacionaria que comprende uno de dichos dispositivos. Dichos dispositivos son conocidos entre otros a partir de los documentos US 4317502A, WO 93/24744A, FR 2226865A ó CH 131187A.
- 10 Mientras que se conoce un número de diseños de silenciador, la mayoría de estos no resultan particularmente beneficiosos con respecto a las propiedades dinámicas de flujo. Como resultado de estudios intensos del comportamiento dinámico de flujo y de los requisitos de los sistemas de silenciador, la invención proporciona tanto los principios físicos básicos que deben cumplir los diseños de silenciador con el fin de obtener las combinaciones inalcanzables hasta ahora de amortiguamiento de ruido, baja contrapresión (disminución de presión a través del dispositivo silenciador) como las nuevas características de diseño mecánico específicas y de pequeño tamaño, tales como conformaciones físicas de los conductos o de los cuerpos implicados en la trayectoria de flujo – que contribuyen a un diseño global apropiado para proporcionar combinaciones superiores de los resultados de rendimiento.
- 15 Resulta bien conocido en la técnica el hecho de silenciar dicho flujo dirigiéndolo hacia el interior de un conducto de entrada a un recipiente, a través de una o más cámaras en dicho recipiente que se intercomunican por medio de conductos, a través de un difusor asociado con uno de dichos conductos y hacia el interior de un conducto de salida a partir de dicho recipiente.
- 20 La invención se refiere a un procedimiento para diseñar y/o dimensionar de forma simple y fiable un dispositivo que comprende determinados elementos y para silenciar un flujo de gases que se origina en un sistema de flujo, por ejemplo, un dispositivo de combustión, en el que se aplican las mismas expresiones matemáticas generales que con los parámetros particulares dados con respecto a al menos las restricciones espaciales y las fuentes deseadas de atenuación de ruido y, en muchos casos también la pérdida de presión aceptable a lo largo del dispositivo, el espectro de sonido objeto de atenuación y el sistema de flujo.
- 25 Se puede aplicar la idea de la invención a un dispositivo del tipo que comprende uno o más conductos que conducen el flujo hacia el interior y/o hacia el exterior de una o más cámaras del dispositivo y uno o más difusores que difunden al menos una parte del flujo de gas a través de uno o más de los conductos, estando diseñada y/o dimensionada la configuración geométrica y la disposición y las dimensiones relativas de una o más cámaras y uno o más de los conductos principalmente sobre la base del número de los cambios en cuanto al área de corte transversal del flujo de gas, los valores de los cambios individuales a lo largo del área de corte transversal, el volumen de cada una o más de las cámaras y la longitud de cada uno o más de los citados conductos.
- 30 De este modo, se ha logrado un cumplimiento coherente con la amortiguación deseada del espectro de sonido para dichos parámetros particulares dados, al tiempo que se minimizan las dimensiones totales del dispositivo.
- 35 La invención se refiere a un dispositivo para silenciar el flujo de gas dirigido a través del mismo estando adaptado para la instalación en un sistema de flujo, comprendiendo dicho dispositivo:
- 40 - una carcasa
 - al menos dos cámaras acústicas presentes en la carcasa, pasando el flujo de gas a través de las mismas,
 - al menos una tubería de entrada para conducir el gas hacia el interior de una de las citadas al menos dos cámaras acústicas,
 - 45 - al menos un conducto de conexión de una longitud L y de un área de corte transversal representativa para conducir el gas desde una de al menos dos cámaras acústicas hasta la otra de al menos dos cámaras acústicas,
 - uno o más cuerpos monolíticos en una o más de las citadas cámaras acústicas,
- 50 mostrando dicho dispositivo al menos dos transiciones de área de corte transversal para el flujo de gas entre un área de corte transversal relativamente más pequeña A_i y un área de corte transversal relativamente más grande A_o ,
- estando curvada al menos parte de dicho al menos un conducto de conexión,
- en el que se aplica lo siguiente a al menos una cámara escogida a partir de dichas al menos dos cámaras

acústicas:

- el área media de corte transversal A_j de dicha cámara escogida es al menos cuatro veces más grande que:
 - la suma de todas las áreas de corte transversal de los conductos que conducen el gas hasta la cámara escogida, a_1 , y
 - la suma de todas las áreas de corte transversal de los conductos que conducen el gas desde la cámara seleccionada, a_2 , estando el área media de corte transversal A_j definida como el valor medio de todas las áreas de corte transversal a lo largo de una trayectoria media para ondas de sonido que viajan a través de la cámara escogida,
 - el volumen de al menos una cámara escogida, V_j , es de al menos $8\left(\sqrt{(a_1 + a_2)/2}\right)^3$, estando definido a_1 y a_2 como se ha comentando anteriormente,
- incluyendo el área de corte transversal, A_j , y el volumen V_j , cualesquiera elementos que pertenecen al material de absorción de sonido del interior de la cámara escogida y cualesquiera otras partes en comunicación acústica con la cámara escogida.

Preferentemente, el material de absorción de sonido se proporciona dentro de al menos una de las cámaras acústicas. El material de absorción de sonido se puede proporcionar dentro de al menos dos cámaras acústicas.

Preferentemente, la frecuencia natural local, f_e , de al menos un sistema que comprende el gas de dos cámaras acústicas consecutivas AC_j y AC_{j+1} y el gas del conducto de conexión que interconecta las dos cámaras acústicas citadas, aproximada por medio de la siguiente expresión

$$f_e = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{L} \left(\frac{1}{V_j} + \frac{1}{V_{j+1}} \right)} \quad , \quad (1)$$

siendo V_j y V_{j+1} los volúmenes de las cámaras AC_j y AC_{j+1} respectivamente (estableciéndose el volumen V_{j+1} en infinito cuando la cámara AC_j se encuentra conectada a un entorno exterior o una cámara exterior en la dirección aguas abajo), siendo el área de corte transversal representativa del conducto de conexión que interconecta las dos cámaras acústicas consecutivas, siendo L la longitud del conducto de conexión y siendo c la velocidad local del sonido, es como máximo 0,75 veces la frecuencia característica del sistema de flujo. Para muchas aplicaciones del dispositivo, es preferible que la frecuencia natural local, f_e , sea como máximo 0,5 veces la frecuencia característica del sistema de flujo, tal como 0,4 veces o 0,3 veces o incluso 0,25 veces, tal como 0,2 veces, 0,15 veces o 0,1 o incluso menor.

Preferentemente, en el dispositivo de acuerdo con la invención se aplican curvaturas, que evitan la separación de flujo, sobre al menos parte del contorno de la entrada y/o la salida de la tubería o conducto del dispositivo, siendo dicha tubería o conducto la tubería de entrada o su extensión hacia el interior del aparato y/o la tubería de salida o su extensión hacia el interior del aparato y/o el conducto de conexión que conecta las dos cámaras. De este modo, se puede eliminar el fenómeno de sección contraída o al menos se puede reducir, reduciendo de este modo la pérdida de presión en el dispositivo.

De acuerdo con la invención, la generatriz de al menos parte de al menos un conducto curvado escogido entre el citado al menos un conducto se enrolla en la dirección periférica, presentando al menos parte del conducto curvado forma de espiral plana, o la generatriz de al menos parte de al menos un conducto curvado escogido entre el citado al menos un conducto se enrolla en la dirección periférica, extendiéndose la citada parte de dicho conducto curvado en la dirección longitudinal, para dar lugar a una forma helicoidal de tipo tornillo. De este modo, se utilizan las tres dimensiones del espacio con el fin de conseguir un conducto relativamente largo o conductos relativamente largos.

Enrollando el conducto de conexión, es decir, utilizando la tercera dimensión espacial, se puede aumentar considerablemente la longitud del conducto, disminuyendo de este modo la frecuencia natural del dispositivo silenciador por medio de la ecuación (1). El flujo del conducto puede constituir un incremento del área de corte transversal del flujo en la dirección del flujo. De este modo, se puede obtener un efecto difusor para la recuperación de presión estática. El aumento del área de corte transversal puede ser de dos o tres dimensiones. El conducto puede presentar cualquier forma de corte transversal, tal como rectangular, circular, elipsoidal o cualquier otra forma.

La parte curvada del conducto se extiende en la dirección radial con un ángulo de 0° y 90° , o con un ángulo entre

90° y 180°, o con un ángulo entre 180° y 270°, o con un ángulo entre 270° y 360°, o con un ángulo entre 360° y 720°.

El dispositivo de acuerdo con la invención puede comprender al menos dos cámaras acústicas, en las que el conducto de conexión interconecta las dos cámaras, de las cuales la primera rodea a la segunda, estando la segunda cámara "intercalada" en la primera.

- 5 La generatriz de la parte curvada del conducto de conexión se puede extender a lo largo de una superficie de revolución, de manera que defina por sí misma una superficie de revolución. La superficie de revolución puede adoptar cualquier forma, por ejemplo, cónica.

