(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 628 348**

(51) Int. CI.:

F01N 13/08 (2010.01)
F15D 1/04 (2006.01)
F16L 43/00 (2006.01)
F01N 1/08 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2014 E 14183469 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 2857650**

(54) Título: **Tubo de escape**

(30) Prioridad:

05.09.2013 EP 13183195

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.08.2017

(73) Titular/es:

BOSAL EMISSION CONTROL SYSTEMS NV (100.0%)
Dellestraat 20
3560 Lummen, BE

(72) Inventor/es:

DÖRGE, FILIP;
HANSENNE, ERIC;
VERGOTE, KAREL y
WEZENAAR, MEIKO

(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).

DESCRIPCIÓN

Tubo de escape

La invención se refiere a tubos de escape para su uso en un sistema de escape para motores de combustión, por ejemplo para vehículos a motorizados.

Es sabido que los tubos de los sistemas de escape para motores de combustión, por ejemplo vehículos motorizados, deben ser largos para que proporcionen un efecto positivo en relación con la atenuación de los sonidos con respecto a bajas frecuencias. Dado que el espacio es limitado en los vehículos, los tubos son curvados. Por ejemplo, un tubo puede estar curvado y una parte del tubo puede estar integrada dentro de un silenciador mientras que una parte restante del tubo puede estar dispuesta por fuera del silenciador. También es sabido que los tubos con pequeños diámetros pueden mejorar la atenuación de los sonidos de baja frecuencia, pero pueden elevar la velocidad del flujo del tubo. Sin embargo, los tubos curvados y las velocidades de flujo rápidas de los tubos provocan el ruido del flujo. Por tanto, en sistemas de la técnica anterior se incrementan las secciones transversales de un tubo en una curvatura para reducir la velocidad del flujo. Sin embargo, esto representa un efecto negativo sobre la atenuación de los sonidos de baja frecuencia. En otros sistemas se insertan unas placas divisorias en una curva de manera que se reducen los diámetros de los tubos divididos. Sin embargo, estos son más difíciles de fabricar y el incremento de la superficie humidificada y la introducción de bordes adicionales reducen la reducción de la pérdida de presión potencial y / o la reducción del ruido del flujo. A partir de la técnica anterior es sabido que existe una relación entre la pérdida de presión en las curvaturas del tubo y el ruido del flujo. Seleccionando una relación R/D de al menos 1,5 o superior para la incurvación del tubo, se optimizan la pérdida de presión y el ruido del flujo. En la presente memoria R es el radio de incurvación y D es el diámetro del tubo. Por ejemplo, en el documento DE 102009 000 090 una curva de tubo con un radio de incurvación constante R, con una sección transversal ovalada y un diámetro reducido D en el plano de incurvación presenta una relación R/D de 3 o superior. El diámetro del tubo en el plano perpendicular al plano de curvatura puede ser ligeramente incrementado para compensar parcialmente por otro lado la sección transversal reducida. Sin embargo, para conseguir unas relaciones de R/D considerables, se requiere un diámetro pequeño del tubo o un radio de curvatura amplio. Lo primero provoca un ruido elevado del flujo y lo último no posibilita la fabricación de curvas abruptas y, de esta manera, no permite una disposición compacta de un tubo curvado.

El tubo de escape descrito en el documento DE 10 2009 000 090 u otra técnica anterior sigue presentando inconvenientes. Especialmente los sistemas de escape de la técnica anterior en general no toman en cuenta las diferencias del flujo que entra en una curva o que sale de una curva. Por tanto, persiste la necesidad de un tubo de escape mejorado. En especial persiste la necesidad de un tubo de escape del tipo indicado que proporcione una estructura de incurvación optimizada con respecto a la pérdida de presión y al ruido del flujo.

De acuerdo con la invención, se proporciona un tubo de escape que comprende un tubo de entrada, un tubo de salida, y una porción curvada dispuesta entre el tubo de entrada y el tubo de salida. La porción curvada comprende una curva de entrada y una curva de salida, constituyendo una porción de curva central, una sección intermedia de la curva de entrada y de la curva de salida, y definiendo la curva de entrada y la curva de salida cada una un 50 por ciento del ángulo de curvatura total y definido por la porción curvada. En la presente memoria, un diámetro más pequeño de la porción curvada medida en el plano de curvatura está dispuesta en la porción curvada central. Así mismo, un radio de curvatura de la porción curvada varía a lo largo de la porción curvada de manera que el radio de curvatura de la curva de entrada sea mayor que el radio de curvatura de la curva de salida.

Reduciendo el diámetro del tubo de escape en el plano de curvatura en al menos la porción curvada central, se puede conseguir un efecto positivo con respecto a la atenuación del sonido de baja frecuencia y al ruido del flujo. Un diámetro más pequeño en la porción curvada puede también reducir la propagación de modos de orden más elevados, reduciendo así el ruido del flujo de altas frecuencias. Disponiendo un diámetro más pequeño en una sección de la porción curvada y especialmente solo en la porción curvada central, se pueden conseguir los efectos deseados con carácter muy local. Sin embargo se pueden impedir los efectos negativos tales como el incremento de la velocidad del flujo total en la porción curvada. Unos diámetros de tubo pequeños de la porción curvada en el plano de curvatura pueden, por ejemplo, compensarse completamente o solo parcialmente incrementando la extensión del tubo del escape en otras direcciones, por ejemplo, en una dirección lateral perpendicular a la dirección radial del plano de curvatura.

Así mismo, la provisión de una curva de salida con un radio de curvatura que sea menor que un radio de curvatura de la curva de entrada tiene en cuenta el comportamiento diferente del flujo de un fluido, de modo preferente un gas, como por ejemplo un gas de escape, del fluido que entra de una curva y que sale de una curva. Radios de curvatura diferentes en la curva de entrada y de salida no repercuten en la separación del comportamiento de un flujo después de llevar a cabo un determinado giro. Especialmente, en los cambios de sentido la separación del flujo de fluido en la zona dentro de y después de la curva, la separación del flujo puede considerablemente contribuir al ruido del flujo en el tubo de escape. Por el radio de curvatura mayor de la curva de entrada, un flujo de fluido es guiado y redirigido de una manera más suave hacia el interior y por dentro de la curva de entrada de la porción curvada. De esta manera, una reducción del flujo de fluido en la porción curvada con respecto al tubo de salida es más abrupta y puede ser

limitada a una sección más local de la curva. En la curva de salida abrupta la separación del flujo puede ser también limitada mediante la adaptación en forma en sección transversal.

En la porción de curva central, el diámetro menor combinado con la adaptación de la forma en sección transversal de la porción de curva en la porción de curva central, permiten acondicionar el flujo para una entrada óptima en el interior de la porción más abrupta de la curva de salida.

Uno o varios radios curvados en la curva de salida pueden elegirse de manera que una dirección del flujo en la curva de salida se corresponda sustancialmente con la dirección del flujo en el tubo de salida ya en un extremo corriente abajo- o poco después - de la porción de curva central. De esta manera, no debe esperarse ningún tipo de ruido del flujo o de un ruido del flujo elevado en esta sección corriente abajo de la curva externa.

Una curva de entrada y una curva de salida pueden comprender uno o varios radios de curvatura diferentes. Un radio de curvatura de la porción curvada puede variar a lo largo de la porción curvada. La porción curvada puede comprender unas secciones con un radio de curvatura constante. De modo preferente, los radios de curvatura locales y la curva de salida son menores que los radios de curvatura locales de la curva de entrada.

El tubo de escape de acuerdo con la invención presenta unos parámetros geométricos que cambian a lo largo de la extensión del tubo de escape. Los parámetros geométricos se escogen para que se modifiquen a lo largo de la porción curvada del tubo de escape al menos parcialmente en o a lo largo de una porción curvada central. De modo preferente, el tubo de escape o su porción curvada, respectivamente, experimenta un cambio local en cuanto a los parámetros geométricos. Con una adaptación más localizada de la geometría del tubo de escape, el tubo de escape de acuerdo con la invención resulta optimizado teniendo en cuenta la atenuación del sonido de baja frecuencia, así como teniendo en cuenta la pérdida de presión y el ruido del f lujo del tubo de escape. Debido a una localización pueden disponerse secciones con valores extremos o valores considerados menos favorables pero, no obstante, pueden potenciarse al máximo las características generales del tubo de escape. Las características generales del tubo de escape pueden mejorarse aún más por las incurvaciones de los tubos de escape con características individualmente optimizadas que se mantengan constantes a lo largo de una entera banda. Especialmente, un comportamiento diferente del flujo en la curva de entrada y en la curva de salida son tenidos en cuenta en el tubo de escape de acuerdo con la invención mediante una elección asimétrica de parámetros geométricos en particular de un radio de curvatura diferente en la curva de salida que en la curva de entrada.

