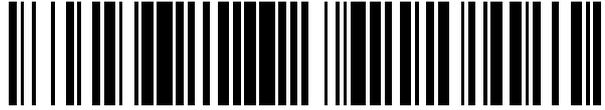


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 756**

51 Int. Cl.:

**F02B 23/06** (2006.01)

**F16J 1/09** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **10705879 .4**

96 Fecha de presentación: **26.02.2010**

97 Número de publicación de la solicitud: **2401489**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.01.2012**

54 Título: **Motor Otto que comprende un pistón con una cavidad**

30 Prioridad:

**26.02.2009 DE 102009010729**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

**29.11.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

**29.11.2012**

73 Titular/es:

**2G ENERGIETECHNIK GMBH (100.0%)  
Benzstraße 10  
48619 Heek, DE**

72 Inventor/es:

**HERDIN, RUEDIGER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 391 756 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

Motor Otto que comprende un pistón con una cavidad

La presente invención se refiere a un motor Otto con un pistón de acuerdo con las características del preámbulo de la reivindicación 1. En particular, la invención se refiere a la configuración de una superficie del pistón en el lado de la cámara de combustión, que presenta una cavidad y uno o varios ensanchamientos.

En motores de combustión se utilizan pistones para llevar a cabo la compresión necesaria de aire o de una mezcla de combustible y aire. En el caso de la compresión del aire, se inyecta entonces el combustible en la cámara de combustión. En la cámara de combustión se encuentra una mezcla de combustible y aire, que se enciende después de la compresión prevista. Esta mezcla tanto se puede encender desde el exterior, por ejemplo a través de una bujía como también se puede realizar un encendido automático.

A este respecto es especialmente importante que la combustión se desarrolle de una manera optimizada, es decir, con alta eficiencia, consumo reducido y sin efectos secundarios nocivos, como por ejemplo picado o autoencendido. La consecuencia es una subida repentina empinada de la presión y conduce a carga mecánica alta. A través de estos efectos secundarios se puede dañar, por ejemplo, el motor y se puede acortar su tiempo de vida útil. Por lo tanto, es importante que tenga lugar una combustión definida.

Los parámetros para la combustión controlada son, entre otros, la temperatura de la combustión, la compresión, la duración de tiempo de la combustión, y el ciclo uniforme de la combustión. Estos parámetros y, por lo tanto, también las propiedades de picado o autoencendido pueden ser influenciados a través de diferentes técnicas, por ejemplo a través de enriquecimiento de la alimentación de combustible, a través de un combustible resistente al picado o a través de la inyección de sustancias refrigerante. Sin embargo, es deseable incrementar todavía más, además de la calidad, también la eficiencia de los procesos en la cámara de combustión, para favorecer, por ejemplo, un consumo escaso de combustible, o proteger el motor contra perjuicios y daños de larga duración.

Se conoce a partir del estado de la técnica, como se describe por ejemplo en el documento US 5.103.784, un pistón de un motor de combustión, que presenta en una superficie en el lado de la cámara de combustión una cavidad con al menos un ensanchamiento en el borde de la cavidad.

Por lo tanto, la invención tiene el cometido de desarrollar un pistón de tal manera que soluciona los inconvenientes del estado de la técnica, especialmente configurada la combustión en una cámara de combustión de un pistón de una manera más eficiente, acelera el proceso de combustión y homogeneiza la mezcla de combustible y aire antes de la combustión.

El cometido se soluciona de acuerdo con la invención por medio de un motor Otto con un pistón, que presenta una superficie en el lado de la cámara de combustión, en el que en la superficie está dispuesta una cavidad con un borde de cavidad y un fondo de cavidad, en el que la cavidad presenta una profundidad máxima  $t_{max}$  en la dirección axial del pistón, medida desde la superficie en el lado de la cámara de combustión, y en el que al menos un ensanchamiento se extiende desde una sección del borde de la cavidad y presenta una profundidad máxima  $t_{aus}$ , en el que la profundidad máxima  $t_{aus}$  del ensanchamiento en la dirección axial del pistón es menor que la profundidad de la cavidad  $t_{max}$ .

De acuerdo con la invención, el al menos un ensanchamiento comprende un fondo de ensanchamiento, en el que el fondo del ensanchamiento o el canto entre el borde de la cavidad y el al menos un ensanchamiento está inclinado en un ángulo de inclinación con respecto a un plano perpendicularmente a la dirección axial del pistón. La profundidad máxima del al menos un ensanchamiento  $t_{aus}$  alcanza de acuerdo con la invención entre 45 % y 55 % de la profundidad máxima  $t_{max}$  de la cavidad y el fondo de la cavidad es menor profundo de acuerdo con la invención en dirección radial al centro del fondo de la cavidad que en dirección radial hacia el borde exterior de la cavidad.

En una forma de realización preferida, al menos dos ensanchamientos están dispuestos en la superficie en el lado de la cámara de combustión.

En otro aspecto preferido, en la superficie del lado de la cámara de combustión están dispuestos al menos tres ensanchamientos.

En otra forma de realización conforme con la invención, la profundidad máxima del al menos un ensanchamiento  $t_{aus}$  está entre 30 % y 70 %, en particular entre 40 % y 60 % de la profundidad máxima  $t_{max}$ .

Otra forma de realización de la presente invención muestra un borde de cavidad esencialmente de forma circular en la superficie del lado de la cámara de combustión.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, la cavidad está configurada esencialmente concéntrica al borde exterior de la superficie del lado de la cámara de combustión.

De acuerdo con otro aspecto, la cavidad está configurada esencialmente excéntrica al borde exterior de la superficie del lado de la cámara de combustión.

5 En otra forma de realización, el pistón presenta un primer canto de aceleración para la porción de la circulación Squish entre la superficie del lado de la cámara de combustión y el al menos un ensanchamiento y al menos un segundo canto de aceleración entre el al menos un ensanchamiento y la cavidad. En este caso, la circulación Squish designa la circulación desde la superficie del pistón hacia el ensanchamiento o bien hacia la cavidad poco antes de alcanzar el punto muerto superior.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el fondo de la cavidad presenta una zona de forma esencialmente cónica.

10 En otra forma de realización, la zona de forma esencialmente cónica de la cavidad está dispuesta esencialmente concéntrica a la cavidad.

De acuerdo con una forma de realización, el pistón presenta una superficie envolvente de pistón, que comprende una ranura anular, que está diseñada para recibir un soporte anular para un anillo de pistón. En este caso, en esta forma de realización, el al menos un ensanchamiento está delimitado en dirección radial por la ranura anular.

15 En una forma de realización, el ensanchamiento, en particular el borde del ensanchamiento, está dispuesto a una distancia de al menos 1 mm desde el soporte anular.

Una forma de realización de la presente invención prevé una configuración del al menos un ensanchamiento, de manera que la forma del al menos un ensanchamiento es de forma esencialmente de segmento circular.

