

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 352**

51 Int. Cl.:

**F01N 1/08** (2006.01)

**F01N 1/00** (2006.01)

**F01N 1/10** (2006.01)

**F01N 13/00** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2016** **E 16161505 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.08.2017** **EP 3073077**

54 Título: **Silenciador para sistema de escape para motor de combustión interna**

30 Prioridad:

**23.03.2015 EP 15160260**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.12.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GOMMANS, LEO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 647 352 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Silenciador para sistema de escape para motor de combustión interna

**Campo de la invención**

La invención se refiere a un silenciador para un sistema de escape de un motor de combustión interna.

**5 Antecedentes**

Los silenciadores son utilizados, en general, como componentes de sistemas de escape de vehículos a motor y, en particular, como componentes de sistemas de escape de automóviles. El silenciador está diseñado para reducir los niveles de ruido generados por el motor de combustión interna. Con este fin, las ondas acústicas se propagan a partir de unas cámaras de resonancia sintonizadas para atenuar el ruido. Como alternativa o adicionalmente un material fibrosa puede estar dispuesto en una o más cámaras del silenciador para atenuar el volumen de la presión acústica. Las cámaras dispuestas dentro del silenciador están formadas por placas seccionadas denominadas pantallas que son insertadas en una envoltura durante el ensamblaje del silenciador. Las pantallas adicionalmente pueden soportar diversos tubos dentro del silenciador, por ejemplo el tubo de entrada y el tubo de salida del silenciador.

10 En general, una cámara de silenciador está limitada por un par de pantallas o entre la pantalla y la cabeza terminal de la envoltura. Un primer tubo puede estar dispuesto para extenderse a través de la placa de pantalla de una pantalla del par y puede incorporar un extremo de descarga que comunica con el interior de la cámara. Un segundo tubo puede extenderse a través de la placa de pantalla de otra pantalla del par por el interior de la cámara y puede incorporar un extremo de salida que también comunica con el interior de la cámara para hacer posible que las ondas de los gases de escape y acústicas salgan de la cámara. En algunas formas de realización de silenciadores, un tubo de flujo perforado puede extenderse completamente a través de la cámara limitado por dos pantallas de la envoltura, haciendo posible que el gas de escape y las ondas acústicas entren y salgan de la cámara a través de estas perforaciones. En otras formas de realización adicionales de los silenciadores, el tubo abductor no está perforado y constituye una derivación de la cámara, de manera que el gas de escape y las ondas acústicas puedan entrar y salir de la cámara derivada o bien a través de los extremos de descarga y de entrada de otros tubos que comunican con el interior de la cámara, o bien a través de las perforaciones dispuestas dentro de las placas de pantalla que limitan esta cámara.

15 Durante el ensamblaje del silenciador, las pantallas son insertadas dentro de la envoltura mediante un proceso denominado de "empaquetado". Las pantallas no solo comprenden las placas de pantalla sino que también comprenden un borde incurvado denominado "labio de pantalla" el cual, tras ser empaquetado dentro de la envoltura está en contacto de deslizamiento de fricción con la envoltura.

20 Como es evidente, las pantallas desempeñan diferentes funciones. En primer lugar, las pantallas dividen el silenciador en compartimentos acústicos. Las pantallas pueden adicionalmente contener orificios que creen una conexión acústica entre los compartimentos acústicos. En segundo lugar, las pantallas soportan los tubos. En tercer lugar, las pantallas, hasta cierto punto, desacoplan los elementos dispuestos en el interior del silenciador y de la envoltura con respecto a la expansión térmica proporcionando un contacto de deslizamiento entre los elementos interiores del silenciador y su carcasa.

25 Durante el empaquetado en el ensamblaje del silenciador así como tras la expansión o contracción térmicas en operación, son ejercidas unas fuerzas de fricción sobre el labio de pantalla. Estas fuerzas de fricción pueden aumentar debido al "agarre del borde de pantalla" (el borde de los "anclajes" de pantalla por dentro de la pared interna de la envoltura). El agarre del borde de pantalla puede conducir a unas propiedades de deslizamiento diferentes del borde de pantalla en las dos direcciones opuestas a lo largo de la pared interna de la envoltura y es una consecuencia del proceso de fabricación de las pantallas (incluyendo el estampado y el corte de chapas metálicas lo que se traduce en la recuperación elástica de las puntas del labio de pantalla). Este proceso de fabricación de las pantallas conduce a unas puntas de labio de pantalla que se incurvan hacia fuera en dirección a la pared interna de la envoltura del silenciador.

El documento DE 1 299 648 divulga un silenciador para gases que incorporan diversas pantallas transversales, estando las pantallas externas perforadas, comprendiendo las pantallas una placa de pantalla con un labio de pantalla que encaja con la pared interna de la envoltura dispuesta en la circunferencia de la placa de pantalla.

30 El documento US 4,858,722 divulga un kit de silenciador para su fijación a un silenciador existente que comprende un silenciador autónomo que se fija al sistema de escape de salida. La envoltura del silenciador de este silenciador autónomo está diseñada como una envoltura de dos partes que se ensambla en la dirección axial, emparedando de esta manera la costura de la placa de pantalla entre la pared externa de la primera parte de la carcasa y la pared interna de la segunda parte de la carcasa.

35 Las puntas de labio de pantalla incurvadas hacia fuera descritas anteriormente tienen también un impacto negativo sobre el desplazamiento de "stick and slip" de la pantalla. El desplazamiento de stick and slip de la pantalla

típicamente se produce durante el calentamiento del silenciador durante su operación, o durante el enfriamiento del silenciador después de su operación y genera el ruido conocido de "tick and ping".

5 Las fuerzas de fricción pueden traducirse en la incurvación de la placa de pantalla. Por consiguiente, la reducción del grosor de pared de la pantalla (y un ahorro de peso asociado) es solo muy limitado, dado que una reducción adicional del grosor de la pared de la pantalla incrementaría la tendencia de la placa de pantalla a doblarse debido a la rigidez reducida de la placa de pantalla lo que puede provocar problemas relacionados con el empaquetado de la placa de pantalla dentro de la envoltura del silenciador durante el ensamblaje del silenciador y el que puede también crear una pérdida de la función del silenciador debido al ciclado térmico.

### **Sumario de la invención**

10 Es, por tanto, un objeto de la presente invención proporcionar un nuevo silenciador para un sistema de escape de un motor de combustión interna que resuelva los problemas antes descritos. El silenciador de acuerdo con la invención está especialmente indicado como silenciador de automóviles o como silenciador de camiones.

15 Con el fin de superar estos problemas, la presente invención propone un dispositivo según se especifica en las características de la reivindicación independiente. Formas de realización del dispositivo de acuerdo con la invención son la materia objeto de las reivindicaciones dependientes.

20 El silenciador para un sistema de escape de un motor de combustión interna de acuerdo con la invención comprende una carcasa que comprende una envoltura que presenta una pared interna, un tubo de entrada y un tubo de salida. El tubo de entrada y el tubo de salida se extienden por dentro del espacio interno de la carcasa, para transportar un flujo de gas de escape dentro y fuera del espacio interno de la carcasa. Al menos una pantalla está dispuesta en el espacio interno de la carcasa y está fabricada a partir de al menos una chapa metálica. La pantalla comprende una placa de pantalla con una circunferencia, una porción de conexión curvada y un labio de pantalla dispuesto en la circunferencia de la placa de pantalla. El labio de pantalla está conectado a la placa de pantalla por medio de una porción de conexión curvada y el labio de pantalla encaja con la pared interna de la envoltura y presenta una porción terminal. La porción terminal del labio de pantalla está curvado hacia dentro a distancia de la pared interna de la envoltura y la porción terminal curvada hacia dentro del labio de pantalla presenta una punta. El labio de pantalla presenta una porción de contacto que está en contacto con la pared interna de la envoltura, estando la porción de contacto dispuesta entre la porción de conexión curvada y la porción terminal curvada hacia dentro del labio de pantalla. La porción terminal curvada hacia dentro presenta un ángulo de curvatura que varía a lo largo de la circunferencia de la placa de pantalla. El ángulo de curvatura está formado entre una tangente con una cara de la chapa metálica de la porción de contacto que encaja con la pared interna de la envoltura y una tangente con la porción terminal curvada hacia dentro del labio de pantalla en la punta de la porción terminal curvada hacia dentro sobre la misma cara de chapa metálica que está en contacto con la pared interna de la envoltura en la porción de contacto.