- 10 Se coloca al menos un cuerpo monolítico o un monolito, tal como un catalizador o un filtro para partículas, aguas abajo del conducto de entrada y aguas arriba del conducto de salida de una de las dos cámaras, en algunas realizaciones el cuerpo monolítico puede estar colocado inmediatamente aguas abajo de dicho conducto de entrada. El cuerpo monolítico puede ser de forma anular.

- 15 En el presente contexto, la expresión "cuerpo monolítico" o "monolito" designa, como resulta común en la técnica, un cuerpo de aspecto monolítico global o macroscópico, con frecuencia un cuerpo cilíndrico, que presenta una estructura que permite un flujo axial global de gas a través del cuerpo. El término "monolítico" no descarta que el cuerpo pueda estar formado por una pluralidad de segmentos unidos o dispuestos juntos. La estructura que permite un flujo axial global a través del cuerpo depende de la construcción y del material del monolito; dos tipos comunes e importantes de monolitos son:

- un monolito fabricado a partir de un papel metalizado ondulado enrollado cilíndricamente de manera que las ondulaciones proporcionen conductos para el flujo de gas axial,
- 20 - un monolito fabricado a partir de un material cerámico en forma de partículas, por ejemplo, partículas de carburo de silicio sinterizadas juntas, y que presenta una estructura de panal de abeja que comprende conductos axiales formados por una pluralidad de conductos pasantes de co-extensión separados por medio de paredes de conductos, estando los conductos cerrados en el extremo de entrada y de salida, de manera alternativa. De este modo, en un cuerpo de filtro de este tipo, el gas viaja hacia el interior de los conductos
- 25 abiertos en el lado de entrada, a través de las paredes hacia el interior de los conductos abiertos en el lado de salida y posteriormente hacia fuera del cuerpo del filtro.

- 30 En ocasiones, se insertan los monolitos en el interior de silenciadores para combinar el silenciado con la purificación de gas, bien en procedimientos catalíticos, en filtración mecánica o en ambos. En la mayoría de los casos dichos monolitos se colocan en el interior de una o más cámaras del silenciador. Los monolitos pueden proporcionar un silenciado importante a frecuencias medias y altas, pero menos silenciado a frecuencias bajas. Obviamente, los monolitos provocan una caída de presión añadida en el sistema de tuberías.

- 35 En el caso de que la purificación únicamente está basada en la catálisis, normalmente el monolito está fabricado con una estructura en forma de panal de abeja con conductos rectos, denominado monolito de flujo pasante. Las paredes son finas, de manera que el área frontal abierta es típicamente de 70-90 %, dependiendo principalmente del material (cerámica, metal, etc.).

- 40 De manera alternativa, el monolito puede estar fabricado en forma de monolito de pared-flujo, es decir los conductos se encuentran perforados y parcialmente bloqueados, de manera que se fuerza al flujo de gas a pasar a través de esas perforaciones, describiendo una trayectoria tortuosa a través del monolito. Dicho monolito se usa bien para el filtrado puro o para el filtrado combinado y el tratamiento catalítico del gas. En ocasiones, el área frontal abierta se hace menor que 70 %. Los monolitos de pared-flujo provocan caídas de presión que son considerablemente mayores que las caídas de presión de los monolitos de flujo pasante.

Los efectos silenciadores de los monolitos se pueden describir brevemente como se muestra a continuación:

1. El flujo en el interior de los conductos finos provoca una fricción viscosa elevada que amortigua principalmente las frecuencias medias y altas.
- 45 2. Las porosidades de los conductos proporcionan un volumen acústico de agregado que se suma al volumen de la cámara en el que se coloca el monolito.
3. A la entrada y a la salida del monolito hay un cambio eficaz del área de corte transversal que provoca la reflexión del sonido, de la misma manera que ocurre en las entradas de flujo y en las salidas de flujo que conectan las cámaras del silenciador con los conductos. No obstante, normalmente el cambio relativo del área de corte transversal es mucho menor en el caso de los monolitos, en particular en conexión con los
- 50 monolitos de flujo pasante.

Debido a que los monolitos normalmente se encuentran fijados a la carcasa por medio de un elemento anular, con frecuencia el cambio eficaz en el corte transversal es bastante más grande que el que viene dado por el porcentaje de área frontal del monolito como tal. Este porcentaje está referido al porcentaje eficaz de área frontal.

Sobre la base de este razonamiento, los monolitos se manejan de la siguiente forma como elementos de silenciadores diseñados y dimensionados de acuerdo con la invención:

- cuando el porcentaje de área frontal eficaz del monolito colocado en la cámara es mayor que aproximadamente 50 %, la porosidad del monolito es referida como una extensión del volumen de la cámara,
- 5 - Cuando el porcentaje de área frontal eficaz del monolito es menor que aproximadamente 50 %, el monolito es tratado como un conducto de conexión con un área de corte transversal eficaz bastante igual a la suma de áreas de corte transversal de todos los conductos en el interior del monolito,
- Se añade la caída de presión a lo largo del monolito a la caída de presión del silenciador sin el monolito, es decir, un silenciador que presentan las mismas dimensiones y geometría, pero sin el monolito. Esto significa
- 10 que cuando se dimensiona un silenciador para una atenuación total de sonido dada, SDB, y para una caída de presión dada, es preciso restar la caída de presión a través del monolito de SDP con el fin de crear una caída de presión residual en la evacuación para el diseño del silenciador.

Para velocidades de flujo y temperaturas de gas dadas, se pueden calcular las caídas de presión aproximadas a través de los monolitos sobre la base de la fórmula y con la base experimental de las constantes que se recogen en la bibliografía. Se pueden hacer predicciones más precisas sobre la base de los datos proporcionados por el fabricante, o en experimentos de laboratorio sencillos.

Una ventaja principal del dispositivo de acuerdo con la invención es una reducción importante de la pérdida de presión en el dispositivo, en comparación con los dispositivos conocidos. La reducción de la pérdida de presión en el dispositivo disminuye el consumo de combustible del dispositivo de combustión y aumenta la energía generada por el dispositivo de combustión a un nivel dado de consumo de combustible.

Se puede aplicar el dispositivo de acuerdo con la invención para el silenciado de gases procedentes de un medio de combustión,

- siendo el dispositivo del tipo que comprende una primera carcasa con dos o más compartimentos o cámaras, presentando cada una uno o más conductos de entrada y uno o más conductos de salida, y al menos un difusor asociado a uno o más conductos de entrada y/o a uno o más conductos de salida,
- estando dirigido en flujo de gas hacia el interior de los citados uno o más conductos de entrada y/o uno o más conductos de salida y al menos parcialmente a través del citado al menos un difusor,
- el procedimiento que comprende aplicar las siguientes expresiones para el diseño y/o dimensionado de la configuración geométrica y la disposición y de las dimensiones relativas de las dos o más cámaras, uno o
- 30 más conductos de entrada, uno o más conductos de salida y al menos un difusor:

$$f_e = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{L} \left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right)} \quad (1)$$

y

$$\Delta dB = k \text{ dB} \log \frac{A}{a} \quad (2)$$

35 en las que

- f_e es la frecuencia natural local de un sistema de dos volúmenes interconectados por medio de un conducto,
- c es la velocidad del sonido,
- a es el área de corte transversal representativa del conducto,
- L es la longitud del conducto,
- 40 - V_1 es un volumen,
- V_2 es otro volumen, fijándose V_2 en infinito cuando dicho conducto interconecta una cámara con un entorno exterior, por ejemplo, la atmósfera,
- ΔdB es la atenuación de sonido proporcionada por cada entrada y salida de cámara,

- k es una constante, y
- A es el área de corte transversal representativa de cada cámara aguas arriba o aguas abajo relativa a conducto respectivo con respecto a la dirección de flujo.

5 El dispositivo/medio de combustión mencionado en el presente documento puede ser un motor de combustión interna, tal como un motor diesel, de gasolina o de gas, por ejemplo, un motor de pistón de dos o cuatro tiempos, un motor Wankel formado por una turbina de gas conectada a una caldera o cualquier otro dispositivo apropiado de combustión o de obtención de energía, por ejemplo, un sistema de combustión de una instalación fija de generación de electricidad, tal como una central eléctrica.

10 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un vehículo que comprende un motor de desplazamiento interno y/o un motor turbo y un dispositivo de acuerdo con la invención, estando el dispositivo formado por el sistema de gases de escape del vehículo.

La invención además se refiere a una instalación fija de generación de electricidad que comprende un motor de desplazamiento interno y/o un motor turbo y un dispositivo de acuerdo con la invención, estando el dispositivo formado por el sistema de gases de escape de la instalación generadora de electricidad.

15 A continuación, se explican las realizaciones del dispositivo silenciador de acuerdo con la invención y del método de acuerdo con la invención para el diseño y/o dimensionado de un dispositivo silenciador con referencia a los dibujos, en los que

La Figura 1 muestra un gráfico representativo que ilustra el comportamiento de un silenciador frente al espectro de fuente de ruido atenuada,

20 La Figura 2 muestra un gráfico representativo que ilustra un ejemplo de espectro de ruido de infra-sonido, que se muestra en forma lineal (no compensado) y sometido a la denominada compensación-A, respectivamente.