20 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, el pistón es utilizado en un motor de combustión, que es un motor de gas.

De acuerdo con otro aspecto de acuerdo con la invención, el motor de combustión puede ser un motor de autoencendido.

25 Una forma de realización de la presente invención está configurada de tal forma que la relación entre la suma de las secciones del borde de la cavidad, desde las que se extiende un ensanchamiento y todo el borde de la cavidad está entre 30 % y 70 %, especialmente entre 40 % y 60 %, de manera más preferida entre 45 % y 55 %.

Otra forma de realización representa la relación entre una sección del borde de la cavidad, desde el que se extiende un ensanchamiento y todo el borde de la cavidad. De acuerdo con ello, la relación está entre 10 % y 70 %, en particular entre 15 % y 50 %, de manera más preferida entre 20 % y 30 %.

30 Por lo tanto, la invención se basa en el reconocimiento de que la configuración de acuerdo con la invención de la superficie del pistón del lado de la cámara de combustión tanto favorece una combustión rápida de la mezcla de aire y combustible como también impide el picado y de esta manera apoya un rendimiento máximo de la energía. Además, el alto grado de turbulencia de la mezcla, provocado a través de la configuración de la superficie del lado de la cámara de combustión, es favorable para elevar la mezcla a fondo de los componentes individuales, es decir, especialmente el aire y el combustible inmediatamente antes de la combustión. En este caso, una mezcla a fondo  
35 homogénea de aire y combustible en toda la cámara de combustión ayuda a hacer que tenga lugar la combustión de una manera uniforme y rápida sobre la cámara de combustión.

En particular, uno o varios cantos de aceleración en la superficie del pistón del lado de la cámara de combustión posibilitan una mezcla a fondo buena de la mezcla de aire y combustible. A través de los cantos de aceleración se mejora la distribución (homogeneidad) de la mezcla de combustible y aire sobre toda la cámara de combustión, de manera que no se producen concentraciones excesivas o escasas de la mezcla en la cámara de combustión. De esta manera, se asegura que la combustión se desarrolle de forma muy controlada en la cámara de combustión. La mezcla de combustible y aire circula sobre los cantos de aceleración, con lo que se consiguen diferentes velocidades del combustible en la superficie del lado de la cámara de combustión. De esta manera se eleva  
40 claramente la turbulencia en la cámara de combustión y se consigue una mezcla a fondo mejorada del combustible con el aire.

Otro aspecto de la presente solicitud se da a través de los efectos mencionados anteriormente, como distribución homogénea de la mezcla de combustible y aire y grado elevado de turbulencia, inmediatamente antes del encendido. La combustión más rápida permite también una compresión más elevada; en comparación con formas de realización conocidas de cavidades de pistón se consigue un rendimiento más elevado de esa manera se optimiza todavía más  
50 el rendimiento energético.

Otras formas de realización, configuraciones y aspectos ventajosos de la presente invención se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes de la patente, de la descripción y de los dibujos adjuntos. En este caso:

- La figura 1a muestra una vista lateral esquemática de un pistón.
- La figura 1b muestra una vista ampliada de una sección transversal de una ranura anular del pistón.
- La figura 1c muestra una vista ampliada de una sección transversal de una anura anular del pistón.
- 5 La figura 2 muestra una vista en planta superior de una superficie del pistón del lado de la cámara de combustión de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.
- La figura 3 muestra una vista esquemática de la sección del pistón de la figura 2.
- La figura 4 muestra una vista en planta superior de una superficie del pistón del lado de la cámara de combustión de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención.
- 10 La figura 5 muestra una vista en planta superior de otra superficie del pistón del lado de la cámara de combustión de acuerdo con formas de realización de la presente invención.
- La figura 6a muestra una vista en planta superior de una superficie del pistón del lado de la cámara de combustión de acuerdo con otras formas de realización de la presente invención.
- La figura 6b muestra una vista ampliada de un fragmento de la figura 6a.
- 15 A figura 7 muestra una vista en planta superior de una superficie del pistón del lado de la cámara de combustión de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención.
- La figura 8a muestra una vista en planta superior de una superficie del pistón del lado de la cámara de combustión de acuerdo con otras formas de realización de la presente invención.
- La figura 8b muestra una vista en sección ampliada de la superficie del pistón del lado de la cámara de combustión de la figura 8a.
- 20 La figura 9 muestra una vista esquemática en perspectiva de una parte del lado de la cámara de combustión de un pistón de acuerdo con otras formas de realización de la invención.
- La figura 10 muestra una vista esquemática de un pistón con ensanchamientos basculados de acuerdo con otras formas de realización de la invención.
- 25 La figura 11 muestra una proyección para la ilustración de la inclinación de los ensanchamientos de acuerdo con todavía otras formas de realización de la invención; y
- La figura 12 muestra una vista en planta superior de una superficie del pistón del lado de la cámara de combustión de acuerdo con otras formas de realización de la presente invención.
- 30 La figura 1a muestra una vista lateral esquemática de un pistón 100 para un motor de combustión interna. El pistón 100 está ajustado para ser instalado en un cilindro de un motor de combustión interna. El pistón 100 está configurado esencialmente de forma cilíndrica con un eje axial S y presenta un primer extremo 102, en el que se puede fijar, por ejemplo, un vástago de pistón, y un segundo extremo 104, que está dirigido hacia la cámara de combustión del cilindro, y en el que está dispuesta una superficie 110 en el lado de la cámara de combustión. El pistón comprende, además, una superficie envolvente 106 entre el primero y el segundo extremo 102, 104 del pistón. En una forma de realización del pistón, en la superficie envolvente 102 del pistón 100 están dispuestas una o varias ranuras anulares circundantes 120, que están diseñadas para recibir en el estado montado unos segmentos de pistón. Las ranuras anulares pueden estar reforzadas, por ejemplo, por razones de rigidez, con un material adicional, por ejemplo con un soporte anular, cuyo material se diferencia del materia del pistón propiamente dicho. Por ejemplo, las ranuras anulares del pistón pueden estar reforzadas con un material, como por ejemplo fundición gris o refuerzos de fibras cerámicas.
- 35 La figura 1b muestra un fragmento ampliado B de la figura 1a de una ranura anular 120. La ranura anular 120 presenta una profundidad  $t_R$  en dirección radial desde la superficie envolvente 106. En el estado montado, en las ranuras anulares o bien en los soportes anulares están insertados unos segmentos de pistón, que sirven para la obturación, para la dosificación del aceite lubricante y para la disipación del calor de la combustión.
- 40 La figura 1c muestra otra forma de realización del fragmento B de la figura 1a. En la ranura anular 120 está dispuesto un soporte anular 107, que puede estar fabricado de un material de refuerzo y que esta diseñado para recibir un segmento de pistón. En el caso de que esté presente un soporte anular 107 en la ranura anular 120, la profundidad  $t_R$  se refiere a la profundidad del soporte anular 107 en dirección radial hacia dentro, como se puede ver en la figura 1c.
- 45 La figura 2 muestra una vista en planta superior esquemática sobre la superficie 110 del lado de la cámara de

5 combustión. En este caso, la superficie 110 presenta una cavidad 130 con un borde de cavidad 140 y un ensanchamiento 150, que se extiende desde el borde de la cavidad, con un borde de ensanchamiento 155. El canto de borde de ensanchamiento 155 se puede designar también como un canto de aceleración. El ensanchamiento 150 está dispuesto en una sección 142 del borde de la cavidad 140. En una forma de realización, el ensanchamiento 150 puede presentar la forma de una sección elíptica.