De modo preferente, el tubo de escape de acuerdo con la invención está dispuesto dentro de un silenciador o en unos emplazamientos del sistema de escape donde se incorporan importantes contribuciones al ruido del flujo total del sistema de escape. De modo más preferente, el tubo de escape de acuerdo con la invención, especialmente su porción curvada se potencia al máximo como tubo terminal de un sistema de escape. El ruido del flujo generado en las partes del tubo en un extremo caliente de un sistema de escape, por ejemplo en un colector, en los tubos situados justo después del motor o en los tubos situados por delante de un convertidor catalítico, es suficientemente atenuado en los componentes de escape corriente abajo, de manera que ello no contribuye al ruido emitido desde un extremo abierto del sistema de escape. Así, los tubos terminales calientes no están diseñados para responder a la reducción del ruido del flujo. Sin embargo, el ruido del flujo generado en el extremo frío de un sistema de escape, más próximo a un extremo abierto del sistema de escape, por ejemplo en un tubo terminal, en un silenciador o posiblemente también en un primer tubo corriente arriba de un silenciador, no resulta a menudo suficientemente atenuado en los componentes restantes de escape corriente abajo. Por tanto, no contribuye al ruido emitido desde el extremo abierto del sistema de escape. Por tanto, en tubos curvados dispuestos directamente corriente arriba o corriente abajo de un silenciador o en al menos una parte dispuesta dentro de un silenciador, por ejemplo en tubos terminales, el flujo del ruido y su reducción deben ser tenidos en cuenta, de modo preferente seleccionando una construcción apropiada del tubo curvado de acuerdo con la invención.

De modo preferente, los tubos terminales de los sistemas de escape están dispuestos de un silenciador, pero también pueden estar dispuestos parcial o enteramente dentro de un silenciador.

Un tubo de escape de acuerdo con la invención define una curva, de modo preferente mayor de 90 grados, o de modo más preferente de entre aproximadamente 160 grados y 200 grados. Así, de modo preferente el tubo de escape sustancialmente define un giro en U, en el que un giro en U (exacta n) se define formando una curva de 180 grados. De modo preferente, el tubo de entrada y el tubo de salida son tubos rectos. De modo preferente, el tubo de entrada y el tubo de salida son tubos con una sección transversal circular.

El término "plano de curvatura" como se utiliza en la presente memoria, es el plano en el que se sitúa la porción curvada. Así mismo, los radios de curvatura de la porción curvada se sitúan en el plano de curvatura. En general, el plano de curvatura divide la porción curvada en dos mitades. De modo preferente, también el tubo de entrada o el tubo de salida o ambos se sitúan en el plano de curvatura. En estas formas de realización, el plano de curvatura divide el tubo de escape en dos mitades. Cada mitad comprende entonces la mitad del tubo de entrada, la mitad de la porción curvada y la mitad del tubo de salida. De modo preferente, el plano de curvatura es un plano simétrico de la porción curvada, de modo más preferente del tubo de escape o de sus secciones. El plano de curvatura no tiene que ser necesariamente aplastado o incluso plano. Sin apartarse del alcance de la invención, la porción curvada o el entero tubo de escape de acuerdo con la invención no tiene que situarse en un plano uniforme o en el mismo plano,

respectivamente. En especial, en sistemas de escape, los tubos están dispuestos para su acoplamiento dentro de un espacio limitado o entre otros dispositivos de manera que no puede llevarse a la práctica o no puede desearse que exista una orientación exactamente plana del tubo de escape o de sus partes. Solo a modo de ejemplo, un tubo de entrada o de salida inclinado (inclinado con respecto a la porción curvada y fuera del plano de curvatura) o una porción curvada torsionada de manera que no se sitúe en un plano de curvatura planar, puede también llevarse a cabo o disponerse de acuerdo con la invención. En formas de realización preferentes de acuerdo con la invención, el plano de curvatura es un plano uniforme. Esto facilita la fabricación de la porción curvada o del entero tubo de escape.

El término "línea neutral" según se utiliza en la presente memoria, es una línea que se extiende a lo largo del tubo de escape, de modo preferente en un centro del tubo de escape. La línea neutral define una línea de referencia a la mitad de la distancia entre la curva interna y externa de una porción curvada. Así como entre la línea periférica interna y externa del tubo de entrada y de salida. En la porción curvada, la línea neutral, la curva interna y externa se sitúan en el plano de curvatura. Si el entero tubo de escape se sitúa en el plano de curvatura, también la línea neutral de los tubos de entrada y salida, así como la periferia interna y externa del tubo de entrada y salida se sitúan en el plano de curvatura y son medidos con respecto al plano de curvatura. La línea neutral es también la línea de referencia para los radios de curvatura locales (la línea neutral es tangencial con el radio de curvatura local) de la porción curva del tubo de escape de acuerdo con la invención.

En un tubo de escape con una sección transversal circular, tubo de escape que define un giro en U, también la línea neutral define un giro en U con un radio de curvatura de (Ri + Ro) / 2. En la que, Ri es el radio de curvatura interno del giro en U y Ro es el radio de curvatura externo del giro en U.

Cuando se hace referencia a un radio o a un diámetro, esto siempre hacen referencia al plano de curvatura si no se menciona con carácter explícito o a menos que se indique de forma obvia como indicativo de otros objetos. Por consiguiente, una sección transversal del tubo de escape se refiere a una sección transversal del tubo de escape perpendicular a y que cruza la línea neutral. Un radio de curvatura se mide desde el centro de un círculo hasta su perímetro, situándose el perímetro tangencialmente a la línea neutral.

El término "línea media" se utiliza en la presente memoria para una línea que define la línea de bisección entre el tubo de entrada y el tubo de salida en ángulos curvos de básicamente superiores a 0 grados, pero de modo preferente superiores a 90 grados e inferior a 180 grados. En una curva de 180 grados, la línea media es la línea situada de forma equidistante entre y paralela con una línea central del tubo de entrada y una línea central del tubo de salida. Las líneas centrales de los tubos de entrada y salida son el eje geométrico rotacional correspondiente de los tubos si los tubos son tubos circulares. En un tubo de escape globalmente simétrico la línea media divide la porción de curva en una curva de entrada y una curva de salida. La curva de entrada y la curva de salida por tanto son porciones de tubo simétricas especulares y cada curva de entrada y de salida cubre un 50 por ciento del ángulo de curvatura de la porción de la curva. En giros en U simétricos generales, la curva de entrada y la curva de salida cada una cubre 90 grados del ángulo de la curva. El término "eje geométrico medio" se utiliza en el tubo de escape de acuerdo con la invención para definir el eje geométrico, que separa la curva de entrada y la curva de salida de manera que la curva de entrada y la curva de salida cubren cada una un 50 por ciento del ángulo de curvatura total del tubo de escape. Sin embargo, en tubos de escape asimétricos, el eje geométrico medio se sitúa en paralelo con la línea media pero puede ser desplazado, típicamente en la dirección del tubo de salida.

Se alcanza un extremo corriente abajo de la curva de entrada, tan pronto como se alcanza un 50 por ciento del ángulo de curvatura por primera vez. Debido al radio de curvatura diferente de la curva de entrada y de la curva de salida y posiblemente de los radios de cobertura localmente variables, podría suceder que un ángulo de curvatura cambiara para convertirse en un valor correspondiente a menos de un 50 por ciento del ángulo de curvatura (por ejemplo, hasta ligeramente superior a 90 grados en una curva de 180 grados). Sin embargo, dicha variación local del ángulo de curvatura es compensada en otras porciones corriente abajo de la curva de salida de forma que un ángulo de curvatura global cubierto por la curva de salida cubra un 50 por ciento del ángulo de curvatura total.