La punta del labio de pantalla es el extremo distal terminal del labio de pantalla.

35 De acuerdo con un aspecto de la invención del silenciador, la porción de contacto presenta una longitud de la porción de contacto, en la que la longitud de la porción de contacto varía a lo largo de la circunferencia de la placa de pantalla.

La longitud de la porción de contacto es la longitud entre la porción de conexión curvada y la porción terminal curvada hacia dentro del labio de pantalla.

40 En otro aspecto de la invención, el labio de pantalla presenta una longitud desarrollada que va desde la porción de conexión curvada hasta la punta de la porción terminal curvada hacia dentro del labio de pantalla y la variación de la longitud desarrollada es inferior a 10 mm, particularmente inferior a 5 mm, muy particularmente inferior a 2 mm, alrededor de la circunferencia de la placa de pantalla. La longitud desarrollada del labio de pantalla es la longitud total del labio de pantalla desde la placa de pantalla hasta la punta del labio de pantalla a lo largo de la chapa metálica, que es la longitud de un correspondiente material recto plano para formar el labio de pantalla. Por tanto, la longitud desarrollada presenta al menos un mínimo y al menos un máximo y la variación entre el mínimo y el máximo de la longitud desarrollada es inferior a 10 mm, en particular inferior a 5 mm, muy particularmente 2 mm.

50 De acuerdo con otro aspecto de la invención, la longitud desarrollada del labio de pantalla es constante alrededor de la circunferencia de la placa de pantalla. Por consiguiente, la longitud desarrollada del labio de pantalla es idéntico en cada emplazamiento alrededor de la circunferencia de la placa de pantalla y no varía.

De acuerdo con otro aspecto adicional de la invención, el ángulo de curvatura de la porción terminal curvada hacia dentro se reduce con el radio de incurvación de la porción de contacto decreciente a lo largo de la circunferencia de la placa de pantalla.

55 De acuerdo con otro aspecto adicional de la invención, la longitud de la porción de contacto del labio de pantalla se reduce con el ángulo de curvatura creciente de la porción terminal curvada hacia dentro.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, la porción terminal curvada hacia dentro del lado de pantalla se puede describir por al menos un círculo osculador que presenta un radio de curvatura correspondiente a la curvatura de la porción terminal curvada hacia dentro en un emplazamiento sobre la porción terminal curvada y en el que el radio de curvatura del al menos un círculo osculador varía a lo largo de la circunferencia de la placa de pantalla. En particular, la porción terminal curvada hacia dentro puede describir un arco de un círculo. Como alternativa, el radio de curvatura del al menos un círculo osculador correspondiente a la curvatura de la porción terminal curvada hacia dentro varía a lo largo de la circunferencia de la placa de pantalla a lo largo al menos de un plano paralelo a la placa de pantalla.

También de acuerdo con otro aspecto de la invención, la porción de conexión curvada se puede describir por al menos un círculo osculador que presenta un radio de curvatura correspondiente a la curvatura de la porción de conexión curvada en un emplazamiento sobre la porción de conexión curvada, en el que el radio de curvatura del al menos un círculo osculador varía a lo largo de la circunferencia de la placa de pantalla. En particular, la porción de conexión curvada describe un arco de un círculo. Como alternativa, el radio de curvatura del al menos un círculo osculador correspondiente a la porción de conexión curvada varía a lo largo de la circunferencia de la placa de pantalla a lo largo de al menos un plano paralelo a la placa de pantalla.

En otro aspecto de la invención, la porción de contacto del labio de pantalla tiene una longitud de hasta 1 mm, de modo preferente entre 5 mm y 10 mm.

En otro aspecto de la presente invención, la placa de pantalla comprende además unas secciones rigidizantes por ejemplo una moldura, una indentación o una nervadura. La sección rigidizante puede presentar la forma de una moldura saliente en la misma dirección que el labio de pantalla. La moldura, como alternativa, puede también sobresalir en la dirección opuesta del labio de pantalla. Las secciones rigidizantes pueden tener forma lineal o forma transversal a modo de una nervadura o pueden ser indentaciones o dientes conformadas de manera irregular.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, al menos una placa de pantalla incorpora unas perforaciones.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, la al menos una placa de pantalla presenta al menos un orificio, recibiendo el al menos un orificio el tubo de entrada o el tubo de salida.

De acuerdo con otro aspecto, la pantalla comprende un primero y un segundo elementos de pantalla, comprendiendo cada uno de los primero y segundo elementos de pantalla un elemento de placa de pantalla que tiene una circunferencia respectiva y el elemento de placa de pantalla del primer elemento de pantalla se sitúa adyacente al elemento de placa de pantalla del segundo elemento de pantalla, presentando cada elemento de placa de pantalla un elemento de labio de pantalla dispuesto en la circunferencia de cada elemento de placa de pantalla respectivo, cada elemento de labio de pantalla encaja con la pared interna de la envoltura y presenta un elemento de porción terminal, en el que el elemento de porción terminal de cada elemento de labio de pantalla está curvado hacia dentro a distancia de la pared interna de la envoltura. El elemento de labio de pantalla del elemento de placa de pantalla del primer elemento de pantalla está también dispuesto en dirección opuesta al segundo elemento de labio de pantalla, estando formado el elemento de placa de pantalla del segundo elemento de pantalla con respecto al plano mediante los elementos de placa de pantalla.

En particular, la porción terminal curvada hacia dentro del labio de pantalla en cada punto curvado puede describirse por un círculo osculador cuya curvatura varíe a lo largo de la porción terminal curvada hacia dentro. En caso de que el radio de curvatura no varíe a lo largo de la porción terminal curvada hacia dentro, la porción terminal curvada hacia dentro describe un arco de un círculo. En caso de que la porción terminal curvada hacia dentro describa una elipse, por ejemplo, o cualquier otra forma que se desvíe de un arco de un círculo, el radio de curvatura no varía a lo largo de la porción terminal curvada hacia dentro del labio de pantalla.

El círculo osculador en un punto determinado sobre una porción terminal curvada hacia dentro del lado de pantalla se puede definir como el círculo que pasa a través de este punto y por un par de puntos adicionales sobre la porción terminal curvada hacia dentro infinitesimalmente próximos al primer punto. El centro del círculo osculador se sitúa sobre la línea normal interna, y su curvatura es la misma que la de la porción terminal curvada hacia dentro determinada en ese punto.

En particular, la al menos una pantalla está fabricada a partir de al menos una chapa metálica, en particular, la pantalla está fabricada a partir de dos o más chapas metálicas, y la pantalla presenta un grosor total  $t$  de hasta 2 mm, en particular un grosor total de hasta 1,5 mm, más concretamente un grosor total de hasta 1,2 mm y, de forma muy especial, un grosor total de hasta 0,8 mm. La pantalla puede especialmente tener un grosor total de al menos 0,1 mm, concretamente un grosor total de al menos 0,2 mm y, de forma muy particular, un grosor total de al menos 0,4 mm. El grosor total  $t$  de la pantalla se define en la presente solicitud como la suma de los grosores de la al menos una chapa metálica a partir de la cual es fabricada la pantalla, en particular la suma de los grosores de dos o más chapas metálicas a partir de las cuales la pantalla es fabricada. Si solo se utiliza una chapa metálica, el grosor total  $t$  de la pantalla es el grosor de la chapa metálica.

La punta de la porción terminal curvada hacia dentro del labio de pantalla está particularmente dispuesta en una distancia  $d$  desde la pared interna de la envoltura, siendo la distancia  $d$  de la pantalla al menos 0,5 veces el grosor total  $t$  de la pantalla. La distancia  $d$  puede ser constante o puede variar a lo largo de la circunferencia de la pantalla.

5 La porción terminal del labio de pantalla puede estar curvada para adoptar la forma de un arco de un círculo con un radio  $R$  que oscile entre 1 veces el grosor total  $t$  a 10 veces el grosor total  $t$  de la pantalla, de modo preferente 2 veces el grosor total  $t$  hasta 5 veces el grosor total  $t$  de la pantalla.

10 En particular, la porción terminal curvada del labio de pantalla que tiene la forma de un arco o un círculo puede subtender un ángulo  $\theta$  de hasta  $322^\circ$  con el centro del arco del círculo. El ángulo  $\theta_{\max}$  es el ángulo máximo de la curvatura del labio de pantalla obtenido cuando la punta de la porción terminal curvada del labio de pantalla contacta con el labio de pantalla.