10 Una sección de un borde de la cavidad debe entenderse a este respecto como una parte o una sección parcial del borde de la cavidad. Si el borde de la cavidad está configurado, por ejemplo, de forma circular, la sección 142 puede ser un arco circular con un ángulo  $\alpha$  discrecional. No obstante, una sección se puede definir también sobre una porción de la periferia del borde de la cavidad. Si la cavidad está configurada, por ejemplo, de forma elíptica, un ensanchamiento puede estar colindante, por ejemplo, al 25 % del borde de la cavidad, que corresponde al perímetro de la elipse.

De acuerdo con formas de realización de la presente invención, que se pueden combinar con otras formas de realización, la forma del ensanchamiento es esencialmente con preferencia de forma circular, en forma de segmento circular, o en forma elíptica, o puede presentar cualquier otra forma.

15 Típicamente, también se puede variar la forma de la cavidad, de acuerdo con el campo de aplicación y el campo de utilización del pistón correspondiente. En la figura 2, la cavidad 130 está configurada, por ejemplo, de forma circular, pero también puede ser esencialmente de forma elíptica o presentar otra forma.

20 La figura 3 muestra la sección transversal A-A del pistón 100 de la figura 2. La cavidad 130 comprende un fondo de cavidad 132, presentando el fondo de cavidad 132 una profundidad  $t_{max}$  frente a la superficie 110 del lado de la cámara de combustión. El ensanchamiento 150 con el fondo de ensanchamiento 156, que se extiende desde el borde de la cavidad 140, especialmente desde la sección 142 del borde de la cavidad 140, presenta, en cambio, una profundidad  $t_{aus}$  más reducida frente a la superficie del lado de la cámara de combustión.

25 En la figura 4 se muestra otra forma de realización de la presente invención en una vista en planta superior esquemática sobre una superficie 110a del lado de la cámara de combustión con una cavidad 130a esencialmente de forma circular con fondo de cavidad 132a. Un ensanchamiento 150a con un borde de ensanchamiento 155a está dispuesto en una sección 142a del borde de la cavidad 140a. En comparación con la figura 2 se muestra claramente que la sección 142a del borde de la cavidad 140, desde el que se extiende el ensanchamiento 150a, presenta un segmento de arco circular mayor, tanto porcentual como también absolutamente, que la sección en la forma de realización mostrada en la figura 2.

30 La figura 5 muestra una vista en planta superior esquemática sobre una superficie 110b del lado de la cámara de combustión de un pistón 100b de acuerdo con otras formas de realización de la presente invención. La superficie 110a del lado de la cámara de combustión presenta una cavidad 130b esencialmente de forma circular con un borde de cavidad 140b, desde el que se extienden dos ensanchamientos 150b con una forma y tamaño esencialmente iguales. Los ensanchamientos 150b presentan en cada caso un borde de ensanchamiento 155b. En la figura 5, los ensanchamientos se extienden desde secciones 142b esencialmente opuestas del borde de la cavidad 140b.

35 En la figura 5, dos ensanchamientos 150b están distribuidos de una manera uniforme sobre el borde de la cavidad 140b de la cavidad 130b. En otras formas de realización de la presente invención, los ensanchamientos 150b pueden estar distribuidos también de forma irregular sobre el borde de la cavidad 140b.

40 En algunas formas de realización de la presente invención, que se pueden combinar con otras formas de realización, en el caso de una pluralidad de ensanchamientos, los ensanchamientos individuales presentan una forma diferente. Por ejemplo, los ensanchamientos diferentes pueden variar en el tamaño, pero pueden presentar esencialmente la misma geometría. De acuerdo con otras formas de realización, el tamaño de los ensanchamientos individuales es igual o al menos similar, pero la geometría es diferente.

45 La figura 6a muestra otra forma de realización de un pistón 100c, que presenta una cavidad 130c esencialmente de forma circular con un borde de cavidad 140c y tres ensanchamientos 150c, que se extienden desde secciones 142c del borde de cavidad 140c sobre una superficie 110c del lado de la cámara de combustión del pistón 100c. Además, en la figura 6a se puede ver con línea de trazos un círculo interior 160c de una ranura anular, como se representan, por ejemplo, en la figura 1a. La figura 6b muestra una vista de detalle de la sección D de la figura 6a.

50 La figura 6b muestra la profundidad  $t_R$  de una ranura anular como distancia del círculo interior 160c con respecto al borde exterior 170c de la superficie 110c del lado de la cámara de combustión, correspondiendo el borde exterior 170c esencialmente a la superficie envolvente 106 del pistón 110c.

De acuerdo con otras formas de realización, en el caso de un pistón con soporte anular 107 (como se muestra, por ejemplo, en la figura 1c), la profundidad  $t_R$  puede designar la profundidad del soporte anular en dirección radial. En tal caso, el círculo interior teórico 160c es el canto trasero del soporte anular 107 en dirección radial.