La porción curvada es una sección del tubo de escape, en la que la curvatura del tubo comienza o termina o, de modo preferente, en uno y otro caso. En un giro en U, la porción curvada puede definirse por la sección del tubo de escape separada del tubo de entrada respecto del tubo de salida por una línea de separación recta. Esta línea de separación se sitúa en el plano de curvatura y se dispone en perpendicular a la línea media o eje geométrico intermedio del tubo de escape y en perpendicular a la línea neutral del tubo de escape (en formas no en U, dos líneas de separación están presentes, una para cada curva de entrada y otra para la curva de salida. Las dos líneas de separación son perpendiculares solo a la línea neutral). La línea de separación está situada donde se inicia el tubo de escape para curvar o detener la incurvación, o en ambos supuestos, en las respectivas posiciones de transición. Si la posición de transición en el lado de entrada del tubo de escape está dispuesta más corriente arriba que la posición de transición del lado de salida del tubo de escape dispuesta corriente abajo, entonces la línea de separación se sitúa sobre la posición de transición del lado de entrada (y viceversa). En el lado de salida del tubo de escape, la línea de separación entonces cruza con el tubo de escape en una posición más alejada corriente abajo que la posición de transición respectiva, esto es, la curva ha ya alcanzado el ángulo de incurvación deseado todavía más corriente arriba en la curva de salida (y, por consiguiente, viceversa).

Si ni la curva de entrada ni la curva de salida comprenden una sección sustancialmente recta directamente dispuesta entre el correspondiente tubo de entrada o de salida, la línea de separación se sitúa sobre ambas posiciones de transición.

Una porción curva central define una sección de la porción curva que describe una porción de transición entre la curva de entrada y la curva de salida. La porción de curva central se extiende por dentro de la curva de entrada y por el interior de la curva de salida entre aproximadamente un 50 por ciento del ángulo de curvatura de la curva de entrada y de la curva de salida, de modo preferente entre aproximadamente un 40 por ciento del ángulo de curvatura de cada curva de entrada y de salida. La porción de curvatura central comprende una sección recta, de modo preferente, la porción de curvatura central se extiende por el interior de la curva de entrada y de salida hasta aproximadamente un 50 por ciento del ángulo de curvatura de entrada y de la curvatura de salida que incluye la sección recta. En las curvaturas de 180 grados, la curva de entrada y la curva de salida cubren cada una 90 grados del ángulo de curvatura. Sin embargo, debido a la asimetría de la porción curvada de acuerdo con la invención, la longitud de la porción curvada central de la curva de entrada y la longitud de la porción de curvatura central en la curva de salida no necesitan ser idénticas. Una longitud total de una curva de entrada puede ser mayor que una longitud total de la curva de salida, de manera que una porción de curvatura central pueda extenderse más allá por el interior de la curva de entrada que por el interior de la curva de salida cuando se miden por distancias.

La sección recta de la porción curvada central presenta una longitud limitada y forma parte de la porción curvada que contiene la curva de entrada y la curva de salida. De modo preferente, una sección recta en la porción curvada central cubre un máximo de un 20 a un 30 por ciento, de modo más preferente un máximo de un 10 por ciento de la longitud de la porción curvada central. La sección recta puede estar enteramente dispuesta en la curva de entrada o enteramente en la curva de salida. De modo preferente enteramente en la curva de salida.

De acuerdo con un aspecto del tubo de escape de acuerdo con la invención, la porción curvada está curvada en aproximadamente 160 grados y 200 grados. Una porción curvada, que está curvada en un ángulo de entre aproximadamente 160 grados y aproximadamente 200 grados, sustancialmente forma un giro en U. De modo preferente, en los giros en U, esto es en las porciones de curvatura curvadas 180 grados, el tubo de entrada y el tubo de salida están dispuestos en paralelo. En la porción curvada que efectúa un giro en U, o sustancialmente que efectúa un giro en U, se facilita una disposición muy estrecha del tubo de escape. Así mismo, puede disponerse una disposición en serie de dos o más tubos de escape de acuerdo con la invención. Esta disposición en serie proporciona un conjunto muy compacto de un tubo de escape, especialmente un tubo terminal del sistema de escape de un vehículo motorizado.

En algunas formas de realización preferentes del tubo de escape de acuerdo con la invención, un radio de curvatura más pequeño se dispone entre aproximadamente un 50 por ciento y aproximadamente un 85 por ciento de un ángulo de curvatura total de la porción curvada, de modo preferente entre aproximadamente un 50 por ciento y aproximadamente un 75 por ciento o entre aproximadamente un 55 por ciento y un 70 por ciento del ángulo de curvatura. La cantidad de porcentaje del ángulo curvado se mide desde una entrada de la porción curvada o desde el extremo corriente arriba de la porción curvada, respectivamente. En una porción curvada en forma de giro en U (curvatura de 180 grados) se corresponde sustancialmente con el radio de curvatura más pequeño que está dispuesto entre aproximadamente 90 grados y aproximadamente 150 grados, de modo más preferente entre aproximadamente 90 grados y aproximadamente 135 grados, por ejemplo entre aproximadamente 100 grados y 130 grados del giro en U. El grado del ángulo curvado se indica también desde un extremo corriente arriba de la porción curvada. En el extremo corriente arriba de la porción curvada el ángulo es de 0 grados y en el extremo corriente abajo de la porción curvada el ángulo es el ángulo máximo de la curvatura, esto es, 180 grados en una curva que efectúe un giro en U. Desplazando el radio de curvatura más pequeño hasta una curva de salida, esto es, hasta una sección más corriente abajo de la porción curvada con respecto a una línea media o un eje geométrico intermedio, se tienen en cuenta las diferencias de las características del flujo entre una curva de entrada y una curva de salida. Especialmente, se consigue un efecto positivo sobre la separación del flujo y con ello sobre el comportamiento del flujo y sobre el ruido del flujo en la curva de salida. Así mismo, se puede conseguir mediante un radio de curvatura menor en la curva de salida una incurvación abrupta en la sección corriente abajo de la porción curvada. De modo preferente, el radio de curvatura más pequeño se localiza en una sección de la porción curvada, de modo preferente, una sección corriente abajo de la línea media, de modo más preferente corriente abajo de un eje geométrico intermedio, y corriente arriba del extremo corriente abajo de la porción curvada central. Mediante la provisión de un radio de curvatura más pequeño en solo una sección localizada, se aprovecha el pequeño radio de curvatura local, sin embargo sin los inconvenientes de los pequeños radios de curvatura aplicados en porciones de tubo extensas, como por ejemplo en la separación del flujo y en el ruido del flujo asociados con ello. Un pequeño diámetro puede extenderse a lo largo de una extensión lateral sustancialmente completa de la porción curvada (lateral con respecto al plano de incurvación) de manera que la porción curvada sustancialmente presente una forma ovalada. Un diámetro pequeño puede también extenderse solo parcialmente por dentro de la dirección lateral.

De acuerdo con otro aspecto del tubo de escape de acuerdo con la invención, una sección transversal mayor de la porción curvada está dispuesta en la porción curvada central. La sección con la sección transversal mayor puede corresponderse con la entera porción curvada central. De modo ventajoso, la sección con la sección transversal mayor se corresponde con una parte solo de la porción curvada central. De modo preferente, la sección con la sección transversal mayor sustancialmente se superpone con la sección del tubo de escape de diámetro más

pequeño. De modo preferente, se consigue una sección transversal mayor ampliando la porción curvada en dirección lateral (perpendicular a la dirección radial del plano de curvatura).

De modo preferente, una sección transversal mayor es mayor con respecto a la sección transversal de la entera porción curvada, de modo ventajoso con respecto a la sección transversal del entero tubo de escape. Mediante la provisión de una sección transversal de mayor amplitud que sea la mayor de la porción curvada se puede reducir la velocidad del flujo, la separación del flujo y el ruido del flujo. Dado que la incorporación de pequeños diámetros incrementan en términos generarles la velocidad del flujo y el ruido del flujo, la sección transversal de tamaño ampliado dispuesta en la porción curvada puede disminuir los efectos adversos del pequeño diámetro del tubo de escape.

De acuerdo con otro aspecto del tubo de escape de acuerdo con la invención, la curva de salida que incluye la porción curvada central incluye una relación R/d menor de 1,5, por ejemplo menor o igual a 1. Aquí, d es el diámetro del tubo de escape medido en el plano de curvatura. Con una relación pequeña de R/d pueden conseguirse radios de incurvación pequeños posibilitando con ello la construcción de curvas abruptas y la fabricación de sistemas de escape compactos.

Así mismo, los pequeños diámetros del plano de curvatura pueden reducir la separación del flujo. Ambas características son las más favorables si se incorporan en la porción curvada, de modo preferente en la curva de salida o en la porción de la curva central. Una relación R/d pequeña se dispone de modo preferente en solo algunas partes de la respectiva porción curvada. Por tanto, las demás porciones de la porción curvada pueden optimizarse con respecto a otras características de curvatura con el fin de conseguir una optimización global de la porción curvada. Una relación R/d de menos de 1,5 puede extenderse hasta un 60 por ciento de modo preferente hasta un 40 por ciento del ángulo curvado de la curva de salida que incluya la porción curvada central. En algunas formas de realización, hasta un 50 por ciento de la porción curvada central presenta una relación R/d de menos de 1,5. En algunas formas de realización, hasta la entera longitud de la porción curvada central de la curva de salida comprende una relación R/d menor de 1,5, por ejemplo entre 80 y 100 por ciento del ángulo de curvatura de la porción curvada central de la curva de salida.