15 La porción de conexión curvada a través de la cual el labio de pantalla se conecta con la placa de pantalla puede tener la forma de un arco de un círculo con un radio  $R'$  del orden de 1 veces el grosor total  $t$  a 10 veces el grosor total  $t$  de la pantalla, de modo preferente, 2 veces el grosor total  $t$  hasta 5 veces el grosor total  $t$  de la pantalla. En particular, la porción de conexión curvada tiene la forma de un arco de un círculo que subtiende un arco  $\theta'$  de  $90^\circ$  con el centro del arco del círculo.

Cualquier aspecto anterior puede también igualmente aplicarse a esta pantalla adicional concretamente sin explicitar de nuevo todos los aspectos.

20 La geometría del extremo del labio de pantalla de acuerdo con la presente invención evita el agarre de la pantalla dentro de la pared interna de la carcasa del silenciador y mejora el contacto deslizante entre las pantallas y la envoltura de la carcasa del silenciador. La fuerza de fricción estática se reduce, reduciendo con ello el fenómeno de stick and sllip cuando la pantalla se dispone en tensión para en último término terminar deslizándose durante el proceso de empaquetado o durante el calentamiento o el enfriamiento del silenciador a fuerzas más bajas aplicadas sobre la pantalla. La tensión reducida reduce las fuerzas aplicadas a la pantalla y, por tanto, reduce el riesgo de incurvación de la pantalla. Así mismo, la geometría del labio de pantalla de acuerdo con la presente invención hace  
25 posible la introducción de la pantalla en la carcasa del silenciador en una u otra dirección durante el proceso de empaquetado. Así mismo, la porción terminal curvada de la punta de pantalla incrementa la rigidez de la pantalla.

30 Las geometrías variables del labio de pantalla permite una sintonización precisa de las propiedades de la pantalla, por ejemplo con respecto a la rigidez de la placa de pantalla, y al mismo tiempo reduce la cantidad de material requerido (chapa metálica) para formar dicha pantalla optimizada. Esta optimización ofrece, así mismo, un impacto beneficioso sobre el peso del silenciador, en el que otras pantallas están dispuestas contribuyendo aún más a la fabricación de silenciadores de peso ligero.

El ángulo de curvatura de la porción terminal curvada hacia dentro a lo largo de la circunferencia de la placa de pantalla puede modificarse cuando sea necesario para conseguir la rigidez óptima del peso reducido de la pantalla.

35 El ángulo de curvatura de la porción curvada hacia dentro a lo largo de la circunferencia de la placa de pantalla puede modificarse al tiempo que se reduce o incrementa la longitud de la porción de contacto dependiendo de la presión de contacto de la envoltura del silenciador sobre la pantalla lo que conduce a la necesidad de una determinada longitud de la porción de contacto para la compensación de la presión de contacto aplicada. Por ejemplo, la presión de contacto de la envoltura del silenciador sobre la pantalla es genéricamente más elevada en las esquinas del silenciador, en las que la envoltura del silenciador presenta un radio de curvatura de la porción de  
40 contacto más pequeño, que en las porciones intermedias planas entre las esquinas del silenciador, en las que la envoltura del silenciador presenta una radio de curvatura de la porción de contacto mayor que en las esquinas. Por tanto, la optimización de la longitud de la porción de contacto simultáneamente con el ángulo de curvatura de la porción terminal curvada hacia dentro del labio de pantalla, permite compensar la presión de contacto (esfuerzo de presión) alrededor de la circunferencia de la placa de pantalla potenciando al tiempo la rigidez de la pantalla con un  
45 peso reducido.

En particular, cuando la longitud desarrollada del labio de pantalla es mantenida constante o al menos sustancialmente constante alrededor de la circunferencia de la placa de pantalla a pesar de las variaciones de la geometría, la rigidez de la pantalla puede ser sintonizada con precisión manteniendo al tiempo constante o sustancialmente constante el peso de la pantalla.

50 Utilizando varias chapas metálicas en la pantalla, la fricción entre las tapas metálicas incrementa aún más la amortiguación de las vibraciones dentro del silenciador. La presente invención permite también el uso de pantallas cuyo labio de pantalla no tenga ninguna porción de contacto con la pared interna de la envoltura. En general, la presente invención ofrece la ventaja de mantener un contacto satisfactorio entre la pantalla y la carcasa, reduciendo el ruido debido al deslizamiento y potencia la durabilidad mecánica del silenciador, haciendo posible la utilización de  
55 unos grosores  $t$  más delgados de las pantallas.

**Breve descripción de los dibujos**

- La FIG. 1 es una vista en sección vertical de una forma de realización de un silenciador de acuerdo con la presente invención.
- 5 La FIG. 2 es una vista en sección vertical de un silenciador que muestra unas fuerzas de empuje / tracción y fricción.
- La FIG. 3 es una vista en sección vertical de una pantalla estándar que ilustra la deformación de pantalla debida a las fuerzas de fricción.
- La FIG. 4 es una vista en sección de una parte de una pantalla de un silenciador de acuerdo con la presente invención;
- 10 La FIG. 5 es una vista en sección de una parte de una pantalla de un silenciador de acuerdo con la presente invención que muestra un extremo de labio de pantalla con una curvatura mínima;
- La FIG. 6 es una vista en sección de una parte de una pantalla de un silenciador de acuerdo con la presente invención que muestra un extremo de labio de pantalla con un ángulo de curvatura  $\theta$  de 90°;
- 15 La FIG. 7 es una vista en sección de una parte de una pantalla de un silenciador de acuerdo con la presente invención que muestra un extremo de labio de pantalla con un ángulo de curvatura  $\theta$  de 180°;
- La FIG. 8 es una vista en sección de una parte de una pantalla de un silenciador de acuerdo con la presente invención que muestra un extremo de labio de pantalla con una curvatura máxima;
- La FIG. 9 es una vista en sección vertical de parte de una pantalla de acuerdo con una forma de realización de la presente invención sin moldura rigidizante.
- 20 La FIG. 10 es una vista en sección vertical de parte de una pantalla de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención con una moldura rigidizante.
- La FIG. 11 es una vista en sección vertical de parte de dos elementos de pantalla que forman una pantalla de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención.
- La FIG. 12 es una vista de una pantalla perforada de un silenciador de acuerdo con la presente invención.
- 25 La FIG. 13 es una vista esquemática de una pantalla de un silenciador de acuerdo con la presente invención que muestra un extremo de labio de pantalla con unos ángulos de curvatura variables;
- La FIG. 14 es una vista de una pantalla de acuerdo con un silenciador de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;
- La FIG. 15 es una vista en sección de la pantalla de acuerdo con la FIG. 14;
- 30 La FIG. 16 es otra vista en sección de la pantalla de acuerdo con la FIG. 14.

**Descripción detallada de formas de realización**

35 Como se muestra en la FIG. 1, un silenciador incluye una carcasa 1 que comprende una envoltura 11 que presenta una pared 12 interna y que recibe un tubo 2 de entrada y un tubo 3 de salida extendiéndose ambos por dentro de un espacio interno formado por la carcasa 1. Un espacio 13 interno está delimitado por la envoltura 11 y por las tapas 7 terminales de la carcasa. Las tapas 7 de la carcasa cierran herméticamente la carcasa 1 y comprenden, en términos generales, un orificio para recibir el tubo 2 de entrada y / o el tubo 3 de salida.

El tubo 2 de entrada conduce el flujo de gas de escape desde un escape de un motor de combustión interna hasta el interior del espacio 13 interno de la carcasa 1 y el tubo 3 de salida conduce el flujo de gas de escape fuera del espacio 13 interno de la carcasa 1.

40 Como se muestra en la FIG. 1, el silenciador presenta tres pantallas 4, 5, 6 dispuestas a una distancia definida unas de otras dentro de la carcasa 1 del espacio 13 interno del silenciador 1. Las placas 4, 5, 6 de pantalla comprenden cada una una placa de pantalla y un labio de pantalla dispuesto en la circunferencia de la respectiva placa de pantalla, lo que se analizará a continuación con respecto a la pantalla 4 que comprende una placa 41 de pantalla y un labio 42 de pantalla. El labio 42 de pantalla presenta una porción 43 terminal que está curvada hacia dentro a distancia de la pared 12 interna de la envoltura 11. Debido a la escala de la FIG. 1, la porción 43 terminal curvada hacia dentro de acuerdo con la presente invención no es visible en las figuras.