La Figura 3 es una sección longitudinal de un silenciador bastante generalizado que ilustra las variables clave a la hora de comprender el principio de un conducto curvado, helicoidal o con forma de bobina y la distancia en ocasiones crítica entre la entrada de la cámara y la salida de la cámara.

25 La Figura 4 muestra secciones de una realización de un dispositivo silenciador de dos cámaras de acuerdo con la invención con un conducto helicoidal entre las cámaras,

La Figura 5 muestra una realización compacta de un dispositivo silenciador de dos cámaras de acuerdo con la invención con un conducto de conexión helicoidal entre las cámaras y que incorpora un molito, por ejemplo, un catalizador,

30 La Figura 6 muestra varios principios de formas curvadas/helicoidales y realizaciones.

En la Figura 1, S1 muestra un espectro de fuente de ruido sin atenuar, por ejemplo, tras someterse a la denominada compensación-A, mientras que S2 muestra el espectro de la atenuación provocada por el silenciador (que se sustrae de S1 para obtener el espectro atenuado resultante). De acuerdo con la invención, preferentemente los silenciadores están diseñados de tal forma que la frecuencia natural más baja, f_e , de los conductos del silenciador, es menor que
35 la frecuencia característica, f_{char} , de la fuente de ruido sin atenuar. En la mayoría de los casos, f_{char} , es la frecuencia a la cual el espectro con compensación-A presenta su P1 y P2 máximos en forma de pico secundario. Se adopta una compensación-A para tener en cuenta la sensibilidad dependiente de la frecuencia del oído humano. La mayoría de los estándares de límite de ruido están basados en dB (A).

40 En ocasiones, se puede considerar que la compensación-A provoca una supresión exagerada de las bajas frecuencias. Un ejemplo importante de esto ocurre cuando el coloca el límite a satisfacer en el interior de un edificio a una distancia de la fuente de ruido. En dichos casos se atenúa el sonido, pero debido a la distancia y debido al aislamiento producido por las paredes, ventanas, etc., de manera que la compensación-A subestima las bajas frecuencias (que en esta situación no son particularmente atenuadas). Por tanto puede resultar más apropiado usar una compensación de dB(C) para la fuente de sonido sin atenuar.

45 En los últimos años ha aumentado la preocupación sobre las posibles molestias causadas por los infrasonidos en humanos, es decir, el sonido de frecuencias inferiores a las que pueden ser oídas, bastante por debajo de 20 Hz. Aunque la cuestión es controvertida, cada vez existen más evidencias médicas que apoyan la hipótesis de que las molestias pueden ser reales y no solo objeto de la imaginación por parte de las personas afectadas. Se han llevado a cabo proyectos para evaluar los infrasonidos desde el punto de vista práctico, pero todavía no se han acordado
50 estándares comúnmente aceptados.

Dado que la presente invención resulta particularmente eficaz a la hora de proporcionar silenciadores con una intensa atenuación de bajas frecuencias del ruido de flujo de gases, reúne un potencial interesante para erradicar los infrasonidos. La Figura 2 muestra, como primera sugerencia, el modo de uso de un espectro SL no atenuado, lineal, es decir no compensado y simple para evaluar desde un punto de vista realista la contribución de los infrasonidos

que presentan un pico máximo PL que se encuentra dentro del intervalo de frecuencias de infrasonidos. Cuando se cambia a una compensación-A (que elimina los infrasonidos), se observa que el pico máximo se mueve desde PA, lo que sucede en el intervalo de frecuencia audibles, hasta el pico PL que tiene lugar a una frecuencia menor (infrasonido). Sea cual sea la compensación que se acuerde para el infrasonido, se puede establecer alguna frecuencia característica como aportación para el diseño y el dimensionado del procedimiento de la invención.

En general, la ampliación del intervalo silenciador hacia abajo dentro del intervalo de infrasonidos implica cámaras de mayor tamaño y conductos de conexión de mayor tamaño. Como en los silenciadores únicamente para sonidos audibles convencionales, las diferentes mediciones de la presente invención ofrecen, también para la atenuación de infrasonidos, un mejor compromiso entre el grado de atenuación, la caída de presión y el requisito de espacio del silenciador, en comparación con la técnica convencional.

La Figura 4a-43 muestra una realización de la invención en la que el conducto helicoidal 12 conecta dos cámaras 1 y 2, presentes dentro de una carcasa cilíndrica 7 y separadas por una pared 8 de separación lisa e interna. El conducto helicoidal se encuentra delimitado por la carcasa 7, por un cilindro interno 42 y por láminas 60 y 61 conformadas de manera helicoidal. El conducto helicoidal 12 se encuentra subdividido en una parte 12b de zona de flujo y una parte de difusor 12c, en la que la parte de zona de flujo se ensancha de forma gradual en la dirección de flujo de gas, tal y como viene dado por la distancia de ensanchamiento gradual entre las láminas 60 y 61.

Ambas cámaras 1 y 2 se encuentran parcialmente llenas con un material Ba de absorción de sonido, contenido detrás de las placas perforadas 41 y 43. Estas placas se han conformado y colocado de forma que, junto con el material de absorción, pueden contribuir a conducir el flujo hacia el interior de las cámaras 1 y 2 con una baja caída de presión y evitando la formación de vórtices no deseados en el interior de las cámaras.

El flujo de gas es conducido al silenciador por medio de la tubería de entrada 6 y el difusor cónico 10, que recupera la presión dinámica y contribuye más a evitar vórtices no deseados en el interior de la cámara 1, rebajando la velocidad de flujo de entrada en la cámara. En este momento, generalmente el flujo gira 180 grados antes de penetrar en el conducto 12 de conexión helicoidal en 12a. En este instante, se han ajustado un rodillo cilíndrico 21 sobre el cilindro interno 42 con el fin de mejorar las condiciones de flujo de entrada, evitando el fenómeno de sección contraída y las pérdidas de presión en la entrada. En el interior del conducto 12, en primer lugar el flujo pasa a través de la parte 12 de zona de flujo constante y posteriormente por la parte de difusor 12c en la que se recupera la presión dinámica. El flujo abandona el conducto 12 en la salida 12d, penetrando en la cámara 2. En el interior de esta segunda cámara, la dirección de flujo general gira 90 grados, tanto en el plano AA como en el plano CC, antes de penetrar en la tubería de salida 4.

Desde la entrada de flujo 12a hasta la salida de flujo 12d del conducto helicoidal 12, el flujo gira en total 360 grados en el interior de la carcasa del silenciador. De este modo, la longitud del conducto es de aproximadamente π veces el diámetro de la carcasa, lo que contribuye a una frecuencia f_0 natural acústica muy baja, formada por el conducto 12 y las cámaras 1 y 2. En la Figura 4, la longitud de la carcasa 7 solo es ligeramente mayor que el diámetro. De este modo, la realización demuestra como, mediante la adopción de un conducto helicoidal entre las cámaras de acuerdo con la invención, se hace posible conseguir una frecuencia natural mucho menor que con un conducto recto.

Ejemplos de aplicaciones particularmente relevantes de la realización de la Figura 4 son silenciadores para autobuses o camiones en los que existe espacio para un volumen de silenciador bastante grande, definido por una carcasa de diámetro bastante grande pero de corta longitud. Aunque el flujo gire bastante dentro de la carcasa, la pérdida de presión asociada es considerablemente pequeña. A pesar de que la realización es completamente tridimensional, también aplica el procedimiento de la invención de 1 dimensión o 2 dimensiones. De manera natural, una descripción precisa de las propiedades de flujo de fluido y de las propiedades acústicas del silenciador debe ser tridimensional. No obstante, esto también es en el caso de silenciadores en los que el campo acústico y el campo de flujo son considerablemente bidimensionales. También debe apuntarse que, a pesar de la trayectoria de flujo tridimensional de la realización de la Figura 4, es posible la fabricación por medio de miembros bastante sencillos y procedimientos simples tales como compresión de láminas, laminado, soldadura, etc.

Se conocen muchos tipos de silenciadores con patrones de flujo helicoidales en el interior de la carcasa a partir de la técnica anterior. No obstante, en las realizaciones de silenciadores conocidas, se desean flujos helicoidales por motivos que difieren de los de la presente invención. De este modo, por ejemplo, se ha logrado una absorción de sonido muy eficaz adoptando conductos helicoidales fabricados a partir de cilindros perforados en contacto con el material de absorción. Otro motivo para adoptar un flujo interno helicoidal en los silenciadores ha sido la obtención de un efecto de detención de chispa por medio del aumento del tiempo de residencia de los gases de escape en el interior del silenciador.