De modo ventajoso, una relación R/d de 1 o menor se dispone sobre una sección pequeña de la curva de salida o sobre únicamente la porción curvada central. De modo preferente, una relación R/d menor de 1 se dispone en la porción curvada central de solo la curva de salida. Por ejemplo, la porción curvada central de la curva de salida comprende un valor R/d de 1 o inferior en un margen de entre aproximadamente un 1 por ciento y un 30 por ciento del ángulo de curvatura de la porción curvada central de la curva de salida, de modo preferente en un margen de entre un 5 por ciento y un 20 por ciento.

De modo preferente, una relación media R/d de la curva de entrada es mayor que una relación R/d media de la curva de salida.

A partir de la técnica anterior es conocido que con una curva con una relación R/d de 1,5 o mayor es superior teniendo en cuenta la pérdida de presión y el ruido del flujo en comparación con las curvas con una relación R/d de menos de 1. Sin embargo, debido a la estructura del tubo de escape de acuerdo con la invención y según se describe en la presente memoria, se ha encontrado que secciones localizadas de la porción curvada pueden presentar unas relaciones R/d de menos de 1,5 o incluso de menos de 1. Debido a la aplicación localizada de valores extremos o de valores considerados menos favorables, las características generales del tubo de escape se optimizan y mejoran con respecto a las curvas de tubos de escape de la técnica anterior.

De acuerdo con otro aspecto del tubo de escape de acuerdo con la invención, la porción curvada es simétrica con respecto al plano de curvatura. El plano de curvatura como plano de simetría para la porción curvada permite una cierta regularidad del flujo de un fluido en la dirección del flujo de la porción curvada o, de modo preferente, en el entero tubo de escape. De modo ventajoso, el plano de curvatura es un plano de simetría para el tubo de escape que incluye una porción curvada así como el tubo de entrada y de salida. Una disposición simétrica también permite la fabricación de la porción curvada o del tubo de escape, respectivamente, por ejemplo para dos medias carcasas que podrían ser especulares la una de la otra. Dos medias carcasas pueden ser fijadas de manera conjunta para formar un tubo de escape, por ejemplo mediante soldadura o mediante el bloqueo mecánico.

De acuerdo con otro aspecto del tubo de escape de acuerdo con la invención, una curva interna curvada y una curva externa curvada de la curva de entrada y de la curva de salida medidas a lo largo del plano de curvatura no son axialmente simétricas entre sí con respecto a la línea media o al eje geométrico intermedio, respectivamente, entre el tubo de entrada y el tubo de salida. Aquí, la curva de incurvación interna de la curva de entrada no es axialmente simétrica con la curva interna de la curva de salida y la curva externa de la curva de entrada no es axialmente simétrica con la curva externa de la curva de salida.

Se disponen parámetros y dimensiones de tubo localmente diferentes de forma que, por ejemplo, el radio de curvatura, el diámetro o la sección transversal a lo largo de la extensión de la porción curvada se dispongan de manera que la curva de entrada y la curva de salida presenten curvas internas diferentes y curvas externas al menos cuando se miden en el plano de curvatura. La provisión de un radio de curvatura pequeño o el más pequeño de la

porción curvada en un lado corriente abajo de la porción curvada o en la porción curvada central de la curva de salida puede proporcionar unas curvas internas y externas más suaves y más regulares de una curva de entrada que las curvas internas y externas de una curva de salida.

De acuerdo con otro aspecto del tubo de escape de acuerdo con la invención, la curva de entrada comprende un saliente en forma de nervio que se extiende a lo largo de una periferia externa de la curva de entrada. El saliente en forma de nervio está dispuesto en el plano de curvatura que se extiende hasta una pequeña extensión con respecto a ambos lados del plano de curvatura y puede ser simétrica con respecto al plano de curvatura. El saliente en forma de nervio proporciona un espacio de expansión para el flujo de fluido que fluye por dentro de la porción curvada. De modo preferente, el saliente en forma de nervio continúa a lo largo de la curva de entrada y, de modo ventajoso, comienza en el extremo corriente arriba de la curva de entrada y se extiende por el interior de la porción curvada central. De modo preferente, el saliente en forma de nervio no se extiende hacia el extremo corriente abajo de la curva de entrada.

De acuerdo con otro aspecto del tubo de escape de acuerdo con la invención, la curva de salida comprende un saliente que se extiende a lo largo de una periferia interna de la porción curvada central de la curva de salida. El saliente está dispuesto en el plano de curvatura que se extiende hasta cierto punto sobre ambos lados del plano de curvatura y puede ser simétrico con respecto al plano de curvatura. Un saliente en una curva de salida ejerce influencia sobre el comportamiento del flujo, especialmente puede reducir la separación del flujo de fluido en la curva de salida. De modo preferente, el saliente está dispuesto en al menos una primera parte de la curva de salida. El saliente puede estar dispuesto al menos parcialmente en la porción curvada central de la curva de entrada adyacente al eje geométrico intermedio y puede extenderse más allá hasta el interior de la curva de salida. De modo preferente, el saliente no se extiende hasta el extremo más corriente abajo de la curva de salida. De modo preferente, el saliente presenta una estructura lisa, al menos en una dirección del flujo, con el fin de reducir la resistencia del flujo. De modo preferente, el saliente está diseñado de forma que suministre un flujo sustancialmente laminar en la porción curvada alrededor del saliente, de modo preferente de manera que se minimicen la separación del flujo y la recirculación.

La porción curvada, o también el tubo de escape, pueden estar provistos de otros salientes o proyecciones. De modo preferente, dichas proyecciones o salientes están dispuestas de forma simétrica con respecto a la dirección del flujo.

De acuerdo con otro aspecto del tubo de escape de acuerdo con la invención, una curva externa de la curva de salida sustancialmente es una prolongación de una línea periferia externa del tubo de salida en la zona corriente abajo de la curva de salida. Aquí, la curva externa y la línea periférica externa son, de modo preferente, medidas en el plano de curvatura. Si la curva externa de la curva de salida sustancialmente es una prolongación de la línea periférica externa de la curva de salida, la curva de salida y el tubo de salida pueden convertirse en similares o idénticos desde el punto de vista de su diámetro y de la dirección del flujo al menos en una zona corriente abajo de la curva de salida. Debido a la misma dirección sustancialmente más larga del flujo en el tubo de salida y en una zona corriente abajo de la curva de salida, la curva de salida efectúa un giro abrupto, de modo preferente ya en la porción curvada central. Después del giro abrupto, de modo ventajoso la dirección del flujo sustancialmente se corresponde con la dirección del flujo del tubo de salida dispuesto corriente abajo de la curva de salida. De modo preferente, el tubo de salida es un tubo recto de forma que una curva externa de la zona corriente abajo de la curva de salida describa también una curva sustancialmente recta.

De acuerdo con otra forma de realización del tubo de escape de acuerdo con la invención, la curva externa de la curva de salida se extiende radialmente sobre una línea periférica externa del tubo de salida, de modo preferente en una zona corriente abajo de la curva de salida. En estas formas de realización, la porción curvada describe una curva en saliente en la curva de salida con respecto a la curva simétrica con un radio de curvatura constante. De modo preferente, la extensión radial de la curva externa sobre la línea periférica externa del tubo de salida es inferior en un 80 por ciento con respecto a una distancia entre el eje geométrico central, o una línea neutral, respectivamente, y una periferia externa del tubo de salida, de modo más preferente inferior a un 40 por ciento.

De acuerdo con otro aspecto del tubo de escape de acuerdo con la invención, la porción curvada central comprende una sección central. Una sección recta en la porción curvada central posibilita una mayor flexibilidad de diseño y de disposición de la curva de entrada y de la curva de salida, especialmente con curvas con ángulos de curvatura considerables, por ejemplo curvas en forma de giro en U. Una sección recta en la porción curvada central puede también proporcionar una cierta estabilización o un preacondicionamiento del flujo después de haber pasado por la curva de entrada y antes de entrar en la curva de salida.