45 Cada pantalla 4, 5 recibe el tubo 2 de entrada así como el tubo 3 de salida que se extiende a través de las respectivas pantallas 4, 5 mientras que la pantalla 6 solo recibe el tubo 2 de entrada. En otra forma de realización, los tubos de entrada y salida pueden extenderse entre las placas 4, 5 de pantalla, o 5 y 6, respectivamente.

En la forma de realización concreta, en la que el tubo 3 se extiende a través de dos pantallas 4 y 5, la pantalla 4 presenta un orificio para recibir el tubo 3 de salida y la pantalla 5 presenta dos orificios para recibir tanto el tubo 2 de entrada como el tubo 3 de salida.

5 Como se puede apreciar en la FIG. 1, el tubo 2 de entrada y el tubo 3 de salida pueden estar perforados a lo largo de las secciones 21 y 31 definidas para la sintonización específica del efecto de atenuación del sonido del silenciador.

En particular, la sección 21 perforada del tubo 2 de entrada comunica con el interior de la cámara formada por la tapa 7 terminal que recibe el tubo 2 de entrada y una pantalla 6 que también recibe el tubo 2 de entrada. La cámara 14 se llena con fibras de lana de vidrio.

10 Las pantallas 4, 5 y 6 pueden estar fabricadas a partir de al menos una chapa metálica, en particular de acero, en particular de acero inoxidable. Las pantallas 4, 5 y 6 se pueden obtener utilizando dos o más chapas metálicas, por ejemplo superponiendo dos o más chapas metálicas y estampando las chapas metálicas superpuestas para formar la pantalla 4, 5, 6 deseada. La fricción entre las diversas chapas metálicas incrementa aún más la amortiguación de las vibraciones dentro del silenciador.

15 En formas de realización preferentes, los tubos 2 y 3 de entrada y salida pueden tener un diámetro entre 30 mm y 130 mm y pueden estar fabricados en acero, particularmente acero inoxidable.

20 La FIG. 2 ilustra una representación esquemática de las fuerzas ejercidas sobre la pantalla 4 provocadas por la expansión térmica durante el calentamiento del silenciador. La fuerza 401 de fricción en la circunferencia de la placa 41 de pantalla deriva del contacto deslizante de la pantalla 4 y de la carcasa 11 y juega un papel en la deformación de la pantalla 4 y / o en un posible daño a la pantalla 4 y / o a la carcasa 11 del silenciador. La deformación de la pantalla 4 está provocada por el par 401 y 402 de fuerzas que se producen durante la expansión térmica o la contracción térmica durante o después de la operación. En la FIG. 2, la pantalla 4 presenta además unas indentaciones 49 que rigidizan la pantalla para potenciar en mayor medida la rigidez de la pantalla 4.

25 La FIG. 3 ilustra el impacto directo de los pares 401 y 402 de fuerzas sobre la deformación de la pantalla de acuerdo con la técnica anterior. A medida que las fuerzas 401 y 402 aumentan debido a la aparición de diversos fenómenos, la placa de pantalla tiende a incurvarse (deformarse) bajo la influencia del par 401 y 402 de fuerzas. Una forma de reducir la deformación de la pantalla y, en último término, de evitar daños irreversibles a la pantalla y al silenciador es incrementar la rigidez de la pantalla utilizando una chapa metálica con un grosor  $t$  incrementado lo que por tanto se traduce en un peso total más elevado del silenciador. Otra forma de reducir la deformación de la pantalla y de los daños irreversibles a la pantalla es disminuyendo la fuerza de fricción ejercida sobre la pantalla incrementando la circunferencia de la carcasa y, de esta manera, las pantallas se acoplan de manera más holgada dentro de la carcasa. Sin embargo, este procedimiento no garantiza en todo momento el contacto entre la pantalla y la carcasa, aumentando el riesgo de radiación de ruido por la carcasa, más concretamente, el ruido de golpeteo y en último término provocando daños irreversibles al silenciador.

35 Al contrario que la pantalla de acuerdo con la técnica anterior, la pantalla 4 de acuerdo con la presente invención reduce las fuerzas ejercidas sobre la pantalla 4. En teoría, la fuerza 401 de fricción ejercida sobre la pantalla 4 es muy baja y la placa 41 de pantalla no se incurva o deforma incluso con un grosor  $t$  total bajo de la pantalla 4.

40 La fuerza 401 de fricción resulta enérgicamente afectada por la geometría del labio 42 de pantalla y por el agarre potencial de la punta 44 del labio 42 de pantalla dentro de la pared 12 interna de la envoltura 11 de la carcasa 1 del silenciador. La geometría de la porción 43 terminal del labio 42 de pantalla, que se analizará, reduce drásticamente la fuerza 401 de fricción a lo largo de la circunferencia de la placa 41 de pantalla y, de esta manera, tiene un impacto directo sobre la reducción de la deformación de la pantalla 4 y de los daños a la pantalla y / o al silenciador. De manera similar, la fuerza 402 de empuje y tracción ejercida por el tubo 2 de entrada y / o el tubo 3 de salida puede afectar aún más a la deformación de la pantalla 4 y puede también reducirse, por consiguiente, utilizando geometrías similares en los orificios de las pantallas a través de los cuales se extienden el tubo de entrada y / o el tubo de salida. El incremento adicional de la rigidez de la pantalla reduce en mayor medida el riesgo de deformación de la pantalla y, con ello, el riesgo de daños a la pantalla o a la carcasa del silenciador.

50 En la FIG. 4, se representa una vista en sección esquemática de una pantalla 4 de acuerdo con una forma de realización concreta de la invención. La pantalla 4 presenta una placa 41 de pantalla y un labio 42 de pantalla que comprende una porción 45 de contacto en contacto con la pared 12 interna de la envoltura 11 de la carcasa cuando está dispuesta dentro de la envoltura 11, una porción 43 terminal curvada hacia dentro del labio 42 así como una punta 44 de la porción terminal curvada hacia dentro. La porción de contacto presenta una longitud  $L$  de la porción de contacto que es la longitud entre la porción 46 de conexión curvada y la porción 43 terminal curvada hacia dentro del labio 42 de pantalla.

55 La pantalla así como sus porciones están fabricadas a partir de al menos una chapa metálica con un grosor  $t$  total. El labio 42 de pantalla está conectado a la placa 41 de pantalla por medio de una porción 46 de conexión curvada que tiene la forma de un arco de un círculo con un radio  $R'$  y, de modo preferente, subtendiendo un ángulo  $\theta'$  de  $90^\circ$  con el centro del arco del círculo de la porción 46 de conexión curvada.

La porción 43 terminal del labio 42 de pantalla está curvada adoptando la forma de un arco de un círculo con un radio  $R$  y un ángulo subtendido  $\theta_{\max}$  de hasta  $322^\circ$  con el centro del arco del círculo.

Las FIGS. 5 a 8 muestran varias formas de realización concretas de acuerdo con la presente invención en las que la porción 43 terminal del labio 42 de pantalla que está curvada hacia dentro a distancia de la pared 12 interna de la envoltura 11 cuando está dispuesta dentro de la envoltura 11, presenta diferentes geometrías. En la FIG. 5, la punta 44 de la porción 43 terminal curvada hacia dentro del labio 42 de pantalla presenta solo una curvatura mínima para no contactar con la pared 12 interna de la envoltura. La curvatura determina que la punta 44 del labio de pantalla esté dispuesta a una distancia  $d$  lejos de la pared 12 interna de la envoltura 11 dentro del silenciador y, por tanto, evita el agarre de la punta 44 del labio 42 de pantalla por dentro de la pared 12 interna de la envoltura 11. Las FIGS. 6 y 7 muestran curvaturas específicas de la porción 43 terminal del labio 42 de pantalla que escriben un arco de un círculo que subtiende un ángulo  $\theta$  de  $90^\circ$  y  $180^\circ$  con el centro del arco del círculo. La FIG. 8 muestra una forma de realización específica, en la que la porción 43 terminal del labio 42 de pantalla describe un arco del círculo en el que el ángulo subtendido es tal que la punta 44 de la porción 43 terminal del labio 42 de pantalla contacte con el labio 42 de pantalla. Este ángulo  $\theta_{\max}$  es el ángulo subtendido máximo en el que la punta 44 de la porción 43 terminal curvada del labio 42 de pantalla contacta con el labio 42 de pantalla.