La configuración helicoidal de la invención permite al ingeniero escoger libremente la longitud del conducto de conexión 12 y optimizar esta longitud de acuerdo con el procedimiento de la invención. De este modo, cuando se desea una frecuencia natural muy baja, incluso resulta beneficioso en algunos casos escoger un giro de considerablemente más que 360 grados en el interior del conducto. Como ejemplo de esto podría ser una aplicación para camiones, en la cual se desea atenuar el infrasonido provocado por el motor cuando funciona a baja velocidad durante el arranque del motor o durante la operación de transporte del camión. La atenuación del infrasonido

además es importante en lo relacionado con las estaciones eléctricas de turbina de gas. En otros casos, un giro de flujo menor que 360 grados en el conducto helicoidal puede resultar apropiado, por ejemplo, con frecuencias de ignición de los motores más elevadas, y cuando se considera esencial que no se generen frecuencias resonantes demasiado bajas en el conducto helicoidal.

- 5 Para el ingeniero que diseña el silenciador resulta obvio que los objetivos que se consiguen por medio de la realización de la Figura 4 se pueden también lograr por medio de muchas variaciones en cuanto a la configuración de diseño. A modo de ejemplo, se puede conseguir el ensanchamiento de flujo del difusor 12c variando el diámetro del cilindro interno 42. Se puede equipar el interior de una carcasa cúbica con un conducto helicoidal, en lugar de una carcasa cilíndrica. La pared 8, que separa la cámara 1 de la cámara 2, puede ser un cilindro, y la cámara 2
10 puede estar dispuesta básicamente fuera de la cámara 1, lo que resulta favorable desde el punto de vista de la emisión de ruido de la cubierta, ya que el nivel de sonido en el interior de la cámara 1 es más elevado que en el interior de la cámara 2 aguas abajo.

- Las Figuras 5a y 5b muestran una realización de la invención en la que se construye un monolito, por ejemplo un catalizador, en el interior de un silenciador de cámara con un conducto helicoidal que conecta las dos cámaras. La primera cámara 1 es un volumen liso, de tipo cilíndrico en la parte superior de silenciador. La segunda cámara se encuentra dividida en dos partes, 2a y 2b, estando la división causada por un monolito anular 100. Un material
15 absorbedor de sonido, Ba, se encuentra presente en el interior de un cilindro central 42, una lámina 41 superior perforada y un placa 8 inferior sólida. El conducto helicoidal 12 se encuentra delimitado por la carcasa 7 de silenciador cilíndrica, por la parte superior del cilindro 42 y por las dos láminas helicoidales 60 y 61. Normalmente, el monolito catalítico presente paredes bastante finas, en cuyo caso, en cierto modo muy limitado, provoca la subdivisión acústica de la segunda cámara del silenciador. De este modo, la sub-cámara 21, la sub-cámara 2b y la parte de gas (las porosidades) del monolito 100 constituyen juntos una cámara de silenciador sencilla desde el punto de vista acústico. Esta segunda cámara se encuentra separada de la primera cámara por medio de una placa 8, por un cilindro 42 y por medio de las paredes del conducto helicoidal 12, es decir, el sonido únicamente puede pasar
20 desde la cámara 1 hasta la segunda cámara por medio del conducto 12.

El gas penetra en la cámara 1 desde la tubería de entrada 6 y del difusor 10, gira aproximadamente 90 grados alrededor del eje vertical de silenciador antes de entrar en el conducto helicoidal 12 en su entrada 12a. En esta entrada se ha provisto un rodillo cilíndrico 21 sobre la lámina helicoidal 60 para evita el flujo de entrada de sección contraída.

- 30 Dentro del conducto helicoidal, el flujo rota ligeramente más que 360 grados alrededor del eje de silenciador, fluyendo de manera simultánea un poco aguas abajo, antes de abandonar el conducto en 12d, pasando al interior de la cámara 2a. Aquí, el flujo se distribuye alrededor de la cara de entrada anular hacia el monolito, modificando al mismo tiempo su dirección desde flujo tangencial hasta flujo axial, definido por los conductos de flujo axial dentro del monolito. Tras abandonar el monolito, el flujo axial cambia de nuevo a tangencial en la cámara 2b, desde donde el flujo abandona el silenciador por medio de la tubería 4.
35

Las Figuras 6a-j ilustran un número de variaciones de las formas de conducto helicoidales y espirales y de realizaciones que incorporan los conductos helicoidales, siendo casos especiales de conductos curvados.

- La Figura 6a muestra un corte transversal de un silenciador cilíndrico con una tubería de cola que está formada por un aparte helicoidal o espiral y una parte corta y recta. La parte helicoidal/espiral está enrollada en la carcasa cilíndrica.
40

La Figura 6b muestra una forma de generatriz helicoidal de tipo tornillo de un conducto.

La Figura 6c muestra una forma de generatriz plana y espiral de un conducto.

La Figura 6d muestra una forma de generatriz cónica de tipo tornillo de un conducto, como ejemplo

- La Figura 6e muestra una forma de generatriz de enrollamiento de un conducto, con una parte aguas arriba que se extiende en una dirección y una parte aguas abajo que se extiende en la dirección opuesta. Esta combinación puede resultar útil para un conducto en un silenciador para el cual los conductos de entrada y salida del silenciador están colocados en el mismo extremo de la carcasa.
45

- Las Figuras 6f y g son esquemas de una realización de la invención en la que una primera cámara se encuentra presente dentro de una segunda cámara, siendo la generatriz del conducto de conexión una espiral plana. En la figura, el corte transversal del conducto es bastante ancho. De manera alternativa, el corte transversal del conducto (de área a) podría ser mucho más estrecho, dependiendo de la proporción deseada de corte transversal A/a.
50

La Figura 6h muestra dos formas de generatriz, helicoidales, de tipo tornillo y paralelas que pueden ser adoptadas por el conducto helicoidal dividido en dos partes de conducto paralelas.

- 55 La Figura 6i ilustra como se puede adoptar una forma de conducto curvada, tanto para proporcionar un

conducto prolongado como para reducir el cambio de dirección de flujo dentro de la cámara. Por ejemplo, se puede combinar este principio con una división en dos o más conductos paralelos (como se ha ilustrado anteriormente), en el caso de un conducto de entrada dispuesto de lado sobre la carcasa de silenciador de un diámetro bastante pequeño. De este modo, se pueden evitar grandes pérdidas de presión y la formación de vórtices dentro de la primera cámara.

La Figura 6j muestra un detalle de una realización de la invención que es una variación de la realización que se muestra en la Figura 5. Además de la salida 12d del conducto helicoidal, se ha añadido una salida secundaria 12d' en la Figura 6j. De este modo, para del flujo abandona el conducto a través de 12d y el resto a través de 12d'. Ambas partes de flujo abandonan el conducto en la dirección tangencial dentro del espaciado anular antes del monolito, 100. Mediante la adición de la salida 12d', se puede mejorar la distribución de flujo sobre la cara del monolito. Se puede conseguir otra mejora a este respecto mediante la adición de otras salidas al conducto.

Como en la realización anterior, la presente realización demuestra como se puede usar un conducto helicoidal para construir un conducto largo que conecta las dos cámaras de un silenciador cilíndrico bastante corto. La salida tangencial de 12d garantiza una distribución de flujo muy uniforme en muchos de los conductos paralelos del monolito. Aunque el flujo total que gira dentro del dispositivo es importante, la pérdida de presión es bastante pequeña. El dispositivo es un silenciador respetuoso con el flujo y compacto en el que ha sido posible construir un monolito de volumen importante.

Los principios de la invención permiten al ingeniero adoptar muchas formas de cámaras y conductos de conexión, retener un amortiguamiento de todas las frecuencias de sonido, y en particular proporciona al ingeniero las herramientas para obtener un amortiguamiento suficiente de bajas frecuencias, incluso cuando el espacio disponible es estrecho. La distribución del sistema de gases de escape puede, por ejemplo, diferir considerablemente de un modelo de camión o autobús a otro. En ocasiones, se requiere que el silenciador sea de diámetro externo relativamente pequeño, pero también se permite que sea bastante largo. En otros casos pueden existir otros requisitos: Se puede permitir que el silenciador sea de diámetro externo relativamente grande mientras que la longitud se encuentra restringida. En ocasiones, se requiere que las tuberías que conducen el gas de escape hasta y desde el silenciador penetren o salgan en los extremos opuestos, en ocasiones en el mismo extremo del silenciador, en ocasiones en línea con el silenciador, a veces formando un ángulo, etc.

En muchos casos, se requieren silenciadores que sean de diseño cilíndrico, ya que esta forma es bastante sencilla de fabricar. Pero otras formas también resultan apropiadas, por ejemplo, elíptica, cuadrada o formas cónicas.

A continuación se destacan algunos principios generales de diseño, que dotan a los ingenieros de herramientas para conservar un comportamiento óptimo del silenciador que cumpla con una amplia gama de condiciones geométricas. A continuación, se ejemplifican los principios generales por medio de casos de diseño específicos. Existen dos puntos de foco para el diseño óptimo y el dimensionado: cámaras y conductos de conexión.