De acuerdo con otro aspecto del tubo de escape de acuerdo con la invención, un tamaño de una sección transversal varía entre al menos un elemento entre el tubo de entrada, la porción curvada y el tubo de salida. De modo preferente, el tamaño de la sección transversal del tubo de escape varía a lo largo de la extensión del tubo de escape. De modo preferente, el tamaño de una sección transversal varía entre la porción curvada y el tubo de entrada y de salida. De modo preferente, los tamaños de las secciones transversales del tubo de entrada y de salida son idénticos. Sin embargo, los tamaños de las secciones transversales entre el tubo de entrada y de salida pueden variar. De modo preferente, los tamaños del tubo de entrada y del tubo de salida varían como máximo en torno hasta

un 20 por ciento, por ejemplo de un 5 hasta un 15 por ciento. El tamaño de una sección transversal puede variar entre las porciones individuales del tubo de escape y también dentro de la porción curvada, dentro del tubo de entrada y dentro del tubo de salida. De modo preferente, el tamaño de la sección transversal de la porción curvada varía a lo largo de la extensión de la porción curvada.

El tubo de escape de acuerdo con la invención, puede, por ejemplo, ser utilizado en un sistema de escape de un motor, de modo preferente de un vehículo motorizado. Un sistema de escape comprende al menos uno de los tubos de escape de acuerdo con la invención. De modo preferente el tubo de escape de acuerdo con la invención está dispuesto dentro de un silenciador o en emplazamientos en el sistema de escape en los que se efectúan importantes contribuciones al ruido del flujo total y al sistema de escape.

La invención se describe además con respecto a formas de realización que se ilustran mediante los siguientes dibujos. En los que:

La Fig. 1 muestra un tubo de escape de diámetro reducido en la porción curvada y un radio constante curvado;

la Fig. 2 muestra una forma de realización de un tubo de escape de acuerdo con la invención;

la Fig. 3 muestra una vista sobre el tubo de escape de la Fig. 2 cortada a lo largo de la línea 500;

la Fig. 4 es un dibujo esquemático de una forma de realización del tubo de escape de acuerdo con la invención con un radio de curvatura en la curva de entrada y en la curva de salida;

las Figs. 5, 6 muestran líneas periféricas de secciones transversales de una curva de salida (Fig. 5) y de una curva de entrada (Fig. 6);

la Fig. 7 muestra una forma de realización del tubo de escape curvado en un ángulo de 135 grados;

la Fig. 8 muestra un comportamiento de diversos parámetros de curvatura de una forma de realización de un tubo de escape con un giro en U de 180 grados.

En la **Fig. 1** se muestra un corte a través de un tubo de escape con un tubo 1 de entrada circular, una porción 3 curvada ovalada y un tubo 2 de salida circular a lo largo del plano de curvatura uniforme del tubo de escape. El tubo de escape comprende un giro en U de 180 grados y es una imagen especular con respecto a la línea media 300, esto es, con respecto al lado de entrada y de salida del tubo de escape. La línea 4 neutral del tubo de escape indica el eje geométrico central a lo largo del tubo. El eje geométrico 4 neutral está igualmente separado de una línea 110 periférica externa y de una línea 112 periférica interna del tubo de escape, correspondiente a la curva interna y a la curva externa de la porción 2 curvada. En el tubo 1 de entrada y en el tubo 2 de salida, la línea 4 neutral se corresponde con el eje geométrico rotacional de los tubos. Los tubos 1, 2 de entrada y salida son tubos rectos con el mismo diámetro D. La porción 3 curvada presenta un diámetro d más pequeño en el plano de curvatura (correspondiente al plano del dibujo) que el diámetro D de los tubos 1, 2 de entrada y salida. Por consiguiente, las secciones 13, 14 de transición conformadas de manera cónica entre las líneas 100 y 200 están dispuestas entre el tubo 1 de entrada y la porción 3 curvada, así como entre la porción 3 curvada y el tubo 2 de salida. La porción 3 curvada está dividida en una curva 30 de entrada y una curva 31 de salida, que son también simétricas con respecto a la línea media 300. La curva 30 de entrada se extiende desde la línea 200, o desde el extremo corriente abajo de la sección 13 de transición, hasta la línea media 300. La curva 31 de salida se extiende desde la línea media 300 hasta la línea 200 o hasta el extremo corriente arriba de la sección 14 de transición, respectivamente. Cada curva de entrada y cada curva de salida cubren 90 grados del ángulo de curvatura de 180 grados. El radio R curvado de la porción 3 curvada es constante y presenta la misma longitud que un "radio" de los tubos de entrada y salida, respectivamente. Dicho "radio" se corresponde con la distancia 21 entre la línea media 300 y la línea 4 neutral.

Sobre el lado a mano derecha de la Fig. 1 se muestra una vista sobre la porción 3 curvada del tubo de escape de la Fig. 1 cortada a lo largo de la línea 100. La porción curvada presenta una sección transversal ovalada constante a lo largo de la porción curvada. Con el fin de compensar el diámetro reducido de la porción curvada, la extensión lateral de la porción curvada en una dirección perpendicular a la posición de curvatura resulta potenciada de forma que ligeramente sobrepase el diámetro D de los tubos de entrada y salida en la dirección lateral.

En la **Fig. 2** se muestra una vista sobre un corte a través de un tubo de escape a lo largo de su plano de curvatura uniforme. El tubo de escape comprende unos tubos 1, 2 de entrada y salida rectos y una porción 3 curvada dispuesta entre los tubos 1, 2 de entrada y salida. Los tubos 1, 2 de entrada y salida están dispuestos en paralelo de manera que el tubo de escape efectúa un giro en U de 180 grados. La porción 3 curvada está separada del tubo 1 de entrada y del tubo 2 de salida por la línea 500 de separación. La línea 500 de separación es perpendicular a la línea media 300 (y el eje geométrico 350 intermedio según se aprecia más adelante) y cruza el tubo de escape en una posición en la que el tubo de escape comienza a curvarse en una posición en la que el tubo de escape deja de incurvarse.

La porción 3 curvada no es simétrica con respecto a la línea media 300. La línea media 300 describe la línea central entre los tubos 1, 2 de entrada y salida y está dispuesta de manera equidistante de los tubos 1, 2 de entrada y

salida. Por tanto, la porción curvada se divide en la curva 30 de entrada y la curva 31 de salida por el eje geométrico 350 intermedio y no por la línea 300 media. Si se divide por el eje geométrico 350 medio, la curva 30 de entrada y la curva 31 de salida cubren cada una 90 grados del ángulo de curvatura total, correspondiente al 50 por ciento del ángulo de curvatura también se incurva con más o menos un ángulo de curvatura de 180 grados. El eje geométrico 350 intermedio se sitúa en paralelo con la línea media 300 pero se desplaza hasta un lado de salida de la porción 3 curvada. La curva 30 de entrada se extiende desde la línea 500 de separación, esto es, desde el extremo corriente abajo del tubo 1 de entrada hasta el eje geométrico 350 intermedio. La curva 31 de salida se extiende desde el eje geométrico 350 intermedio hasta la línea 500 de separación, esto es, hasta el extremo corriente arriba del tubo 2 de salida. Una dirección del flujo se indica mediante las flechas 10.

Los tubos 1, 2 de entrada y salida presentan el mismo diámetro D. La curva 30 de entrada y la curva 31 de salida presentan diámetros 61, 60, 62 variables a lo largo de la extensión de las porciones respectivas curvadas. Un diámetro 60 más pequeño está dispuesto en una porción 32 curvada central de la porción curvada, aquí sobre el eje geométrico 350 intermedio. La porción 32 curvada central se extiende desde el eje geométrico 350 intermedio hasta un lado corriente arriba y corriente abajo hasta el interior de la curva 30 de entrada y hasta el interior de la curva 31 de salida. De modo preferente, hasta aproximadamente un 50 por ciento de las respectivas curvas. El radio 40 de curvatura más pequeño está dispuesto en la curva 31 de salida, por ejemplo del orden de entre aproximadamente un 20 por ciento y un 60 por ciento de la curva de salida, por ejemplo entre un 30 y un 45 por ciento de la curva de salida del ángulo de curvatura, respectivamente cuando son medidos a partir del eje geométrico 350 intermedio.