- En una forma de realización, la ranura anular está dispuesta a una distancia  $d_{Nut}$  (ver la figura 3) de la superficie 110c del lado de la cámara de combustión del pistón 100c, siendo la distancia igual o menor que la profundidad  $t_{aus}$  de la escotadura. Por consiguiente, entonces el ensanchamiento 150c está delimitado en dirección radial hacia el borde exterior 170c por el círculo interior 160c de las ranuras anulares. Por ejemplo, en la vista de detalles de la figura 6b, entre el borde del ensanchamiento 155c y el círculo interior 160c se encuentra una distancia  $d$ . Esa distancia  $d$  puede ser dependiente del diámetro de la superficie 110c del lado de la cámara de combustión, de la geometría del ensanchamiento 150c, de la profundidad de la ranura anular  $t_R$ , de la profundidad del soporte anular  $t_R$  o del material con el que está reforzada la ranura anular.
- Expresado de otra manera, el ensanchamiento o los ensanchamientos 150c están diseñados de tal forma que la resistencia y la funcionalidad de la ranura anular y/o del soporte anular no están influenciadas. Por ejemplo, en el caso de una interferencia del borde 155c del ensanchamiento 150 y del círculo interior 160c de la ranura anular o del soporte anular 107, se podrían perjudicar la geometría o el material de la ranura anular o del soporte anular 107, de manera que se acortaría el tiempo de vida útil del pistón. A través de una distancia  $d$  seleccionada de forma adecuada se impide un daño y se garantiza en adelante la funcionalidad de la ranura anular y/o del soporte anular.
- A este respecto, se ha mostrado que es ventajosa una dilatación lo más grande posible de los ensanchamientos en dirección radial. Es decir, que la distancia  $d$  debería ser lo más pequeña posible debido a la funcionalidad del ensanchamiento 150, pero suficientemente grande para evitar un daño de la ranura anular o bien del material del soporte anular.
- La figura 7 muestra una vista en planta superior esquemática sobre una superficie 110d del lado de la cámara de combustión de un pistón 100d de acuerdo con otra forma de realización. La cavidad 130d presenta un borde de cavidad 140d de forma ondulada, en el que a la forma ondulada está superpuesta una forma circular. El borde de la cavidad 140d presenta, por ejemplo, tres crestas de onda 142d y tres valles de onda 144d. En esta forma de realización, tres ensanchamientos 150d con un borde de ensanchamiento 155d se orientan a la geometría de la cavidad 130d o bien del borde de la cavidad 140d, de manera que los ensanchamientos 150d, es decir, la forma de los bordes de los ensanchamientos 155d se corresponde con la forma del borde de la cavidad 140d y se extienden desde las crestas de las ondas 142d radialmente hacia fuera. Pero de acuerdo con otras formas de realización, los ensanchamientos 150d pueden estar dispuestos también contrariamente a la geometría del borde de la cavidad 130d, es decir, que un ensanchamiento 150d puede estar dispuesto en un lugar, en el que la cavidad 130d o bien el borde de la cavidad 140d presenta un ensanchamiento o bien un valle de la onda 144d.
- La figura 8a muestra una vista en planta superior esquemática de la superficie 110e del lado de la cámara de combustión de otra forma de realización de un pistón 100e de la presente invención. La superficie 110e del lado de la cámara de combustión presenta una cavidad 130e esencialmente de forma circular, que está configurada concéntricamente al borde exterior 170e de la superficie del lado de la cámara de combustión o bien a la superficie envolvente 106e del pistón. Además, la forma de realización de la figura 8a muestra cuatro ensanchamientos 150e, respectivamente, con un borde de ensanchamiento 155e, que se extienden desde el borde de la cavidad 140e, especialmente desde secciones 142e del borde de la cavidad radialmente hacia fuera. A modo de ejemplo, se representan adicionalmente dos bolsas 180c, especialmente planas, para el alojamiento de las válvulas que penetran en la cámara de combustión. En el caso de una culata de 4 válvulas, deben estar presentes, naturalmente, 4 de tales posiciones libres.
- La expresión “plana” designa aquí una profundidad, que es menor que la profundidad de los ensanchamientos  $t_{aus}$ . Por ejemplo, la profundidad de las bolsas 180e puede ser sólo 10 % o 20 % de la profundidad de los ensanchamientos.
- Como muestra ya las figuras 6a y 6b, también la figura 8a muestra el círculo interior 160e de una ranura anular 120e. En una forma de realización con soporte anular, el círculo interior 160e designa el canto trasero de un soporte anular 107e en dirección radial hacia dentro.
- La figura 8b muestra la sección ampliada A-A de la figura 8aa. La cavidad 130e presenta un fondo de cavidad 132e, que pasa en el borde al borde de la cavidad 140e. Desde el borde de la cavidad 140e se extiende entonces el ensanchamiento 150e. En la superficie envolvente 106e del pistón 100e está practicada a modo de ejemplo una ranura anular 120e con un soporte anular 107e.
- De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, el ensanchamiento 150e presenta una cavidad  $t_{aus}$  en la dirección axial del pistón 100e frente a la superficie 110e del lado de la cámara de combustión y la cavidad presenta una profundidad máxima  $t_{max}$  de la misma manera en la dirección axial del pistón 100e. Las profundidades  $t_{aus}$  y  $t_{max}$  se pueden medir en cada caso desde la superficie 110e del lado de la cámara de combustión. La profundidad  $t_{aus}$  del ensanchamiento 150e es menor que la profundidad máxima  $t_{max}$  de la cavidad.
- De acuerdo con algunas formas de realización de la presente invención, que se pueden combinar con otras formas de realización, la profundidad  $t_{aus}$  del ensanchamiento 150 está entre 30 % y 70 %, en particular entre 40 % y 60 %

de manera preferida entre 45 % y 55 % de la profundidad máxima  $t_{max}$  y de la cavidad en dirección axial del pistón.

Entre la superficie 110e y el ensanchamiento 150e o bien el borde del ensanchamiento 155e se forma un primer canto de aceleración 190, y entre un fondo del ensanchamiento 156e y el borde de la cavidad 140e se forma un segundo canto de aceleración. Por consiguiente, a través de la relación de la profundidad del ensanchamiento 150e con respecto a la cavidad 130e aparecen dos cantos de aceleración 190, 191. Durante la inyección, un combustible o una mezcla de combustible circula sobre los cantos de aceleración 190, 191. En este caso, se acelera el combustible a través de la ampliación de la geometría del ensanchamiento 150e. Esto acelera el proceso de inyección y proporciona una combustión rápida.

Puesto que los ensanchamientos 150e se encuentran, por secciones, en el borde de la cavidad, aparecen diferentes velocidades en las secciones de la cavidad en la superficie del lado de la cámara de combustión, en el que está adyacente un ensanchamiento en comparación con las secciones del borde de la cavidad, en las que no está adyacente ningún ensanchamiento, llamadas también "nervaduras". Las diferentes velocidades en la cámara de combustión en lugares con ensanchamiento y en lugares, en los que se encuentran nervaduras, elevan la turbulencia en la cámara de combustión y, por lo tanto, esto conduce a una mezcla a fondo mejorada del combustible o de la mezcla de combustible con el aire en la cámara de combustión antes de la combustión.

La turbulencia elevada posibilita una compresión mejorada en comparación con superficies del lado de la cámara de combustión sin ensanchamientos de acuerdo con formas de realización de la presente invención y de esta manera proporciona una combustión más rápida, más eficiente y homogénea.

Típicamente, los cantos de aceleración 190, 191 o al menos el canto de aceleración 191 en la transición desde un plano de profundidad hacia el otro presentan una geometría de arista viva. En el ejemplo del canto de aceleración 190, se trata de la transición desde la superficie 110e del lado de la cámara de combustión hacia el borde del ensanchamiento 155e. El concepto de "arista viva" se refiere en este caso a una geometría, que no está esencialmente redondeada. En este contexto, el redondeado hasta 0,3 mm se designa todavía como "arista viva".