En lo siguiente, se hace referencia a la Figura 3. En el presente documento, A_p es el área de corte transversal de la cámara, medida perpendicular a la trayectoria principal de flujo de la cámara. D es la distancia en línea recta entre la entrada a la cámara y la salida desde la cámara, s es un coordinado a lo largo de la generatriz del conducto curvado que conecta las dos cámaras. La longitud del conducto a lo largo de la generatriz es L . D_d es la distancia directa en línea recta en espacio entre la entrada al conducto y la salida, obviamente, D_d es más corta que L . L_1 y L_2 son las longitudes de las cámaras primera y segunda, respectivamente.

Las cámaras deberían ser de tamaño suficiente y de forma apropiada para que existan reflexiones de sonido de manera eficaz en las transiciones de área de corte transversal y para evitar remolinos o vórtices principales que, de otro modo, provocarían una caída de presión excesiva y la auto-generación de ruido no deseado.

Si se evalúa la ecuación (1) en aislamiento, se puede llegar a la falsa conclusión de que incluso con cámaras muy pequeñas es posible conseguir una frecuencia natural arbitrariamente baja, con la condición de que el conducto se pueda fabricar arbitrariamente largo. No obstante, esto no es verdad. El motivo es que varios fenómenos, no incluidos en la ecuación siguiente del modelo de filtro acústico simple (1), distorsionan el efecto de amortiguamiento. Un problema es que las cámaras pequeñas pueden reducir o eliminar las reflexiones de sonido en las entradas de las cámaras y en las salidas de las cámaras. Otro problema es que se puede explicar la resonancia de bajas frecuencias en los conductos de conexión que puede destruir el amortiguamiento de sonido de bajas frecuencias. Las cámaras demasiado pequeñas únicamente sirven como elementos de transferencia que conducen a un flujo desde un conducto hasta otro.

Los dispositivos de acuerdo con la invención pueden incluir dichas cámaras pequeñas, por ejemplo, con el propósito de curvar ligeramente el flujo. Pero al menos una, y con frecuencia más, cámaras de los silenciadores deben ser suficientemente grandes para servir como elementos eficaces en los filtros acústicos.

Por consiguiente, dichas cámaras deberían cumplir los siguientes criterios:

(I) el área media de corte transversal A de la cámara debería ser de al menos 4 veces el valor mayor de las

dos áreas de corte transversal a_1 y a_2 , respectivamente, de los conductos que conducen el gas hasta y a partir de la cámara, respectivamente,

(II) el volumen de la cámara V debería ser al menos de un tamaño:

$$V \geq 8 \left(\sqrt{(a_1 + a_2)/2} \right)^3 .$$

5 Aparte de esto, estas cámaras pueden presentar formas alternativas para varias aplicaciones.

Cuando se determinan A y V , el material de absorción de sonido puede ser referido como espacio vacío. El motivo es que dicho material, para funcionar de manera apropiada como absorbente, no debe ser empaquetado de manera demasiado sólida o, de otro modo, dispuesto de tal forma que las ondas de sonido no puedan penetrar en el material de forma bastante libre. De este modo, aunque normalmente el material de absorción se encuentra colocado detrás de las placas perforadas para la protección, el grado de perforación no deber ser demasiado pequeño.

En los casos de geometría complicada, el área de corte transversal A de la cámara debe interpretarse como el valor medio a lo largo de la trayectoria media para las ondas de sonido que viajan desde la entrada de la cámara hasta la salida de la cámara. Normalmente, esta trayectoria, más o menos, coincide con la trayectoria de flujo.

Como recomendación adicional para interpretar A y V de manera apropiada, debe entenderse que es preciso incluir todas las partes de la cámara que se encuentran en comunicación acústica con otras partes de la cámara. De este modo, las placas guía, otras partes internas de la cámara, etc., no deben provocar una restricción estrecha de A y V a elementos de área y volumen tales que, respectivamente, se puedan "observar" directamente desde la trayectoria a través de la cámara.

En ocasiones, se puede dotar el interior de las cámaras de placas guía o dispositivos similares con el fin de estabilizar el flujo y contribuir a girar o curvar el mismo de la manera deseada, evitando la inestabilidad. Las placas guía no deben ser de un tamaño tal o no deben colocarse de forma tal que provoquen el aislamiento acústico de determinados elementos de la cámara o la división de la cámara en dos o más sub-cámaras.

En ocasiones, las condiciones geométricas generales permiten al diseñador del silenciador escoger la longitud de los conductos de conexión de manera bastante libre. En otras circunstancias, existe un intenso ímpetu por encontrar la manera de hacer que la longitud del conducto de conexión con la cámara o de la tubería de cola sea mayor que la que resulta posible a partir de las geometrías de silenciador conocidas. Un ejemplo de esto es cuando se proporcionan dos o más cámaras en el interior de un carcasa de silenciador bastante corta, en cuyo caso parece difícil evitar un conducto de conexión corto, que conduce a una frecuencia natural bastante elevada y a un pobre amortiguamiento de sonido de bajas frecuencias.

Si el diseñador hace caso omiso de las caídas de presión, no resulta difícil para el conseguir conductos largos mediante la adopción de uno o más giros marcados del conducto. No obstante, esto rara vez se traduce en un buen comportamiento y no está de acuerdo con la presente invención.

Se pueden crear conductos largos y respetuosos con el flujo mediante la sub-división del conducto en dos o más conductos paralelos, presentando cada uno de ellos dimensiones transversales más pequeñas. Por ejemplo, la tubería circular se puede subdividir en varias tuberías de diámetro más pequeño, cuyas áreas agregadas de corte transversal son iguales que el área de corte transversal de la tubería única de diámetro más grande. Las dimensiones transversales permiten giros más marcados, ya que "el carácter respetuoso con el flujo" se encuentra mucho más relacionado con la proporción entre el radio de curvatura y la dimensión transversal.

Como criterio general, se pueden recomendar los siguiente criterios, aplicable tanto a conductos de silenciador sencillos como a conductos de silenciador múltiples paralelos:

Cuando los conductos divergen de las formas rectas, provocando que la trayectoria general de flujo dentro del conducto se doble o se gire, la forma del conducto debe ser tal que el radio de curvatura de la trayectoria a lo largo de ninguna parte de la trayectoria, o al menos casi ninguna parte, sea menor que el tamaño transversal más pequeño del conducto, medido perpendicular a la tangente de la trayectoria en el punto de observación.

La subdivisión de conductos resulta viable en algunas circunstancias. Inconvenientes de esta ruta hasta los conductos prolongados son: mayores costes de fabricación y pérdidas de presión añadidas por fricción superficial en los conductos.

Como se ha demostrado, un modo de aumentar la longitud del conducto, que se desvía fuertemente de la técnica anterior de silenciador, que puede resultar muy eficaz, se basa en la utilización de la tercera dimensión cuando se escoge la forma del conducto. En muchos casos, esto se puede hacer de manera conveniente escogiendo la forma helicoidal para el conducto, pero también son posibles formas alternativas.

La idea general es que el conducto prolongado satisfaga uno de los siguientes dos criterios, o ambos:

(III) la longitud acústicamente eficaz L del conducto es de al menos 1,5 veces la distancia directa y recta en espacio entre la entrada y la salida del conducto,

(IV) la longitud acústicamente eficaz L del conducto es al menos igual a:

- 5 - en el caso de que el conducto conecte dos cámaras: la suma de las longitudes de las dos cámaras,
- en el caso de que el conducto sea una tubería de cola del silenciador: la longitud de la cámara está conectada con la atmósfera por medio de la tubería de cola.

10 La condición necesaria para que un conducto prolongado proporcione un amortiguamiento eficaz de sonido de bajas frecuencias es que al menos una de las cámaras, a la cual se encuentra conectado el conducto, satisfaga al menos ambos criterios (I) y (II) mencionados anteriormente. De este modo, no deben adoptarse las formas de conducto helicoidal o prolongada en combinación con cámaras inadecuadas, como se ha explicado anteriormente.

15 Los dos últimos criterios (III) y (IV) mencionados anteriormente están basados en el concepto de longitud acústicamente eficaz L' . En principio, se debe medir L a lo largo de la trayectoria media para la propagación de energía acústica en el interior del conducto. Normalmente, esto coincide más o menos con la trayectoria media de flujo.

20 En la mayoría de los casos, los conductos prolongados de acuerdo con la invención se preparan con paredes sólidas, no permitiendo que la energía acústica se desvíe del conducto a través de las paredes, ya que esto impediría la función acústica del conducto en combinación con una o más de las cámaras a las que se encuentra conectado. No obstante, en cierto modo, se permiten perforaciones u otras aberturas en las paredes del conducto, en particular cuando el conducto está fabricado más largo que lo que sería necesario para proporcionar una frecuencia natural suficientemente baja. De este modo, por ejemplo, el conducto podría presentar perforaciones a lo largo de parte de su longitud, combinadas con material de absorción de sonido colocado en el otro lado de la parte perforada.