La curva 31 de salida lleva desarrolla un giro más abrupto que la curva 30 de entrada. Un fluido fluye por dentro de la dirección del flujo de entrada hasta el interior de la curva de entrada. El fluido fluye de una manera más bien uniforme a través de la curva 30 de entrada y, a continuación, se dirige a la dirección opuesta del flujo de salida por dentro de la curva 31 de salida de una forma más abrupta. Debido a los radios de curvatura genéricamente más pequeños en la curva 31 de salida que en la curva 30 de entrada, una dirección de flujo puede corresponderse con la dirección de flujo del tubo 2 de salida ya en una sección corriente abajo de la curva 31 de salida próxima a la línea 500 de separación. De esta forma, se espera un fluido reducido o ningún flujo de separación y, por tanto, no se esperan ningún ruido elevado de flujo en esta sección corriente abajo de la curva 31 de salida.

Debido a la disposición asimétrica de la curva 30 de entrada y de la curva 31 de salida también las respectivas curvas internas 312, 313 y las respectivas curvas 310, 311 externas son asimétricas entre sí con respecto al eje geométrico 350 intermedio.

De modo preferente, la porción 3 curvada es simétrica con respecto al plano de curvatura, el cual se corresponde con el plano del dibujo en esta forma de realización. Así mismo los tubos 1, 2 de entrada y salida se sitúan en el plano de curvatura y, de modo preferente, de manera simétrica con respecto al plano de curvatura.

En la porción 32 de curvatura central y en la curvatura 31 de salida se puede apreciar una proyección 321 dispuesta sobre el lado interno de la porción 3 curvada. En la sección de la porción curvada provista de la proyección, el diámetro de la porción curvada es pequeño en el plano 600 de curvatura pero es de mayor tamaño en las zonas más laterales de la porción 3 curvada. La proyección 321 está formada por unas porciones de pared lisas al menos en una dirección del flujo, para minimizar la separación del flujo.

La **Fig. 3** muestra la vista sobre la porción 3 curvada de por ejemplo el tubo de escape de la Fig. 2 cortada a lo largo de la línea 500 de separación con los tubos de entrada y salida circulares. El extremo más corriente arriba de la curva 30 de entrada presenta la sección transversal circular del tubo 1 de entrada. El extremo más corriente abajo de la curva 31 de salida presenta la sección transversal circular del tubo 2 de salida. La extensión lateral de la porción curvada (perpendicular al plano 600 de curvatura) muestra un aumento 314 continuo hasta aproximadamente una posición correspondiente a una posición ligeramente corriente arriba de la línea intermedia 300 de la Fig. 2. Avanzando aún más corriente abajo, la extensión lateral permanece sustancialmente constante en la porción 32 curvada central hasta que la curva 31 de salida alcanza el nivel 315 del tubo de salida. La curva 31 de salida realiza entonces un giro brusco, mientras que la extensión lateral continuamente disminuye hacia la extensión lateral del tubo de salida. La sección transversal de la porción curvada puede ser sustancialmente ovalada, sin embargo, puede estar provista de una proyección 321 o de un saliente como se describe en la Fig. 6. La porción 3 curvada es simétrica con respecto al plano de curvatura indicado por la línea 600.

Así, un fluido fluye por dentro de la curva de entrada de la porción curvada de manera más bien suave, pero está siendo preparada para la curva de salida y para la curva más abrupta dispuesta en ese punto. Por tanto, se puede impedir la separación del flujo, especialmente la separación del flujo temprano, o puede posponerse o impedirse la separación del flujo.

La **Fig. 4** es un dibujo esquemático de una forma de realización de un tubo de escape de acuerdo con la invención con un radio 41 de curvatura para la curva 30 de entrada y un radio 42 de curvatura para la curva 31 de salida. Un radio 42 de la curva de salida se corresponde con el radio de curvatura más pequeño. La línea 500 de separación de nuevo indica la transición entre los tubos 1, 2 de entrada y salida y la porción 3 curvada. La línea 500 de separación de nuevo está dispuesto en perpendicular a la línea 4 neutral y cruza la parte de entrada del tubo de escape en la posición en la que comienza a curvarse el tubo de escape. Debido a la sección 35 recta dispuesta en la curva 31 de

salida (descrita más adelante) la curva de salida ya ha desarrollado su curvatura completa cuando la línea 500 de separación cruza la parte de salida del tubo de escape.

El radio 41 curvado de la curva 30 de entrada se corresponde con la distancia de la línea 4 neutral (eje geométrico rotacional para un tubo circular) del tubo 1 de entrada y del eje geométrico 350 intermedio. La porción 3 curvada comprende una sección 34 recta, que está dispuesta en la porción 32 curvada central adyacente a la curva 30 de salida. La sección 34 recta formar parte de la curva 31 de salida. La curva 31 de salida comprende una sección 36 con un radio 42 curvado de salida, más pequeño que el radio 41 curvado de la curva 30 de entrada. La curva de salida comprende también una sección 35 sustancialmente recta dispuesta en posición adyacente a la porción 36 curvada y directamente corriente arriba de la línea 500 de separación, esto es, adyacente al tubo 2 de salida en una dirección corriente arriba.

La forma de realización de la Fig. 4 se desarrolla con un eje geométrico 350 intermedio que separa la curva de entrada y la curva de salida. Sin embargo, también puede desarrollarse una forma de realización con un radio 41 de curvatura de entrada y un radio 42 de curvatura de salida, donde la curva de entrada y la curva de salida estén separados por la línea media 300, que no resulta desplazada hacia el lado de salida del tubo de escape como el eje geométrico 350 intermedio.

Las **Fig. 5 y Fig. 6** muestran la periferia externa de una sección transversal a través de una curva 31 de salida y a través de una curva 30 de entrada, por ejemplo de la forma de realización mostrada en la Fig. 2. Las secciones transversales son a través de un plano perpendicular a la línea 4 neutral que se extiende desde y por el interior del plano del dibujo.

La sección transversal de la Fig. 5 muestra la forma externa del tubo de escape en una zona corriente abajo de la porción curvada central. Mientras la forma del tubo es genéricamente ovalada, la curva 313 interna comprende una proyección 321. La proyección 321 puede extenderse aproximadamente a mitad de camino hasta el interior de la dirección de la línea neutral o radialmente hacia dentro, respectivamente. La proyección 321 también se extiende hasta ambos lados hasta el interior de la dirección lateral, lateral con respecto al plano 600 de curvatura. A lo largo de determinada extensión del tubo de escape en la porción curvada central de la curva de salida, el diámetro 303 de la curva de salida puede ser aproximadamente la mitad de la extensión 304 lateral de la curva de salida, como se muestra en la Fig. 5.

La sección transversal de la Fig. 6 muestra la forma externa del tubo de escape en una zona corriente arriba de la curva de entrada, la curva 310 externa comprende un saliente 320. El saliente 320 puede extenderse como una nervio a lo largo del tubo desde sustancialmente el extremo corriente arriba del tubo de entrada hasta el interior de la dirección de la línea media o del eje geométrico intermedio, respectivamente. La vista 320 se extiende también por dentro de una dirección lateral, lateral con respecto al plano 600 de curvatura.

Las secciones transversales mostradas en las Fig. 5 y Fig. 6 son simétricas con respecto al plano 600 de curvatura.

En la **Fig. 7** se muestra un tubo de escape, en el que la porción 3 curvada que desarrolla un ángulo de 135 grados está dispuesta entre el tubo 1 de entrada y el tubo 2 de salida. La curva 30 de entrada y la curva 31 de salida están separadas por el eje geométrico 350 intermedio que es paralelo a la línea intermedia 300 pero que de nuevo es desplazada hacia la zona corriente abajo del tubo de escape. Las líneas 550 de separación indican el inicio y el final de la porción curvada. La curva 30 de entrada presenta un radio 41 de curvatura mayor que el radio 42 de la curva de salida. Una proyección 321 está dispuesta corriente abajo de la línea intermedia 300.