A través de cantos de aceleración de arista viva se intensifican adicionalmente los efectos anteriores como aceleración intensificada y elevación de la turbulencia. Los cantos están redondeados típicamente con un radio entre 0,1 mm y 0,3 mm para impedir un daño de los cantos a través de las altas temperaturas en la cámara de combustión. Un canto no redondeado comenzaría a ponerse al rojo vivo a las temperaturas durante el proceso de combustión y provocaría eventualmente encendidos, que pueden encender precozmente el combustible o la mezcla de combustible y, por lo tanto, reducen la eficiencia.

De acuerdo con otras formas de realización, la configuración del ensanchamiento 150e puede ser como en la sección A-A, es decir, con un fondo de ensanchamiento plano 156e. De acuerdo con otras formas de realización, el fondo del ensanchamiento 156e puede presentar también un perfil determinado. Este perfil puede contener, por ejemplo, uno o varios segmentos de arco circular y similares. Si el fondo 156e del ensanchamiento 150e está perfilado, entonces la profundidad  $t_{aus}$  se define a través de la profundidad máxima del ensanchamiento 150e en dirección axial.

También el fondo de la cavidad 132e puede ser plano o perfilado. En la forma de realización de la invención, que se muestra en la figura 8b, el fondo de la cavidad 132e presenta un cono interior 131e, que está configurado con preferencia simétricamente al eje S.

De acuerdo con otras formas de realización de la presente invención, que se pueden combinar con otras formas de realización, la cavidad 130e presenta en el centro, especialmente hacia el eje de simetría S, una zona, que presenta una profundidad más reducida que la profundidad máxima  $t_{max}$  de la cavidad. Con otras palabras, la cavidad es más plana hacia el centro del pistón que hacia el borde exterior de la cavidad 140e. Por ejemplo, como se muestra en la figura 8b, la cavidad 130e puede ser de forma cónica en el centro, pero también puede tener la forma de un cono aplanado o redondeado. De acuerdo con otras formas de realización, la cavidad 130e puede presentar hacia el centro también un aplanamiento en forma de sección esférica. De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el perfil de la cavidad 130e puede presentar también uno o varios segmentos circulares, escalones o cantos de aceleración.

Otras ventajas de formas de realización de la presente invención se pueden deducir con relación a la torsión de la mezcla de combustible y aire. Por ejemplo, en el caso de culatas de 4 válvulas del tipo de construcción moderna, la torsión de entrada se mantiene moderada. La geometría de la inyección de las toberas se puede optimizar para la mejora de la formación de la mezcla para 7 a 9 toberas perforadas. Típicamente, en este caso se genera de manera convencional una torsión a través de los canales de entrada, es decir, a través de los llamados canales tangenciales y canales en espiral. El índice de torsión típico puede estar en este diseño entre 1,3 y 1,6. No obstante, en el caso de conversión de este diseño a un motor Otto con encendido directo, puede surgir el problema de que la propagación de la llama en la dirección circunferencial del pistón es demasiado reducida y, por lo tanto, la combustión se desarrolla de una manera más lenta que la deseada.

- 5 Por lo tanto, de acuerdo con otras formas de realización de la invención, que se pueden combinar con las otras formas de realización descritas aquí, a través de la configuración de la cámara de combustión se puede incrementar la velocidad circunferencial de la circulación alrededor de la cámara de combustión. A tal fin, de acuerdo con estas formas de realización, el ensanchamiento o los ensanchamientos están inclinados o bien basculados. La figura 9 muestra un fragmento de un pistón 100 configurado de esta manera e ilustra un basculamiento del ensanchamiento, que se pueden combinar por separado o conjuntamente con las otras formas de realización de la invención.
- 10 La figura 9 muestra una vista esquemática en perspectiva de una sección del lado de la cámara de combustión de un pistón 100. Éste presenta una superficie 110 en el lado de la cámara de combustión. La superficie del lado de la cámara de combustión contiene una cavidad esencialmente de forma circular, que está configurada en el ejemplo de la figura 9 concéntricamente al borde exterior 170 de la superficie del lado de la cámara de combustión hacia la superficie envolvente 106 del pistón. Además, la figura 9 muestra tres ensanchamientos 150, respectivamente, con un borde de ensanchamiento 155 y con un fondo de ensanchamiento 156, que se extienden desde el borde de la cavidad 140, especialmente desde secciones 142 (ver la figura 11) del borde de la cavidad radialmente hacia fuera.
- 15 De acuerdo con formas de realización típicas, la cavidad tiene un fondo de cavidad 132, que pasa en el borde hacia el borde de la cavidad 140. El fondo de la cavidad puede estar configurado de acuerdo con una de las formas de realización descritas anteriormente. En combinación con ensanchamientos inclinados mostrados en la figura 9, es especialmente ventajoso un fondo de cavidad 132 con un cono interior dispuesto en una zona interior, como se representa, por ejemplo, en la figura 8. Desde el borde de la cavidad 140 se extiende entonces el ensanchamiento 150.
- 20 Como se representa en la figura 9, en zonas sin ensanchamiento, el borde de la cavidad en la nervadura, es decir, el canto 141 se extiende en la superficie 110 del lado de la cámara de combustión. En zonas con ensanchamiento 150 (ver el signo de referencia 142 en la figura 11), el borde de la cavidad 140 en el canto de aceleración 991 pasa al fondo del ensanchamiento 156, que desemboca de nuevo en el borde del ensanchamiento 155. El borde de ensanchamiento forma con la superficie 110 del lado de la cámara de combustión el otro canto de aceleración 190.
- 25 De acuerdo con algunas formas de realización de la invención, el canto de aceleración 991 o bien el fondo del ensanchamiento 156 están basculados. Esto se muestra en la figura 9 por medio el ángulo  $\gamma$ , que se representa entre el canto de aceleración 991 y la línea auxiliar punteada, que ilustra un plano perpendicularmente al eje del pistón de la máxima profundidad del fondo del ensanchamiento 156. Con respecto al canto de aceleración 991, el ángulo  $\gamma$  resulta a través de una tangente opcional en el canto de aceleración 991 y el plano que se extiende a través de la línea auxiliar punteada, es decir, un plano perpendicularmente al eje del pistón. De manera similar, el ángulo  $\gamma$  resulta a través de la sección de este plano con el plano formado por el fondo del ensanchamiento 156.
- 30 Otras formas de realización alternativas se pueden configurar porque en el caso de un pistón con 2 o más ensanchamientos, el ángulo de inclinación  $\gamma$  es idéntico para todos los ensanchamientos. De manera alternativa a ello, el ángulo de inclinación o bien el ángulo de ataque de los ensanchamientos se puede variar para ensanchamientos individuales o para grupos de ensanchamientos, para mejorar el control de la torsión o bien de la velocidad circunferencial de la circulación. Tal variación puede estar correlacionada, entre otras cosas, con una posición de un ensanchamiento, que corresponde a una posición de las bujías de encendido.
- 35 Especialmente con relación a las coordenadas del ángulo del pistón con respecto a una posición de las bujías de encendido en el motor, se pueden configurar diferentes formas de realización también de la siguiente manera. Por un lado – como se representa en la figura 9- los tres ensanchamientos 150 pueden estar distribuidos de una manera uniforme sobre el borde 140 de la cavidad o bien las nervaduras 141 entre los ensanchamientos respectivos pueden tener la misma longitud. Por otro lado, en otras formas de realización de la presente invención, los ensanchamientos 150 pueden estar distribuidos también de forma irregular sobre el borde de la cavidad 140. Una distribución irregular, es decir, longitudes de nervaduras variables, puede conducir, por ejemplo, a una mejora de las relaciones de la circulación en la zona de la bujía de encendido. Por ejemplo, en el caso de 3, 4 ó 5 ensanchamientos o escotaduras en la cámara de combustión, los ensanchamientos o escotaduras pueden estar dispuestos a escasa distancia (nervaduras estrechas) y una distancia claramente mayor (nervadura más ancha), por ejemplo una nervadura con al menos una longitud 50 % mayor en comparación con las nervaduras estrechas, puede estar configurada entre el cuarto y el primer ensanchamiento.
- 40 Como se representa en la figura 10, el ensanchamiento 150 presenta una profundidad máxima  $t_{aus}$  en la dirección radial del pistón 100 frente a la superficie 110 del lado de la cámara de combustión y la cavidad presenta una profundidad máxima  $t_{max}$  de la misma manera en la dirección axial del pistón 100. Las profundidades  $t_{aus}$  y  $t_{max}$  se pueden medir en cada caso desde la superficie 110 del lado de la cámara de combustión. La profundidad máxima  $t_{aus}$  del ensanchamiento 150 es menor que la profundidad máxima  $t_{max}$  de la cavidad.
- 45 Como se representa en la figura 10, el ensanchamiento 150 presenta una profundidad máxima  $t_{aus}$  en la dirección radial del pistón 100 frente a la superficie 110 del lado de la cámara de combustión y la cavidad presenta una profundidad máxima  $t_{max}$  de la misma manera en la dirección axial del pistón 100. Las profundidades  $t_{aus}$  y  $t_{max}$  se pueden medir en cada caso desde la superficie 110 del lado de la cámara de combustión. La profundidad máxima  $t_{aus}$  del ensanchamiento 150 es menor que la profundidad máxima  $t_{max}$  de la cavidad.
- 50 De acuerdo con algunas formas de realización de la presente invención, que se pueden combinar con otras formas de realización, la profundidad máxima  $t_{aus}$  del ensanchamiento 150 está entre 30 % y 70 %, en particular entre 40 % y 60 % y de una manera preferida entre 45 % y 55 % de la profundidad máxima  $t_{max}$  de la cavidad en la dirección