25 El principio de uso de la forma de conducto helicoidal también se puede aplicar a la tubería de cola, es decir, la tubería que conduce el gas de escape desde el silenciador hasta el ambiente exterior, tal como la atmósfera. Por ejemplo, se puede enrollar una tubería helicoidal alrededor de la cubierta cilíndrica, terminando con una sección terminal recta corta de la tubería de cola. La tubería helicoidal también se puede extender hacia atrás, hacia el interior de la cámara del silenciador, con el fin de proporcionar una salida suave en la dirección tangencial. Se puede usar esta configuración para lograr una frecuencia natural baja de la tubería de cola – último sistema de cámaras, incluso cuando se recomienda que la salida de gases al ambiente exterior se encuentre ubicada cerca del silenciador. Esta resulta una situación frecuente en camiones y autobuses en los que los silenciadores están colocados cerca de la rueda delantera y presentan salida lateral de gases en el vehículo.

30

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para silenciar un flujo de gas dirigido a través del mismo y que está adaptado para la instalación en un sistema de flujo, comprendiendo dicho dispositivo:

- una carcasa (7),

5 - al menos dos cámaras acústicas (1,2) presentes en la carcasa (7), estando dichas cámaras acústicas (1, 2) adaptadas para presentar un flujo de gas a través de las mismas,

- al menos un conducto de conexión (12) de una longitud L y un área de corte transversal representativa para conducir el gas desde una de al menos dos de las cámaras acústicas (1) hasta la otra de al menos dos de las cámaras acústicas (2),

10 - al menos una tubería de entrada (6) para conducir el gas al interior de una de las citadas al menos dos cámaras acústicas (1) y al menos una tubería de salida (4) para conducir el gas desde la otra de las citadas al menos dos cámaras acústicas (2),

15 - al menos dos transiciones de área de corte transversal para el flujo del gas a través de las mismas, siendo cada transición entre un área de corte transversal relativamente pequeña a_i y un área de corte transversal relativamente grande A_j ,

en el que aplica lo siguiente a al menos una cámara (1,2) escogida entre dichas al menos dos cámaras acústicas (1,2):

- el área media de corte transversal A_j de dicha cámara escogida (1,2) es de al menos cuatro veces la mayor de:

20 - la suma de todas las áreas de corte transversal a_1 , de los conductos (6, 12) que conducen el gas hasta la cámara escogida y

25 - la suma de todas las áreas de corte transversal a_2 , de los conductos (12, 4) que conducen el gas desde la cámara escogida, estando definida el área media de corte transversal A_j como el valor medio de todas las áreas de corte transversal a lo largo de una trayectoria media para las ondas de sonido que viajan a través de la cámara escogida (1,2), y

- el volumen, V_j , de dicha cámara escogida (1,2) es de al menos $8\left(\sqrt{(a_1 + a_2)/2}\right)^3$, estando a_1 y a_2 definidos como se ha mencionado anteriormente,

30 incluyendo el área de corte transversal, A_j , y el volumen, V_j , cualesquiera elementos que pertenecen al material de absorción de sonido del interior de la cámara escogida (1,2) y estando cualesquiera otras partes del dispositivo en comunicación acústica con la cámara escogida (1,2), y

35 en el que al menos parte de al menos un conducto de conexión (12) está curvada, estando la generatriz de la parte curvada del conducto de conexión (12) enrollada en la dirección periférica, de manera que al menos parte del conducto curvado (12) presenta una forma de espiral plana, o en el que al menos parte de al menos un conducto de conexión (12) está curvada, estando la generatriz de la parte curvada del conducto de conexión (12) enrollada en la dirección periférica, extendiéndose dicha parte del conducto curvado (12) en la dirección longitudinal, con el fin de dar lugar a una forma helicoidal de tipo tornillo, y

que se caracteriza porque la parte curvada del conducto de conexión (12) se extiende radialmente sobre una de las siguientes extensiones angulares: menos que 90°, entre 90° y 180°, entre 180° y 270°, entre 270° y 360° y entre 360° y 720°.

40 y comprendiendo además al menos un cuerpo monolítico (100) ubicado aguas abajo de un conducto de entrada (6, 12) y aguas arriba de un conducto de salida (12, 6) de al menos una de las dos o más cámaras acústicas (1, 2).

2. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se proporciona el material de absorción de sonido dentro de al menos una de al menos dos de las cámaras acústicas (1, 2).

45 3. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que se proporciona el material de absorción de sonido dentro de cada una de al menos dos de las cámaras acústicas (1, 2).

50 4. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la frecuencia natural local, f , de al menos un sistema que comprende el gas de dos cámaras acústicas consecutivas AC_i y AC_{i+1} y el gas del conducto de conexión (12) que interconecta dichas dos cámaras acústicas (1, 2), aproximado por medio de la siguiente expresión:

$$f_e = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{L} \left(\frac{1}{V_j} + \frac{1}{V_{j+1}} \right)},$$

siendo V_j y V_{j+1} los volúmenes de las cámaras AC_j y AC_{j+1} respectivamente (estableciéndose el volumen V_{j+1} en infinito cuando la cámara AC_j se encuentra conectada a un entorno exterior o a una cámara exterior en la dirección aguas abajo), siendo el área de corte transversal representativa del conducto de conexión (12) que interconecta las dos cámaras acústicas consecutivas, siendo L la longitud del conducto de conexión (12) y siendo c la velocidad local del sonido,

es de al menos 0,75 veces la frecuencia característica del sistema de flujo.

5. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende al menos un difusor (10, 12, 13) para difundir al menos parte de dicho flujo de gas a través de al menos uno de dicho al menos un conducto de conexión (12).

6. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la frecuencia natural local es de como máximo 0,5 veces la frecuencia característica del sistema de flujo.

7. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicha frecuencia natural local es como máximo de 0,4 veces la frecuencia característica del sistema de flujo.

8. El dispositivo de la reivindicación 7, en el que dicha frecuencia natural local es como máximo de 0,3 veces la frecuencia característica del sistema de flujo.

9. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en las que se aplican curvaturas, que evitan la separación de flujo, sobre al menos parte del contorno de la tubería de entrada (6).

10. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las curvaturas, que evitan la separación de flujo, se aplican a al menos parte del contorno de la tubería de salida (4) o a su extensión hacia el interior del dispositivo.

11. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno de al menos un conducto de conexión (12) está provisto de un difusor o de un elemento difusor en su salida.

12. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conducto de conexión (12) curvado interconecta las dos cámaras acústicas (1, 2), la primera de las cuales rodea a la segunda.

13. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la generatriz de la parte curvada del conducto de conexión (12) se extiende a lo largo de una superficie de revolución.

14. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 13, en el que al menos parte de la superficie de revolución es cónica.

15. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una primera parte del conducto (12) de conexión curvado se extiende en una primera dirección longitudinal y una segunda parte del conducto (12) de conexión curvado se extiende en una segunda dirección longitudinal que es opuesta a dicha primera dirección longitudinal.

16. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos un conducto curvado constituye una tubería de cola que interconecta una de dichas al menos dos cámaras acústicas (1, 2) y el entorno exterior o una cámara exterior, y en el que al menos parte del conducto curvado se enrolla alrededor de dicha carcasa (7) sobre una superficie externa de la carcasa (7).

17. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho al menos un cuerpo monolítico (100) se encuentra ubicado considerablemente inmediatamente aguas arriba del conducto de conexión (12) o de la tubería de salida (4) o considerablemente inmediatamente aguas abajo de la tubería de entrada (6) o del conducto de conexión (12).

18. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos un cuerpo monolítico (100) es de forma anular.

19. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el flujo de gas abandona el conducto de conexión (12) en la dirección tangencial en al menos dos posiciones a lo largo del conducto.

20. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el volumen de al menos

una cámara escogida, V_j , es de al menos $16\left(\sqrt{(a_1 + a_2)/2}\right)^3$.

5 21. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos una cámara escogida (1, 2) a partir de la cual al menos un conducto (4) conduce el gas desde la cámara escogida (1, 2) hasta el entorno exterior o cámara, presentando cada conducto(s) (4) una longitud acústicamente eficaz L, que es de al menos 1,5 veces la distancia directa y recta en espacio entre la entrada y la salida del conducto.

10 22. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos dos cámaras escogidas (1, 2) que cumplen con los criterios de cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 20 y estando interconectadas por uno o más conductos de conexión (12), presentando cada uno una longitud acústicamente eficaz L que es de al menos 1,5 veces la distancia recta y directa en espacio entre la entrada del conducto y la salida del conducto.

15 23. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos una cámara escogida (1, 2) a partir de la cual al menos un conducto (4) conduce gas desde la cámara (1, 2) hasta el entorno exterior o cámara, presentando dicho conducto o todos los conductos (4) una longitud acústicamente eficaz L, que es al menos igual a la longitud de dicha al menos una cámara escogida (1, 2).

20 24. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el dispositivo al menos dos cámaras escogidas (1, 2) que cumplen con los criterios de cualquiera de las reivindicaciones 1 y 20-23 y estando conectadas por uno o más conductos de conexión (12), presentando cada uno de ellos una longitud acústicamente eficaz L que es al menos igual a la suma de las longitudes de las citadas dos cámaras escogidas (1, 2), L_1 y L_2 .