En la **Fig. 8** se trazan parámetros curvados, como por ejemplo el radio R curvado, el diámetro d, la sección S transversal, y las relaciones R/d para una forma de realización de un tubo de escape, que desarrolla, de modo preferente, un giro en U, por ejemplo de una forma de realización similar a la mostrada en la Fig. 2. Todos los parámetros son medidos en el plano de curvatura y pueden variar para la porción curvada situada por fuera del plano de curvatura. A lo largo del eje geométrico 7 de fondo se indican valores para la porción curvada de 0 por ciento de un ángulo curvado hasta un 100 por ciento de un ángulo curvado, esto es, desde la entrada de la curva de entrada hasta la salida de la curva de salida. Las curvas trazadas están a escala o normalizadas respecto de los valores d0 (diámetro), S0 (sección transversal), R0 (radio) del tubo de entrada antes del inicio de la porción curvada. La curva 5 representa la sección transversal y la curva 6 representa el diámetro de la porción curvada en el plano de curvatura. El diámetro 60 más pequeño en el plano de curvatura sustancialmente coincide con la sección 50 transversal mayor del mismo emplazamiento en la porción curvada. Ello resulta favorable, en cuanto el diámetro pequeño y el diámetro de mayor tamaño ofrecen efectos positivos sobre la atenuación de los sonidos de baja frecuencia y al ruido del flujo. El diámetro 60 más pequeño y la sección 50 transversal de mayor tamaño están básicamente dispuestas en aproximadamente un 50 por ciento del ángulo de curvatura. El diámetro 60 más pequeño es un valor más localizado de alrededor de un 50 por ciento del ángulo curvado en comparación con la sección transversal de mayor tamaño. La sección transversal de mayor tamaño se extiende desde aproximadamente un 20 hasta aproximadamente un 30 por ciento del ángulo de curvatura alrededor de la mitad de la curvatura, esto es, alrededor del 50 por ciento. La sección 50 transversal de mayor tamaño, o su centro, está dispuesta en un pequeño porcentaje antes, esto es, de la corriente abajo del 40 por ciento de la posición de la curva, por ejemplo, alrededor de un 45 por ciento. Las curvas del diámetro 6 y de la sección 5 transversal no son simétricas con respecto a la

parte media de la curvatura en un 50 por ciento. La sección transversal crece más rápidamente hacia el 50 por ciento, esto es, en la curva de entrada y disminuye posteriormente en la curva de salida, por ejemplo, solo después de un 60 por ciento del ángulo de curvatura. El diámetro 6 disminuye más progresivamente en la curva de entrada con respecto al 50 por ciento y disminuye en la curva de salida justo después del 50 por ciento del ángulo de curvatura.

La curva 4 indica los radios de curvatura locales de la porción curvada. En general, la curva de salida presenta unos radios de curvatura menores que la curva de entrada. Especialmente, el radio 40 de curvatura más pequeño es desplazado con respecto a la curva de salida, esto es, hasta una zona de > un 50 por ciento hasta una zona entre aproximadamente un 55 por ciento y aproximadamente un 65 por ciento del ángulo de curvatura. Los radios de curvatura mayores de la curva de entrada están dispuestos de entre alrededor de un 5 y un 35 por ciento del ángulo curvado.

También se representa en el diagrama una curva 8 para la relación R/d para una forma de realización de la porción curvada de acuerdo con la invención. La curva 8 principalmente sigue la curva 4 para los radios curvados. Esto es, la curva de entrada presenta como media unas relaciones R/d mayores que la curva de salida. Las relaciones R/d mayores de 1,5 localmente también hasta 12, están presentes en la curva de entrada. Unas secciones más extendidas de la curva de salida presentan una relación R/d de menos de 1,5 incluso menores de 1, localmente aproximadamente un 0,5. La sección con una relación R/d menor de 1,5 se extiende desde aproximadamente un 53 por ciento hasta aproximadamente un 75 por ciento del ángulo de curvatura. Una R/d menor de 1 completamente se sitúa en la porción curvada central de la curva de salida desde aproximadamente un 55 por ciento hasta aproximadamente un 70 por ciento del ángulo de curvatura.

Las diferencias más significativas del comportamiento del radio 4 de curvatura o también del diámetro 6 en la relación 8 R/d se producen en la porción curvada central. Una diferencia significativa entre el comportamiento del radio 4 de curvatura y la relación 8 R/d puede apreciarse aproximadamente en un 30 por ciento y un 60 por ciento del ángulo de curvatura. Especialmente, en una zona en aproximadamente un 40 por ciento, el radio de curvatura ya disminuye hasta su valor 40 mínimo en alrededor de un 60 por ciento, mientras que la relación /R sigue siendo mayor que un 1,5 hasta un 50 por ciento del ángulo de curvatura. Así se alcanza un diámetro antes de que se alcance un mínimo del radio de curvatura lo que conlleva unas pendientes diferentes entre la curva 4 para los radios de curvatura y la curva 8 para la relación R/d.

REIVINDICACIONES

1.- Tubo de escape que comprende un tubo (1) de entrada, un tubo (2) de salida y una porción (3) curvada dispuesta entre el tubo de entrada y el tubo de salida,

comprendiendo la porción curvada una curva (30) de entrada y una curva (31) de salida, en el que una porción (32) curvada central es una sección intermedia de la curva de entrada y de la curva de salida y en el que la curva de entrada y la curva de salida cubren un 50 por ciento del ángulo de curvatura total cubierto por la porción (3) curvada,

caracterizado porque un diámetro (60) más pequeño de la porción curvada medido en el plano (600) de curvatura está dispuesto en la porción (32) curvada central, y **porque** un radio (R) de curvatura de la porción (3) curvada varía a lo largo de la porción curvada de forma que un radio (41) de curvatura de la curva (30) de entrada es mayor que el radio (42) de curvatura de la curva (31) de salida.

2.- Tubo de escape de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la porción (3) curvada está curvada en un ángulo aproximado entre 160 grados y 200 grados.

3.- Tubo de escape de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que un radio (40) de curvatura más pequeño está dispuesto entre aproximadamente un 50 por ciento y aproximadamente un 85 por ciento de un ángulo de curvatura total de la porción (3) curvada.

4.- Tubo de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que una sección (50) transversal de mayor tamaño de la porción (3) curvada está dispuesta en la porción (32) curvada central.

5.- Tubo de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la porción (31) de salida que incluye la porción (32) curvada central comprende una relación R/d inferior a 1,5, por ejemplo, inferior o igual a 1, siendo d el diámetro del tubo de escape medido en el plano (600) de curvatura.

6.- Tubo de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la porción (3) curvada es simétrico con respecto al plano (600) de curvatura.

7.- Tubo de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la curvatura (312, 313) interna y la curvatura (310, 311) externa de la curva (30) de entrada y de la curva (31) de salida medidas a lo largo del plano (600) de curvatura no son axialmente simétricas entre sí con respecto a una línea media (300) o a un eje geométrico (350) intermedio entre el tubo (1) de entrada y el tubo (2) de salida.

8.- Tubo de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la curva (30) de entrada comprende un saliente (320) en forma de nervio que se extiende a lo largo de una periferia externa de la curva de entrada.

9.- Tubo de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la curva (31) de salida comprende una proyección (321) que se extiende a lo largo de una periferia interna de la porción (32) curvada central.

10.- Tubo de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la curvatura (310, 311) externa de la curva (31) de salida sustancialmente es una prolongación de la línea (110) periférica externa del tubo (2) de salida en una zona corriente abajo de la curva de salida.

11.- Tubo de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la porción (32) curvada central comprende una sección (35) recta.

12.- Tubo de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la curvatura (310, 311) externa de la curva (31) de salida se extiende radialmente sobre una línea (110) periférica externa del tubo (2) de salida.

13.- Tubo de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que un tamaño de la sección (S) transversal varía entre al menos el tubo (1) de entrada, la porción (3) curvada y el tubo (2) de salida.

14.- Sistema de escape que comprende al menos uno de los tubos de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

15.- Uso del tubo de escape de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 en un sistema de escape de un motor de combustión.

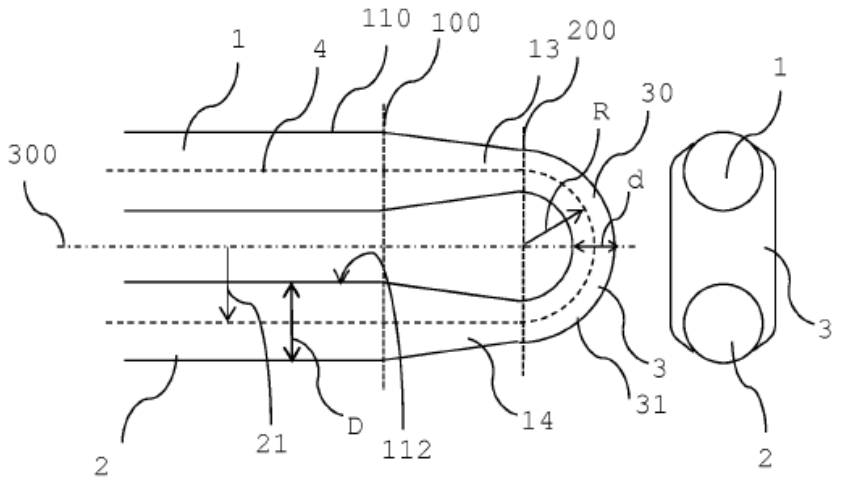
1
4
110
100
13
200
1
R
30
300
d
3
3
31
D
14
21
112
2
2