Las FIGS 9 y 10 muestran vistas en sección de una pantalla 4 de acuerdo con una forma de realización concreta de la invención. En la FIG. 9 y en la FIG. 10, la pantalla 4 presenta una placa 41 de pantalla y un labio 42 de pantalla que comprende una porción 45 de contacto en contacto con la pared 12 interna de la envoltura 11, una porción 43 terminal curvada hacia dentro del labio 42. La pantalla de la FIG. 9 no presenta secciones rigidizantes como por ejemplo una moldura, una indentación o una nervadura, mientras la pantalla de la FIG. 10 presenta una sección rigidizante en forma de una moldura 49 que sobresale en la misma dirección que el labio 42 de pantalla. La moldura 49 puede, como alternativa, sobresalir también en la dirección opuesta del labio 42 de pantalla. La geometría (forma y tamaño) de las secciones rigidizantes y su número y posición pueden diseñarse de manera que mejoren la rigidez estructural de la pantalla. Las secciones 49 rigidizantes pueden tener una forma lineal o una forma transversal consistente en una nervadura o pueden ser unas indentaciones o dientes conformados de manera irregular.

En la FIG. 11, se muestra otra forma de realización de acuerdo con la invención. En esta forma de realización, dos elementos 80 y 81 de pantalla se sitúan adyacentes a lo largo de sus elementos 801 y 811 de placa de pantalla respectivos. Los elementos 80 y 81 de pantalla forman conjuntamente la pantalla 4. Los elementos 801 y 811 de placa de pantalla contactan entre sí a lo largo de al menos parte de la superficie de los elementos 801 y 811 de placa de pantalla. Ambas pantallas incorporan un elemento 821 y 822 de labio de pantalla dispuesto en la circunferencia de cada respectivo elemento 801 y 811 de placa de pantalla. Los elementos 821 y 822 de labio de pantalla presentan ambos unas porciones 831 y 832, respectivamente, terminales curvadas hacia dentro. Los elementos 80 y 81 de pantalla comprenden además unas secciones 891 y 892 rigidizantes en forma de moldura y que sobresalen en la misma dirección que el elemento 821 y 822 de labio de pantalla, respectivamente. Estas secciones 891 y 892 rigidizantes pueden tener diversas geometrías (forma y tamaño) y posiciones, y pueden estar formadas como pares especulares en los que las secciones 891 y 892 rigidizantes tengan las mismas posición y geometría sobre los pares 81 y 82 de elementos de pantalla, respectivamente, estando las partes en saliente en direcciones opuestas con respecto a las placas 801 y 811 de pantalla. Como alternativa, las secciones 892 rigidizantes dispuestas en el segundo elemento 81 de pantalla pueden tener posiciones y geometrías que difieran de la posición y la geometría de las secciones 891 rigidizantes del primer elemento 80 de pantalla. En este último caso, la geometría y la posición de las secciones 891 y 892 rigidizantes pueden estar diseñadas de forma que mejoren las vibraciones estructurales a lo largo del régimen de frecuencias amplias cuando las frecuencias de resonancia de ambas pantallas no sean idénticas. La fricción entre las dos pantallas 80 y 81 incrementa aún más la amortiguación de las vibraciones dentro del silenciador.

La FIG. 12 muestra una forma de realización concreta de la presente invención. La pantalla mostrada está perforada y las perforaciones hacen posible también la sintonización de la atenuación acústica del silenciador. Con este fin, el número de perforaciones 47 así como su diámetro se puede modificar para obtener una atenuación del sonido "ad hoc". Las perforaciones pueden también disponerse en una extensión submilimétrica (placa 41 de pantalla microperforada). La pantalla mostrada en la FIG. 12 muestra también dos orificios 48 para recibir, por ejemplo, el tubo 2 de entrada y el tubo 3 de salida. En otras formas de realización, la pantalla puede ser diseñada con más o menos orificios. Los orificios 48 están generalmente formados en la placa de pantalla mediante estampación y pueden también incorporar unos labios con unas geometrías similares a las geometrías del labio 42 de pantalla.

Como se muestra en la FIG. 13, en otra forma de realización de la presente invención, la porción 43 terminal curvada del labio 42 de pantalla tiene la forma de un arco de un círculo que subtiende un ángulo  $\theta$  con el centro del arco del círculo que varía a lo largo de la circunferencia de la pantalla. Esto se ilustra en la FIG. 13 mediante diversos ángulos  $\theta_1$  a  $\theta_n$  subtendidos alrededor de la circunferencia de la placa 41 de pantalla y los ángulos subtendidos pueden variar de forma continua. Cuando el ángulo subtendido tiene influencia sobre la rigidez de la pantalla 4, el ángulo  $\theta$  subtendido puede ser "sintonizado" a lo largo de la circunferencia de la placa 42 de pantalla de acuerdo con las exigencias relacionadas con la rigidez.

Las FIGS. 14 a 16 muestran otra forma de realización concreta de acuerdo con la presente invención, en la que las geometrías, en particular el ángulo de curvatura y el radio de curvatura del labio 42 de pantalla y la longitud de la



- 5 porción 45 de contacto varían. Sin embargo, estos parámetros geométricos pueden variar independientemente unos de otros, mientras otros parámetros geométricos pueden mantenerse constantes. Resulta obvio a partir de las figuras, que el ángulo de curvatura de la porción 43 terminal curvada hacia dentro en esta concreta forma de realización es menor que en las esquinas 401 de la pantalla 4, donde el radio de curvatura de la porción de contacto es menor que en las porciones 402 intermedias entre las esquinas 401, en comparación con el ángulo de curvatura de la porción 43 terminal curvada hacia dentro en las porciones 402 intermedias del labio de pantalla entre las esquinas 401 de la pantalla 4, donde el radio de curvatura de la porción de contacto es mayor que en las esquinas 401.
- 10 Así, el ángulo de curvatura de la porción 43 terminal curvada hacia dentro se reduce con la reducción del radio de curvatura de la porción de contacto decreciente.
- Al mismo tiempo, la longitud de la porción 45 de contacto del labio 42 de pantalla se reduce con el incremento del ángulo curvatura de la porción 43 terminal curvada hacia dentro. De hecho, en la presente forma de realización, la longitud de la porción 45 de contacto es mayor en las esquinas 401 de la pantalla 4 que en las porciones 402 intermedias de la pantalla 4 entre las esquinas 401.
- 15 Así mismo, a partir de las vistas en sección de las FIGS. 15 y 16, resulta evidente que la porción 43 terminal curvada hacia dentro del labio 42 de pantalla no describe un arco de un círculo alrededor de la circunferencia completa de la placa de pantalla, en esta forma de realización.
- En esta forma de realización, la longitud desarrollada del labio de pantalla solo varía en una extensión pequeña de menos de 10 mm alrededor de la circunferencia de la placa de pantalla.
- 20 Las formas de realización anteriormente descritas se aplican igualmente a silenciadores de media envoltura. La carcasa 1 está entonces compuesta por dos medias envolturas que forman la envoltura 11 de la carcasa 1 cuando se ensamblan en vez de utilizar una única envoltura 11. Generalmente, las dos medias envolturas están giradas en un ángulo de 180° una con respecto a otra y ensambladas de una forma superpuesta; las dos medias envolturas pueden tener una forma y una estructura idénticas o dispares.
- 25 Aunque la invención ha sido descrita con ayuda de formas de realización, es evidente para la persona experta en la materia que pueden efectuarse diversos cambios y alteraciones sin apartarse de las enseñanzas técnicas subyacentes a la invención. En particular, forman también parte de la invención divulgada en la presente memoria combinaciones de características individuales de diferentes variantes así como de sus aspectos. Por tanto, la invención está destinada a quedar limitada a las formas de realización descritas, sino que, antes bien, el alcance de protección se define por las reivindicaciones adjuntas.
- 30

**REIVINDICACIONES**

1.- Un silenciador para un sistema de escape de un motor de combustión interna, que comprende:

una carcasa (1) que comprende una envoltura (11) que presenta una pared (12) interna,

un tubo (2) de entrada y un tubo (3) de salida, extendiéndose el tubo (2) de entrada y el tubo (3) de salida por dentro de un espacio (13) interno de la carcasa (1), para conducir un flujo de gas de escape dentro y fuera del espacio (13) interno de la carcasa (1), al menos una pantalla (4, 5, 6) dispuesta en el espacio (13) interno de la carcasa (1) y fabricada a partir de al menos una chapa metálica, comprendiendo la pantalla una placa (41) de pantalla con una circunferencia, una porción (46) de conexión curvada y un labio (42) de pantalla dispuesto en la circunferencia de la placa (41) de pantalla y que está conectado a la placa (41) de pantalla por medio de la porción (46) de conexión curvada, encajando el labio (42) de pantalla con la pared (12) interna de la envoltura (11) y presentando una porción (43) terminal,

en el que la porción (43) terminal del labio (42) de pantalla está curvado hacia dentro a distancia de la pared (12) interna de la envoltura (11) y la porción (43) terminal curvada hacia dentro del labio (42) de pantalla presenta una punta (44), presentando el labio (42) de pantalla una porción (45) de contacto que está en contacto con la pared (12) interna de la envoltura (11), estando la porción (45) de contacto dispuesta entre la porción (46) de conexión curvada y la porción (43) terminal curvada hacia dentro del labio (42) de pantalla,

**caracterizado porque** la porción (43) terminal curvada hacia dentro presenta un ángulo de curvatura que varía a lo largo de la circunferencia de la placa (41) de pantalla, estando el ángulo de curvatura formado entre una tangente con una cara de chapa metálica de la porción (45) de contacto que encaja con la pared (12) interna de la envoltura (11) y una tangente con la porción (43) terminal curvada hacia dentro del labio (42) de pantalla en la punta (44) de la porción (43) terminal curvada hacia dentro sobre la misma cara de chapa metálica que está en contacto con la pared (12) interna de la envoltura (11) en la porción (45) de contacto.