25 25. Un vehículo que comprende un motor de combustión, tal como un motor diesel, un motor de gasolina o un motor de gas, y/o una turbina de gas y/o un compresor y al menos un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-24, estando al menos el dispositivo formado por un sistema de escape de gases del vehículo.

26. Una planta estacionaria que comprende un motor de combustión, tal como un motor diesel, un motor de gasolina o un motor de gas y/o una turbina de gas y/o un compresor y al menos un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-24.

Fig. 1

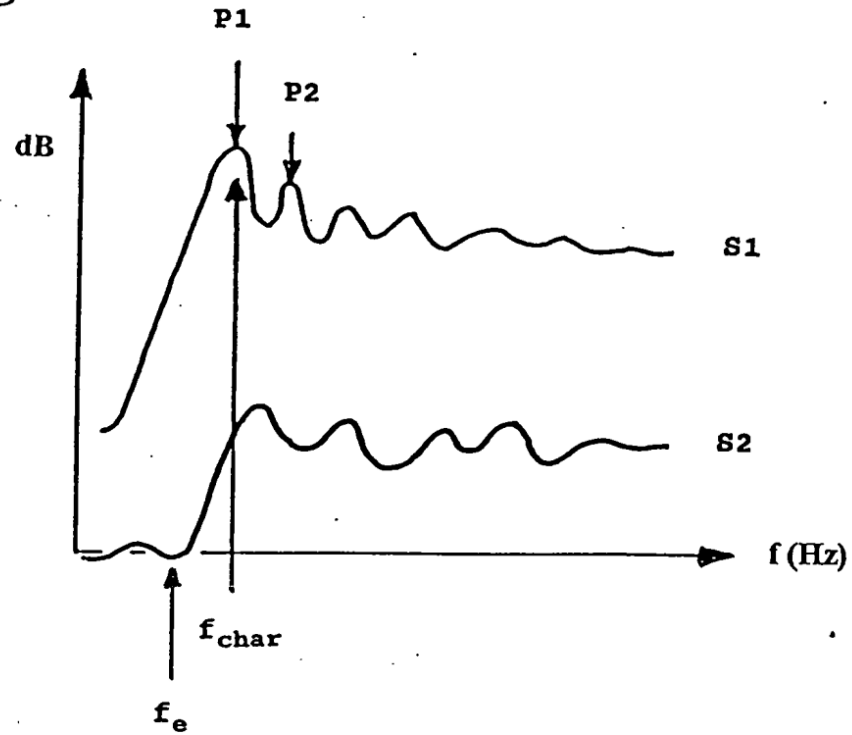


Fig. 2

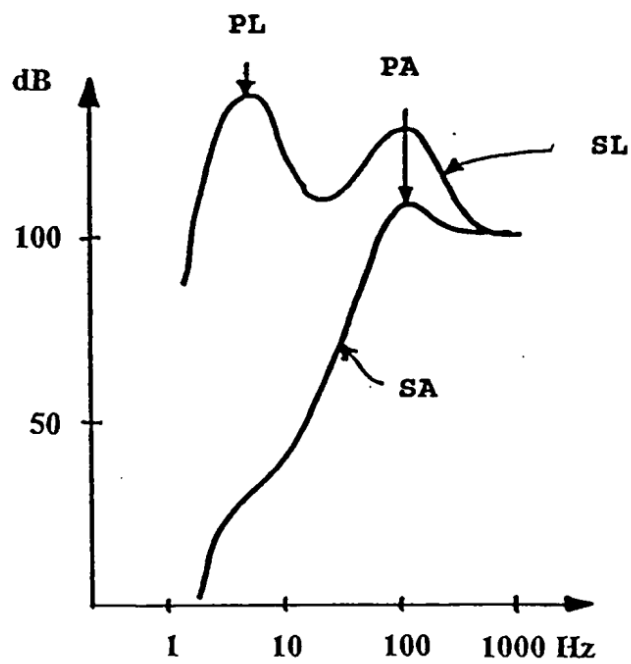


Fig. 3

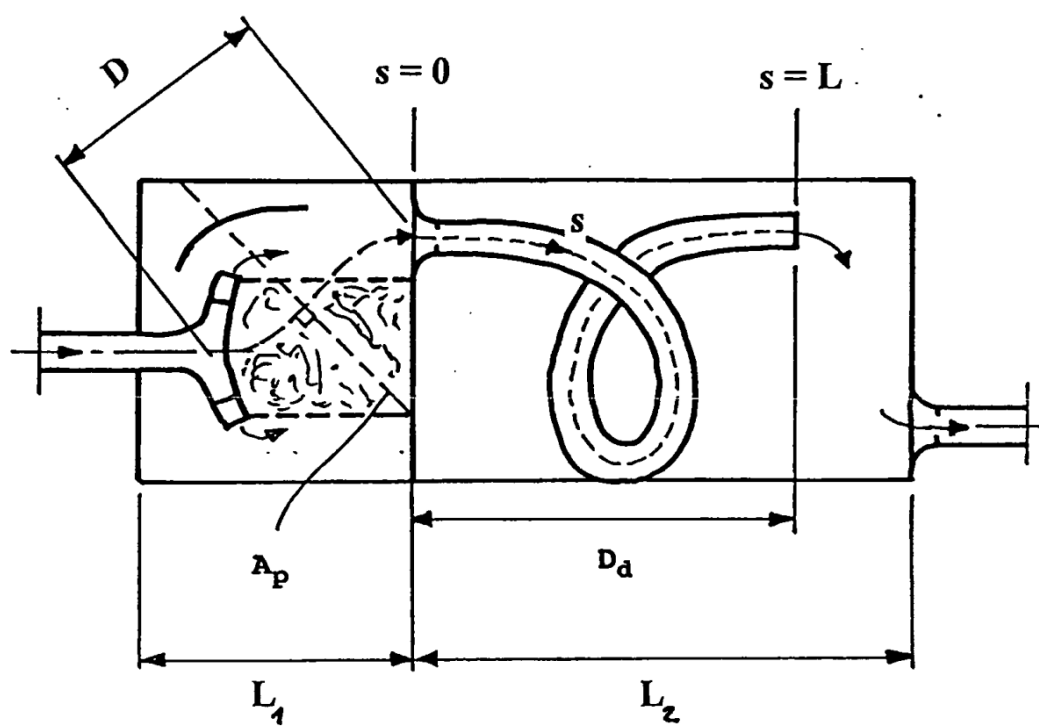


Fig. 4a

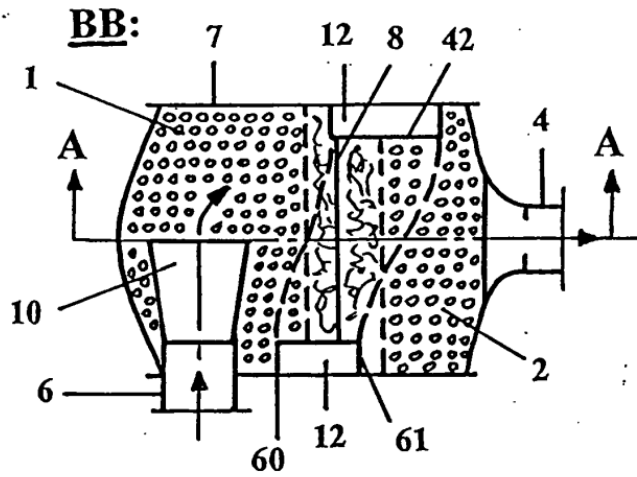


Fig. 4b