Fig. 1

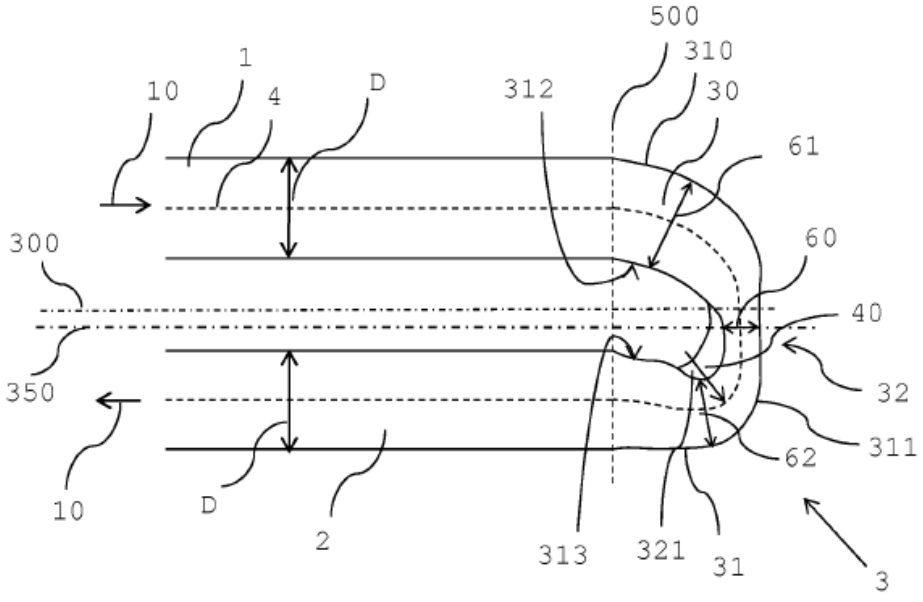
500
310
1
10
4
D
312
30
61
300
60
40
350
32
311
62
10
D
2
313
321
31
3

Fig. 2

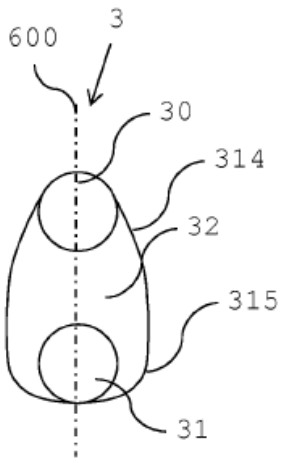

Fig. 3

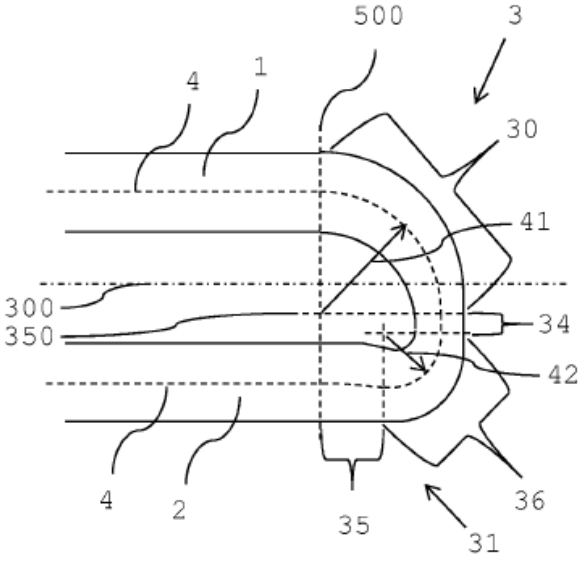

Fig. 4

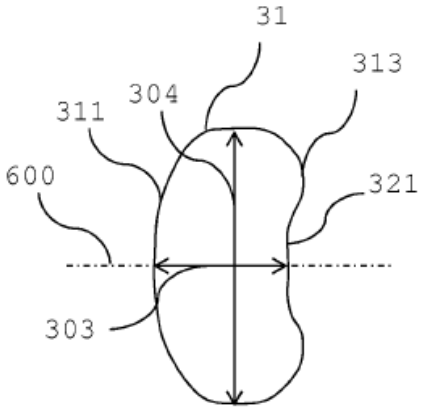

Fig. 5

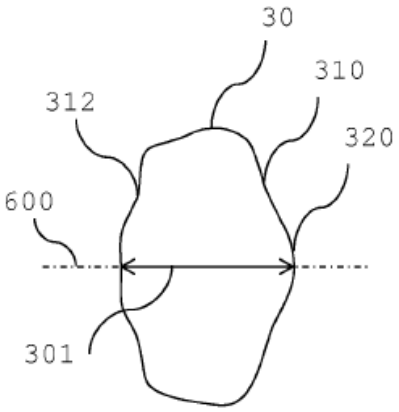

Fig. 6

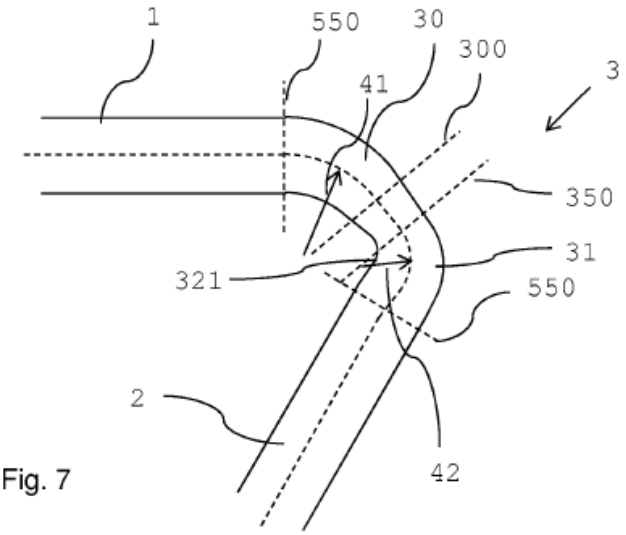
1
550
30
300
41
3
350
31
321
550
2
42

Fig. 7

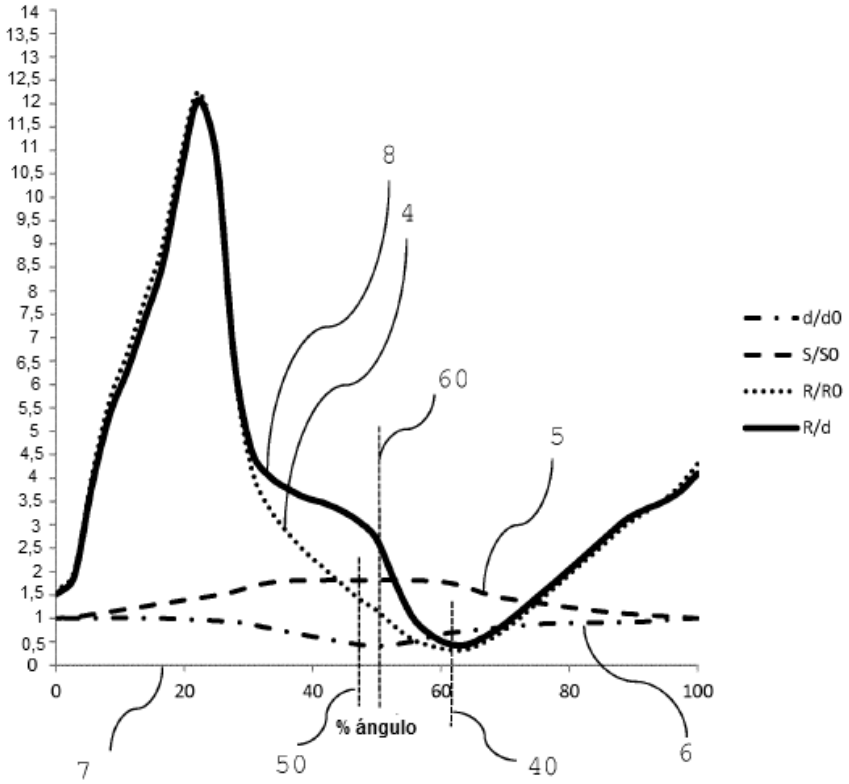
14
13,5
13
12,5
12
11,5
11
10,5
10
9,5
9
8,5
8
7,5
7
6,5
6
5,5
5
4,5
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0
20
40
60
80
100
% ángulo
8
4
60
5
7
50
40
6
d/d0
S/S0
R/R0
R/d

Fig. 8