2.- Silenciador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la porción (45) de contacto tiene una longitud (L) de la porción de contacto, y en el que la longitud (L) de la porción de contacto varía a lo largo de la circunferencia de la placa (41) de pantalla.

3.- Silenciador de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el labio (42) de pantalla tiene una longitud desarrollada que va desde la porción (46) de conexión curvada hasta la punta (44) de la porción (43) terminal curvada hacia dentro del labio (42) de pantalla y la variación de la longitud desarrollada es inferior a 10 mm, en particular inferior a 5 mm, muy particularmente inferior a 2 mm, alrededor de la circunferencia de la placa (41) de pantalla.

4.- Silenciador de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la longitud desarrollada del labio (42) de pantalla es constante alrededor de la circunferencia de la placa (41) de pantalla.

5.- Silenciador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el ángulo de curvatura de la porción (43) terminal curvada hacia dentro se reduce con el radio de incurvación de la porción de contacto decreciente a lo largo de la circunferencia de la placa (41) de pantalla.

6.- Silenciador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la longitud de la porción (45) de contacto del labio (42) de pantalla se reduce con el ángulo de curvatura creciente de la porción (43) terminal curvada hacia dentro.

7.- Silenciador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la porción (43) terminal curvada hacia dentro del labio (42) de pantalla puede ser descrito por al menos un círculo osculador con un radio de curvatura correspondiente a la curvatura de la porción (43) terminal curvada hacia dentro en un emplazamiento sobre la porción (43) curvada hacia dentro y en el que el ángulo de curvatura del al menos un círculo osculador varía a lo largo de la circunferencia de la placa (41) de pantalla.

8.- Silenciador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la porción (46) de conexión curvada puede ser descrita por al menos un círculo osculador con un radio de curvatura correspondiente a la curvatura de la porción (46) de conexión curvada en un emplazamiento sobre la porción (46) de conexión curvada en el que el radio de curvatura del al menos un círculo osculador varía a lo largo de la circunferencia de la placa (41) de pantalla.

9.- Silenciador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la porción (43) terminal curvada hacia dentro del labio (42) de pantalla presenta una punta (44) que está dispuesta a una distancia (d) de la pared (12) interna de la envoltura (11), siendo la distancia (d) al menos 0,5 veces el grosor (t) total de la pantalla (4).

- 10.- Silenciador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la porción (45) de contacto del labio (42) de pantalla presenta una longitud que alcanza los 10 mm, en particular va desde 5 mm hasta 10 mm.
- 5 11.-Silenciador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la placa (41) de pantalla comprende además unas secciones (49) rigidizantes.
- 12.- Silenciador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la placa (41) de pantalla presenta unas perforaciones (47).
- 10 13.-Silenciador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la placa (41) de pantalla presenta al menos un orificio (48), recibiendo el al menos un orificio (48) el tubo (2) de entrada o el tubo (3) de salida.
- 15 14.- Silenciador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la pantalla comprende unos primero y segundo elementos (80, 81) de pantalla, comprendiendo cada uno de los primero y segundo elementos (80, 81) de pantalla un elemento (801, 811) de placa de pantalla que presentan una circunferencia respectiva y situándose el elemento (801) de placa de pantalla del primer elemento (80) de pantalla en apoyo de contacto adyacente con el elemento (811) de placa de pantalla del segundo elemento (81) de pantalla, y presentando cada elemento (801, 811) de placa de pantalla un elemento (821, 822) de labio de pantalla dispuesto en la circunferencia de cada elemento (801, 811) de placa de pantalla respectivo, encajando cada uno de los elementos (821, 822) de labio de pantalla con la pared (12) interna de la envoltura (11) y presentando un elemento (831, 832) de porción terminal,
- 20 en el que el elemento (831, 832) de porción terminal de cada elemento (821, 822) de labio de pantalla está curvado hacia dentro lejos de la pared (12) interna de la envoltura (11), y
- 25 en el que el elemento (821, 822) de labio de pantalla del elemento (801) de placa de pantalla del primer elemento (80) de pantalla está dispuesto en dirección opuesta al elemento (822, 821) de labio de pantalla del elemento (811) de placa de pantalla del segundo elemento (81) de pantalla con respecto al plano formado por los elementos (801, 811) de placa de pantalla.