axial del pistón

La figura 10 muestra, además, una vista esquemática de un pistón configurado con ensanchamientos 150 basculados. La superficie 110 presenta una cavidad 130 con un borde de cavidad 140 y un ensanchamiento 150, que se extiende desde el borde de la cavidad, con un borde de ensanchamiento 155. El fondo del ensanchamiento 156 se representa aquí parcialmente visible a través de la inclinación del fondo con relación a un plano que está perpendicularmente al eje S. La parte no visible en la representación en sí del fondo del ensanchamiento está indicada por medio de la línea punteada. De acuerdo con formas de realización de la presente invención, que se pueden combinar con otras formas de realización, la forma del ensanchamiento puede estar configurada con preferencia esencialmente de forma circular, en forma de segmento circular o de forma elíptica o puede presentar cualquier otra forma. Como se representa en la figura 10, la cavidad 130 contiene un fondo de cavidad 132, presentando el fondo de la cavidad 132 una profundidad  $t_{max}$  con respecto a la superficie 110 del lado de la cámara de combustión. En cambio, el ensanchamiento 150 con el fondo de ensanchamiento 156, que se extiende desde el borde de la cavidad 140, en particular desde una sección 142 del borde de la cavidad 140, presenta una profundidad máxima  $t_{aus}$  más reducida con respecto a la superficie del lado de la cámara de combustión. En este caso, la profundidad  $t_{aus}$  más reducida debe entenderse como la profundidad máxima del fondo del ensanchamiento.

Una sección del borde de la cavidad debe entenderse en este contexto como una parte o una sección parcial del borde de la cavidad. Si el borde de la cavidad está configurado, por ejemplo, de forma circular, la sección 142 puede ser un arco circular con un ángulo  $\alpha$  opcional. No obstante, una sección se puede definir también sobre una porción de la periferia del borde de la cavidad. Si la cavidad está configurada, por ejemplo, de forma elíptica, un ensanchamiento puede estar adyacente, por ejemplo, al 25 % del borde de la cavidad, que corresponde al perímetro de la elipse. Típicamente, también puede variar la forma de la cavidad, de acuerdo con el campo de aplicación y de utilización del pistón correspondiente. De acuerdo con algunas de las formas de realización de la invención representadas aquí, la cavidad 130 está configurada de forma circular, pero también puede estar configurada esencialmente en forma de elipse o puede presentar otra forma.

Para la aclaración adicional, la figura 11 ilustra la inclinación o basculamiento de los ensanchamientos en otra representación. En este caso, se trata de una proyección del perímetro desde la visión del ángulo S en un plano de la hoja. La extensión horizontal en la figura 11 se puede asociar de esta manera a un ángulo de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ . Entre la superficie o bien el canto 110' y el ensanchamiento 150 o bien el borde del ensanchamiento 155 se forma un primer canto de aceleración 190, y entre un fondo del ensanchamiento y el borde de la cavidad 140/142 se forma un segundo canto de aceleración 991. Por consiguiente, a través de la relación de la profundidad del ensanchamiento 150 con respecto a la profundidad de la cavidad hasta el fondo de la cavidad o bien hasta el canto 132' respectivo, aparecen dos cantos de aceleración 190, 991. Durante la aceleración, un combustible o una mezcla de combustible circula sobre los cantos de aceleración 190, 991. En este caso, el combustible es acelerado a través de la ampliación de la geometría del ensanchamiento 150. Esto acelera el proceso de inyección y proporciona una combustión rápida. Además, a través de la inclinación del ensanchamiento 150 se eleva la velocidad circunferencial de la circulación, es decir, del combustible o bien de la mezcla de combustible. Esto es especialmente efectivo cuando el pistón se mueve hacia el punto muerto superior antes del comienzo de la combustión.