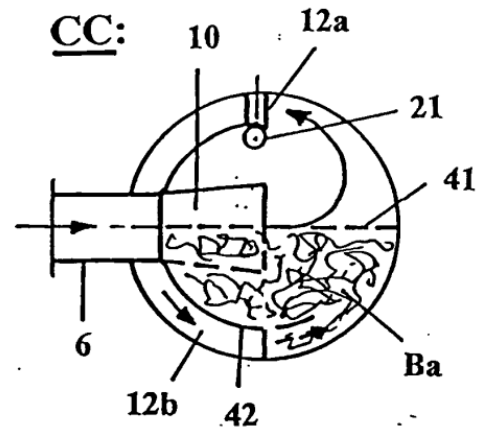


Fig. 4c

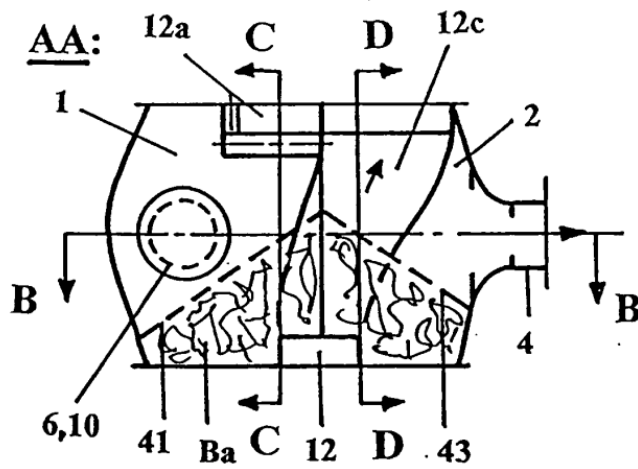


Fig. 4d

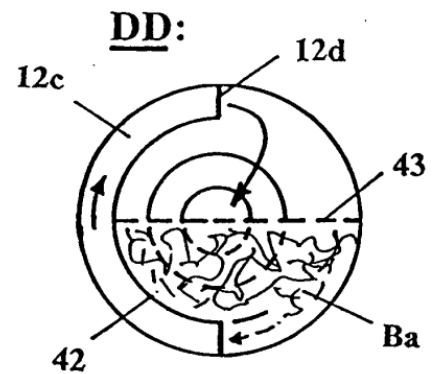


Fig. 4e

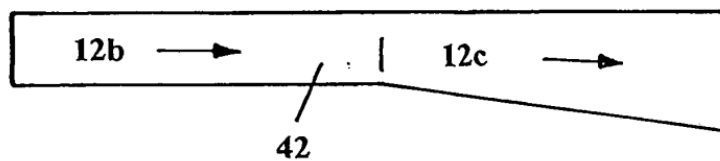


Fig. 5a

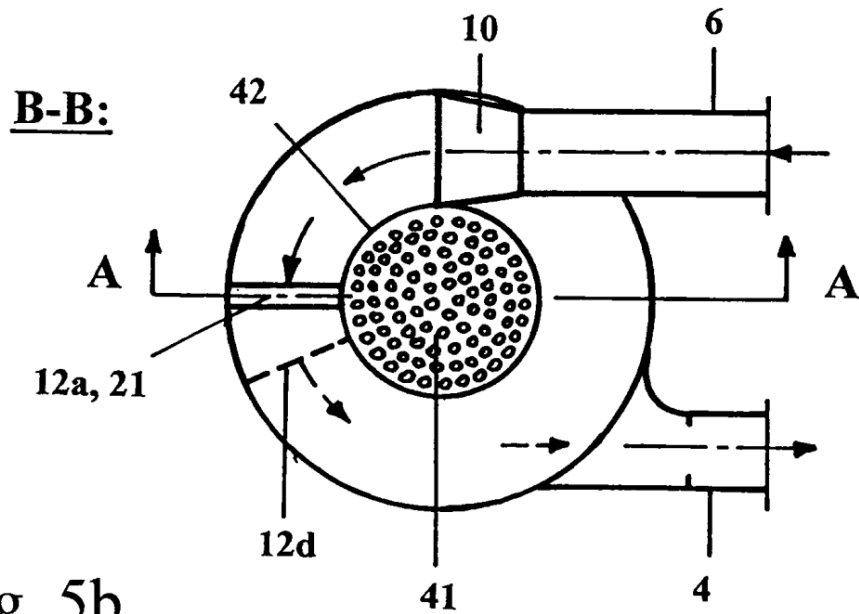
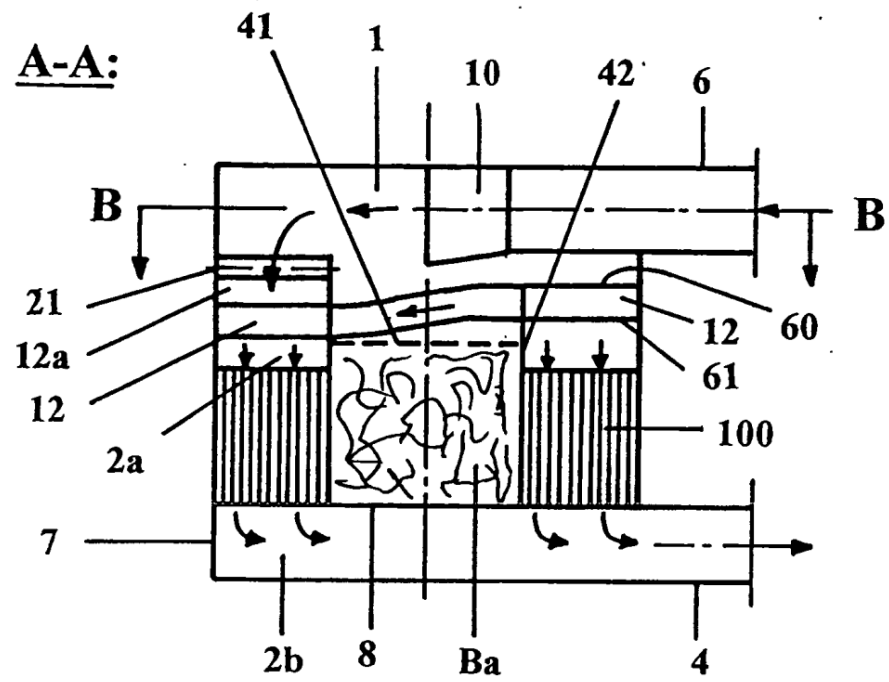


Fig. 5b

Fig. 6a

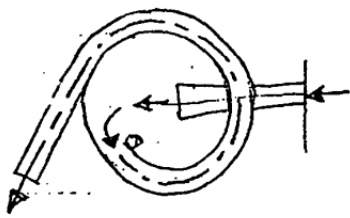


Fig. 6b

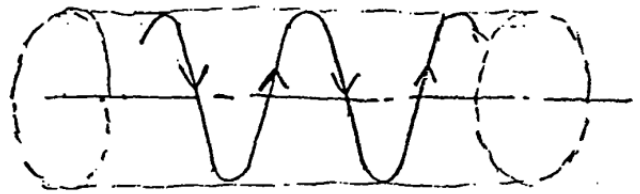


Fig. 6c

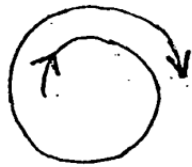


Fig. 6d

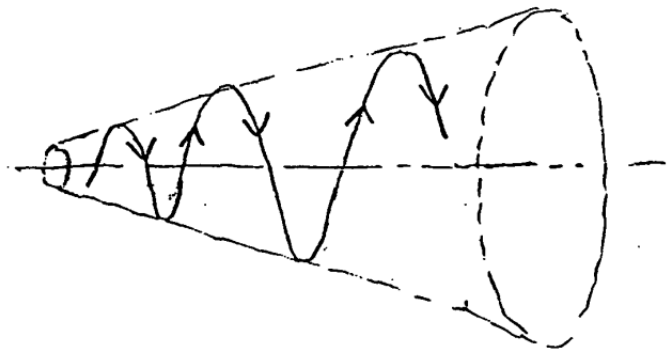


Fig. 6e

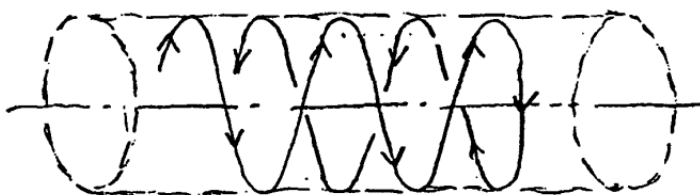


Fig. 6f

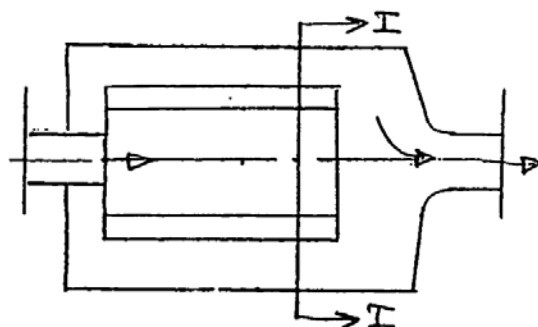


Fig. 6g

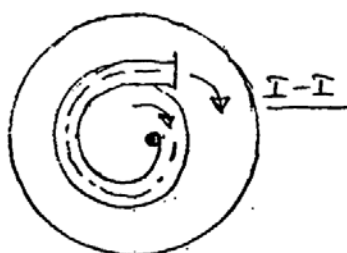


Fig. 6h

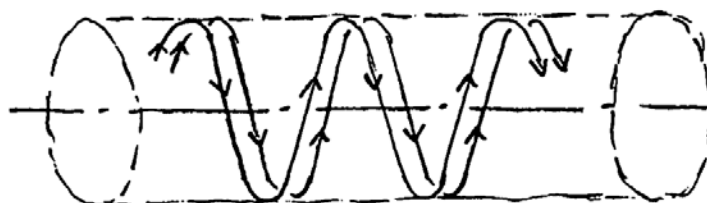


Fig. 6i

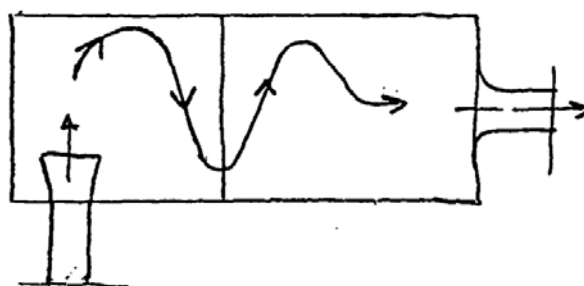


Fig. 6j