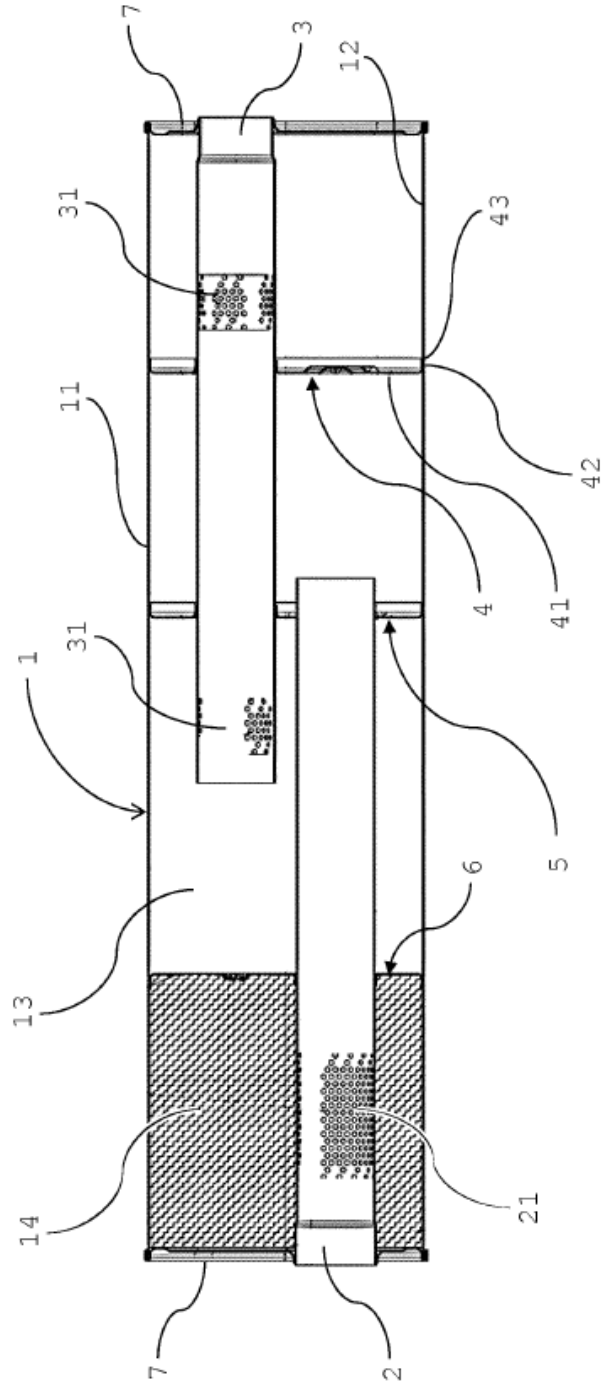


Fig. 1

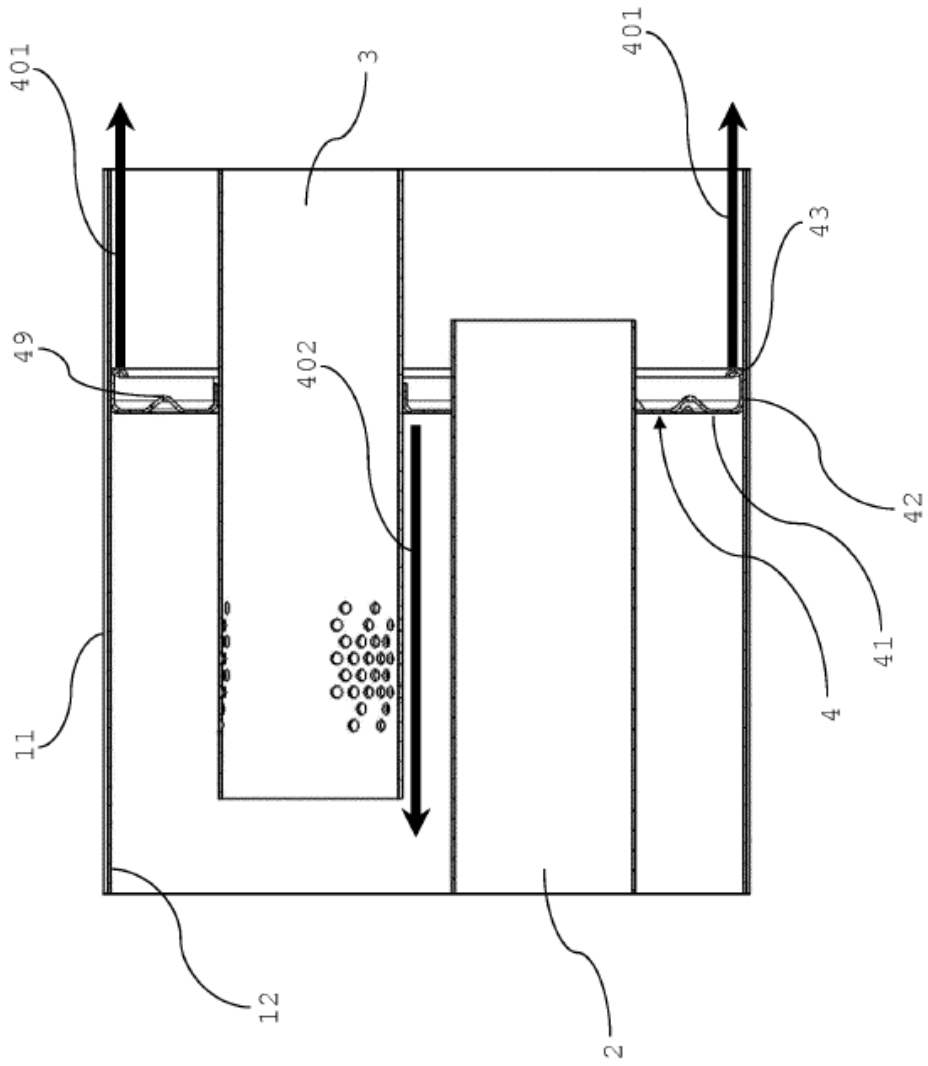


Fig. 2

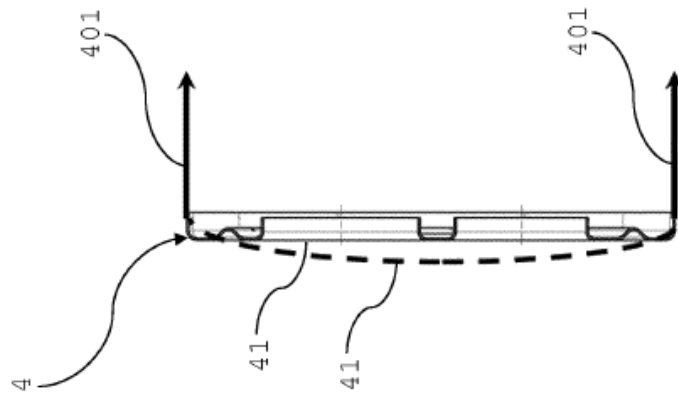


Fig. 3

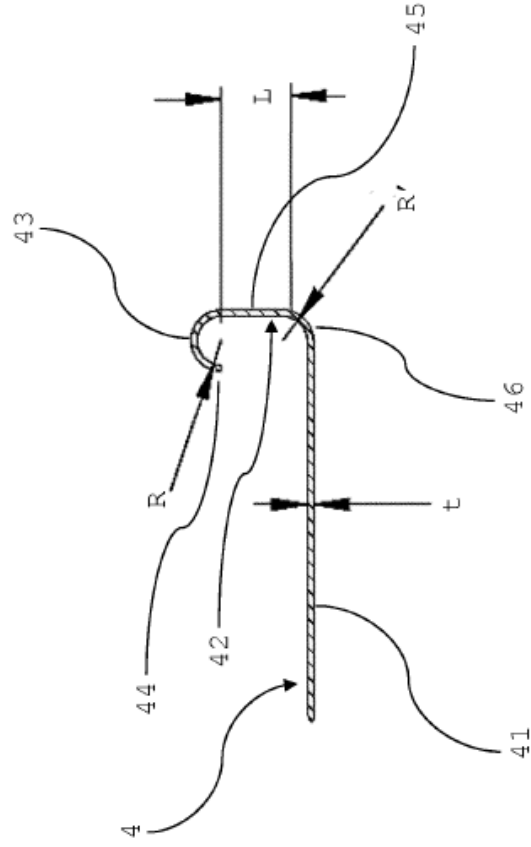


Fig. 4



Fig. 6

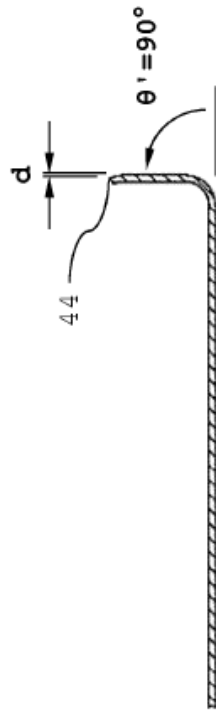


Fig. 5

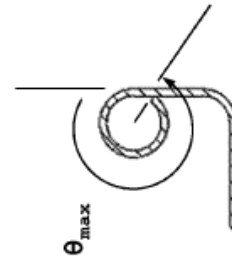


Fig. 8

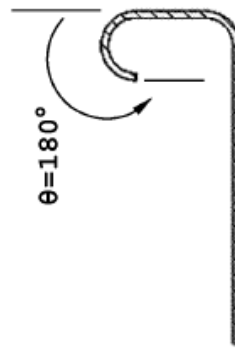


Fig. 7