De acuerdo con formas de realización típicas de la invención, el ángulo  $\gamma$ , es decir, el ángulo de inclinación del ensanchamiento 150 puede tener al menos  $3^\circ$ . En particular, el ángulo de basculamiento del ensanchamiento puede tener al menos  $4^\circ$ , por ejemplo puede estar entre  $4^\circ$  y  $20^\circ$ , en particular entre  $5^\circ$  y  $15^\circ$ . De acuerdo con las relaciones de la superficie entre la superficie de aplastamiento (banda Squish), la geometría de la escotadura, el ángulo de ataque y la torsión de salida se puede elevar la torsión para un diseño de un procedimiento de combustión de alta turbulencia. En la figura 11, este ángulo se representa de la misma manera a través de  $\gamma$  con relación a un plano perpendicular al eje del pistón (línea horizontal en la figura 11).

Como se puede ver en la figura 11, el canto 991 del borde del ensanchamiento 155, que se puede designar también como un canto de aceleración, está dispuesto en una sección 142 del borde de la cavidad 140.

Puesto que los ensanchamientos 150 se encuentran por secciones en el borde de la cavidad, aparecen diferentes velocidades en las secciones de la cavidad en la superficie del lado de la cámara de combustión, en las que está adyacente un ensanchamiento en comparación con las secciones del borde de la cavidad, en las que no está adyacente ningún ensanchamiento, llamadas también "nervaduras" 141. Las diferentes velocidades en la cámara de combustión en lugares con ensanchamiento y en lugares, en los que se encuentran nervaduras, elevan la turbulencia en la cámara de combustión y, por lo tanto, conducen a una mezcla a fondo mejorada del combustible o de la mezcla de combustible con el aire en la cámara de combustión antes de la combustión. La turbulencia elevada posibilita una compresión mejorada en comparación con superficies del lado de la cámara de combustión sin ensanchamientos de acuerdo con formas de realización de la presente invención y de esta manera provoca una combustión más rápida, más eficiente y homogénea.

Además, el basculamiento en ensanchamientos, es decir, de la superficie del fondo de los ensanchamientos conduce a una elevación selectiva de la torsión. Por lo tanto, por ejemplo, también en el caso de un encendido

directo, la propagación de la llama en la dirección circunferencial del pistón puede ser suficiente para posibilitar la combustión a una velocidad deseada.

5 En la figura 12 se representa otra forma de realización de la presente invención. Se puede ver, de una manera similar a la figura 8a, una vista en planta superior esquemática de una superficie 110f del lado de la cámara de combustión de un pistón 100f. A modo de ejemplo se muestran cuatro ensanchamientos 150f, que se extienden desde secciones 142f del borde de la cavidad 140f. La cavidad 130f presenta un borde de cavidad 140f configurado esencialmente de forma circular. El centro de la cavidad 137 no está dispuesto sobre el eje P del pistón, que abarca el centro del borde exterior 170f del pistón. Es decir, que la cavidad está dispuesta asimétrica, en particular excéntricamente con respecto al eje P. El desplazamiento del centro de la cavidad 137 con respecto al eje P del pistón 100f se manifiesta a través de una distancia 'a'. Típicamente, la distancia 'a' presenta un valor en el intervalo de algunos milímetros, por ejemplo entre uno y cinco milímetros y de una manera más preferida entre dos y tres milímetros.

15 De acuerdo con otras formas de realización de la presente invención, la sección del borde de la cavidad 142, en la que está adyacente un ensanchamiento, y el borde de la cavidad 140f presentan una relación definida. Como se deduce a partir de las figuras anteriores, esta relación puede variar en gran medida. Por ejemplo, en la figura 4 la relación entre la sección 142 y el borde de la cavidad 140 con aproximadamente 70 % puede ser muy alta, o como se muestra en la figura 5, la relación de todas las secciones 142b del borde de la cavidad 140b con respecto al borde de la cavidad 140 con aproximadamente 30 % puede ser relativamente reducida.

20 Típicamente, la relación de una sección del borde de la cavidad, en la que está adyacente un ensanchamiento, con respecto a todo el borde de la cavidad está entre 10 % y 70 %, en particular entre 15 % y 50 % y de una manera más preferida entre 20 % y 30 %.

25 En el caso de que estén formados varios ensanchamientos, la relación de la suma de todas las secciones, en las que están adyacentes ensanchamientos, con respecto a todo el borde de la cavidad, en función del número de ensanchamientos, está entre 30 % y 70 %, en particular entre 40 % y 60 % y de una manera más preferida entre 45 % y 55 %.

En los dibujos se muestran a modo de ejemplo uno, dos, tres o cuatro ensanchamientos. No obstante, de acuerdo con otras formas de realización de la presente invención, el número de los ensanchamientos puede ser también mayor que cuatro, por ejemplo cinco, ocho o incluso más de ocho.

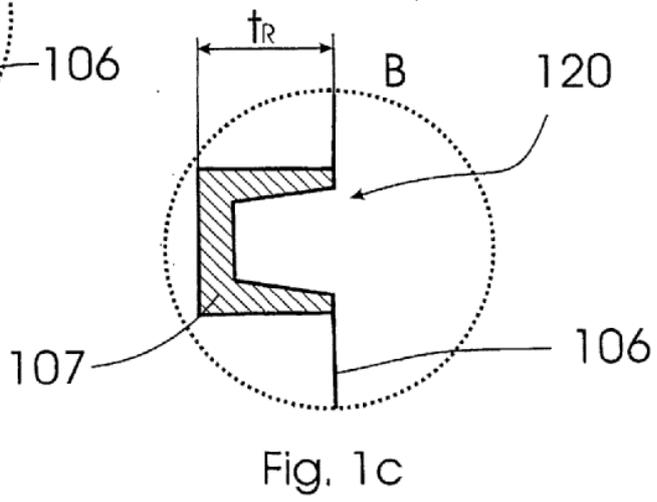
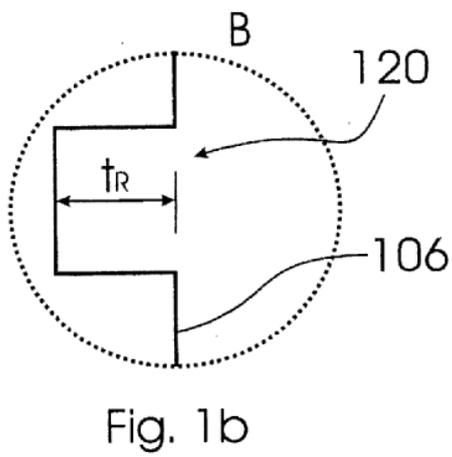
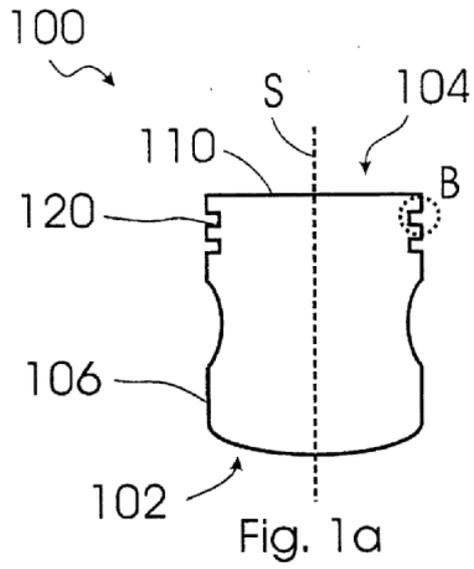
30 Aplicaciones no acordes con la invención para un pistón con la configuración descrita anteriormente de la superficie del lado de la cámara de combustión son, por ejemplo, motores de autoencendido. Típicamente, tales pistones se pueden emplear en motores de gas. A través de la utilización de pistones con la geometría mostrada en esta solicitud con la ayuda de las figuras se puede elevar en un motor de gas, por ejemplo, la compresión de 11:1 a 13,5:1, en comparación con la compresión de un motor con geometría conocida del pistón.