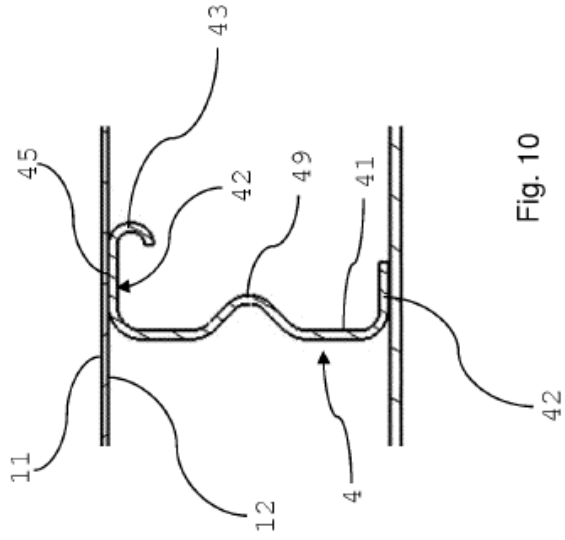


Fig. 9

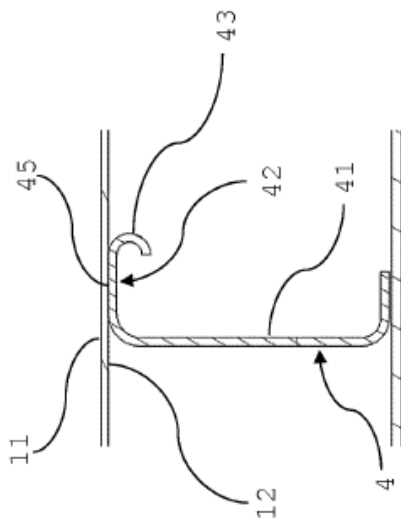


Fig. 10



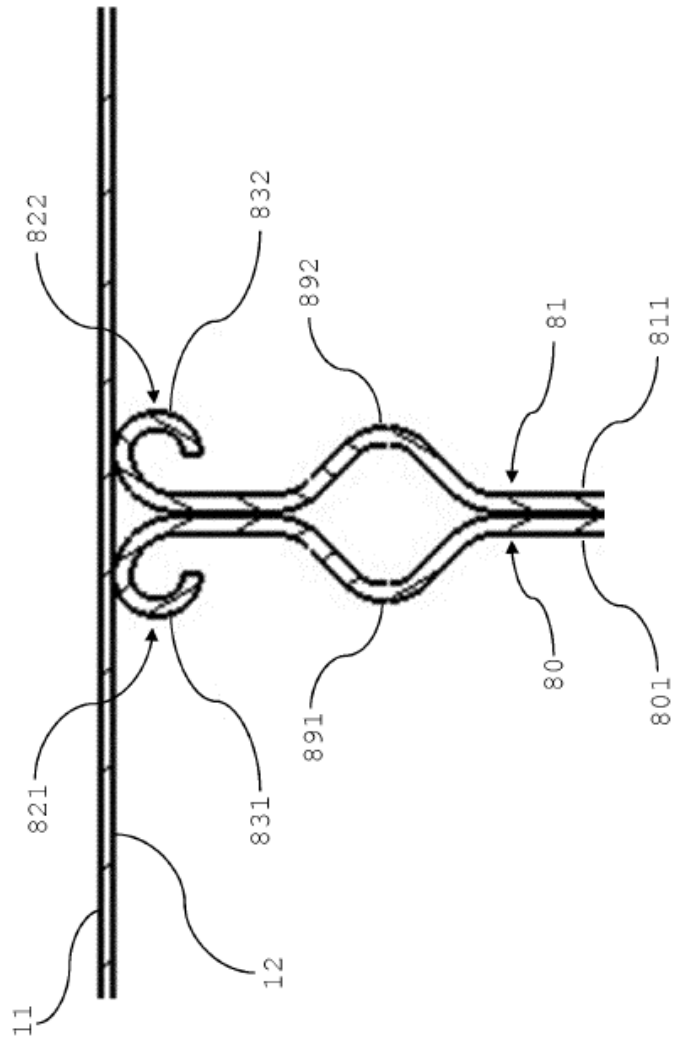


Fig. 11

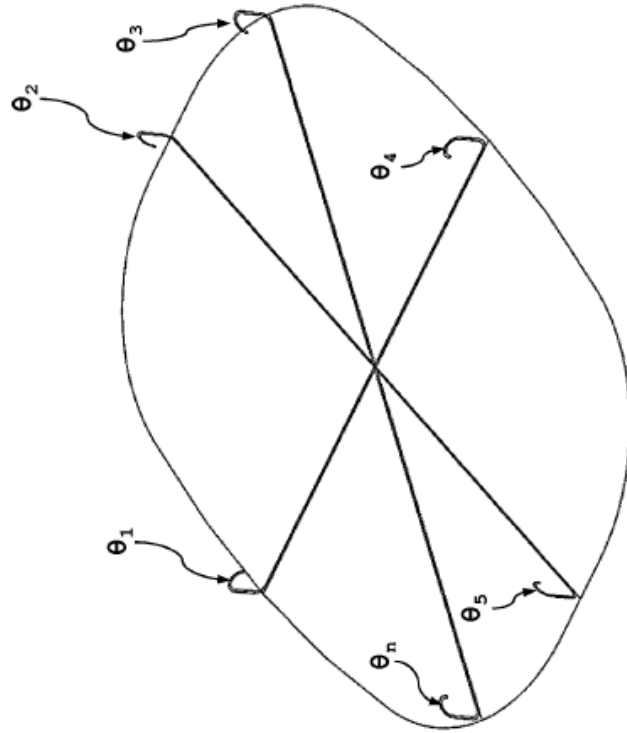


Fig. 13

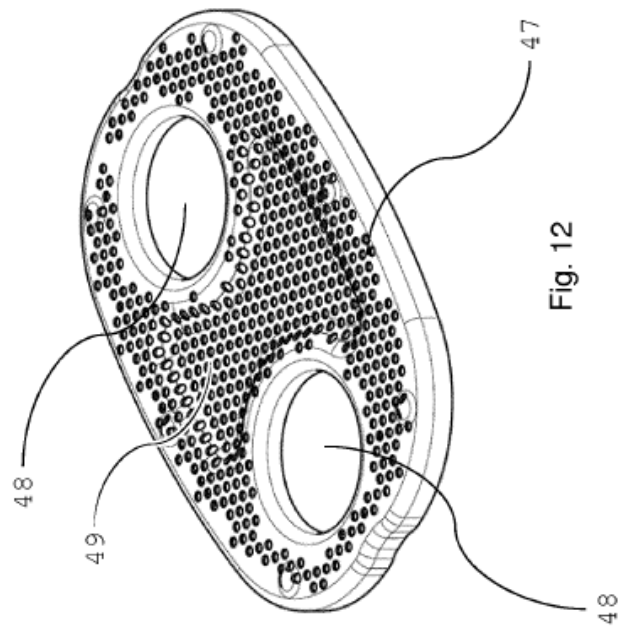


Fig. 12

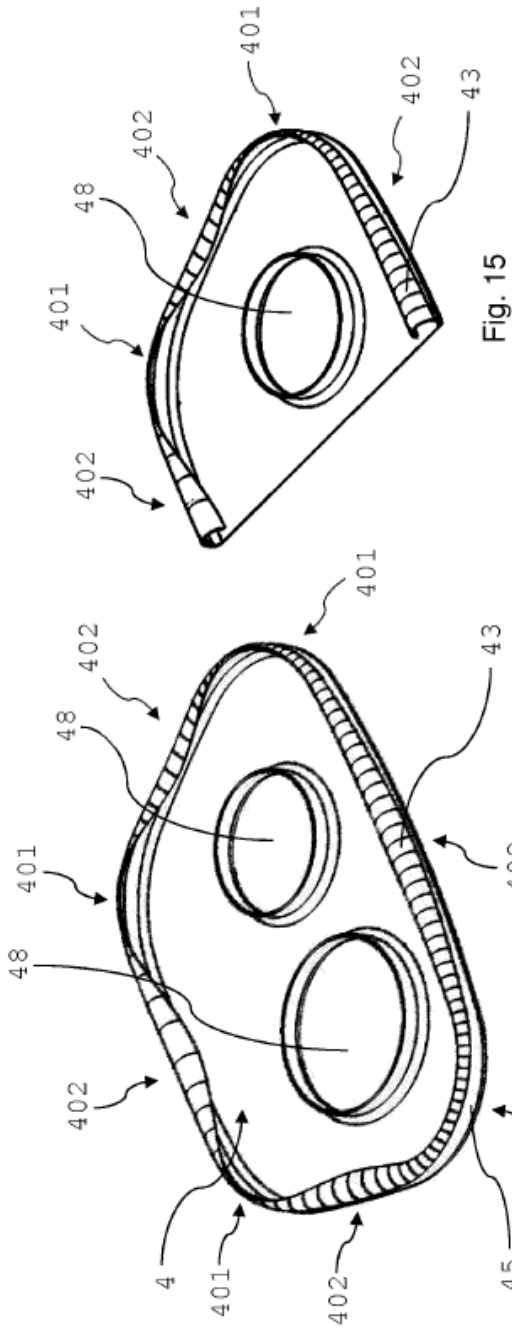


Fig. 15

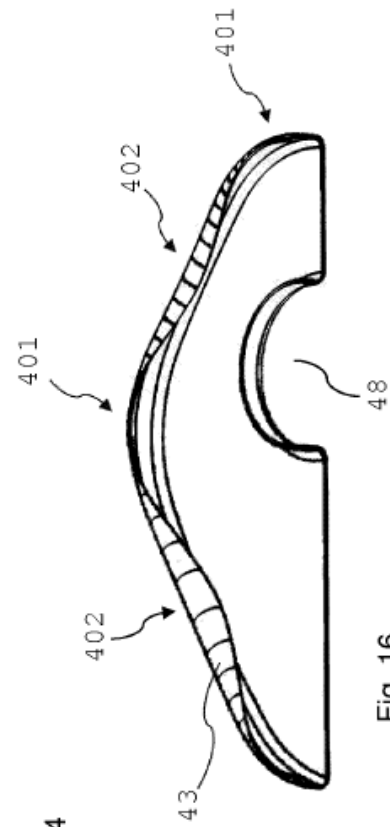


Fig. 16