35 Las características de la invención, que se publican en la descripción anterior, en las reivindicaciones así como en los dibujos, pueden ser esenciales tanto individualmente como también en cualquier combinación discrecional para la realización de la invención en sus diferentes formas de realización.

## REIVINDICACIONES

- 1.- Motor Otto con un pistón (100, 100a – 100f), en el que el pistón (100, 100a – 100f) presenta una superficie (110, 110a - 110f) en el lado de la cámara de combustión, en el que en la superficie está dispuesta una cavidad (130, 130a – 130f) con un borde de cavidad (140, 140a – 140f) y un fondo de cavidad (132, 132a- 132f), en el que la cavidad presenta una profundidad máxima  $t_{max}$  en la dirección axial del pistón, medida desde la superficie en el lado de la cámara de combustión, en el que al menos un ensanchamiento (150, 150a – 150f) se extiende desde una sección del borde de la cavidad (142 142a – 142f) y presenta una profundidad máxima  $t_{aus}$ , en el que la profundidad máxima  $t_{aus}$  del ensanchamiento en la dirección axial del pistón es menor que la profundidad de la cavidad  $t_{max}$ , en el que el al menos un ensanchamiento (150, 150a-f) comprende un fondo de ensanchamiento (156), en el que el fondo del ensanchamiento o el canto (991) entre el borde de la cavidad (140, 142) y el al menos un ensanchamiento está inclinado en un ángulo de inclinación con respecto a un plano perpendicularmente a la dirección axial del pistón, caracterizado porque la profundidad máxima del al menos un ensanchamiento  $t_{aus}$  alcanza entre 45 % y 55 % de la profundidad máxima  $t_{max}$  de la cavidad y porque el fondo de la cavidad (132e) es menos profundo en dirección radial al centro del fondo de la cavidad que en dirección radial hacia el borde exterior de la cavidad (140e).
- 2.- Motor Otto de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el pistón presenta al menos dos ensanchamientos, en particular al menos tres ensanchamientos.
- 3.- Motor Otto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el borde de la cavidad (140, 140a – 140f) es esencialmente de forma circular en la superficie (110, 110a – 110f) en el lado de la cámara de combustión del pistón y en el que la cavidad (130, 130a – 130e, 130f) está configurada esencialmente concéntrica o esencialmente excéntrica al borde exterior (170c – 170e, 170f) de la superficie (110, 110a – 110f) en el lado de la cámara de combustión del pistón.
- 4.- Motor Otto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el pistón presenta al menos un primer canto de aceleración (190) entre la superficie (110, 110a -110f) en el lado de la cámara de combustión y el al menos un ensanchamiento (150, 150a – 150f) y al menos un segundo canto de aceleración (191) entre el al menos un ensanchamiento (150, 150a – 150f) y la cavidad (130, 130a – 130f).
- 5.- Motor Otto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el fondo de la cavidad presenta una zona esencialmente de forma cónica.
- 6.- Motor Otto de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la zona de la cavidad esencialmente de forma cónica está dispuesta esencialmente concéntrica a la cavidad.
- 7.- Motor Otto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el pistón (100, 100a - 100f) presenta una superficie envolvente de pistón (106), que comprende una ranura anular (120, 120e), que está diseñada para recibir un soporte anular (107, 107e) con un anillo de pistón, y en el que el al menos un ensanchamiento (150, 150a – 150f) está delimitado en dirección radial por la ranura anular.
- 8.- Motor Otto de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el ensanchamiento (150, 150a – 150f), en particular un borde del ensanchamiento (155, 155a – 155f), está dispuesto a una distancia de al menos 1 mm del soporte anular (107, 107e) de la ranura anular (120, 120e).
- 9.- Motor Otto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la forma del al menos un ensanchamiento es esencialmente en forma de segmento circular.
- 10.- Motor Otto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el motor Otto es un motor de gas.
- 11.- Motor Otto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la relación entre la suma de todas las secciones del borde de la cavidad (142, 142a – 142f), desde las que se extiende un ensanchamiento (150, 150a – 150f) y todo el borde de la cavidad (140, 140a – 140f) está entre 30 % y 70 %, especialmente entre 40 % y 60 %, con preferencia entre 45 % y 55 %.
- 12.- Motor Otto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la relación entre una sección del borde de la cavidad (142, 142a – 142f). desde el que se extiende un ensanchamiento (150, 150a – 150f) y todo el borde de la cavidad (140, 140a – 140f) está entre 10 % y 70 %, en particular entre 15 % y 50 %, con preferencia entre 20 % y 30 %.
- 13.- Motor Otto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el ángulo de inclinación es al menos 3°, en particular al menos 5°, muy especialmente está entre 4° y 20°.
- 14.- Motor Otto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el pistón comprende al menos un primero y un segundo ensanchamiento, y el ángulo de inclinación del primer ensanchamiento es igual al ángulo de inclinación del segundo ensanchamiento.

15.- Motor Otto de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 14, en el que la pluralidad de ensanchamiento están distribuidos de forma irregular a lo largo del borde de la cavidad.



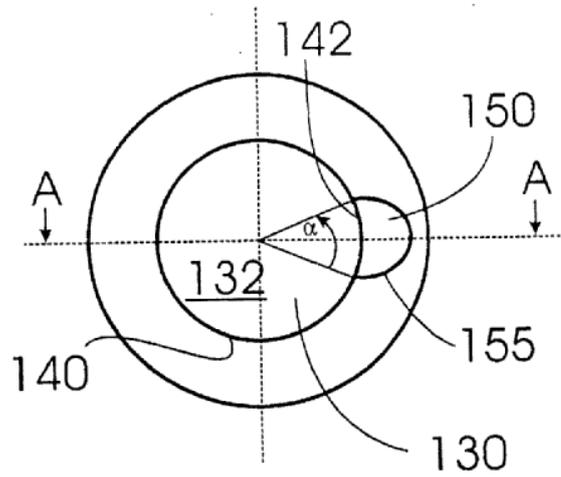


Fig. 2

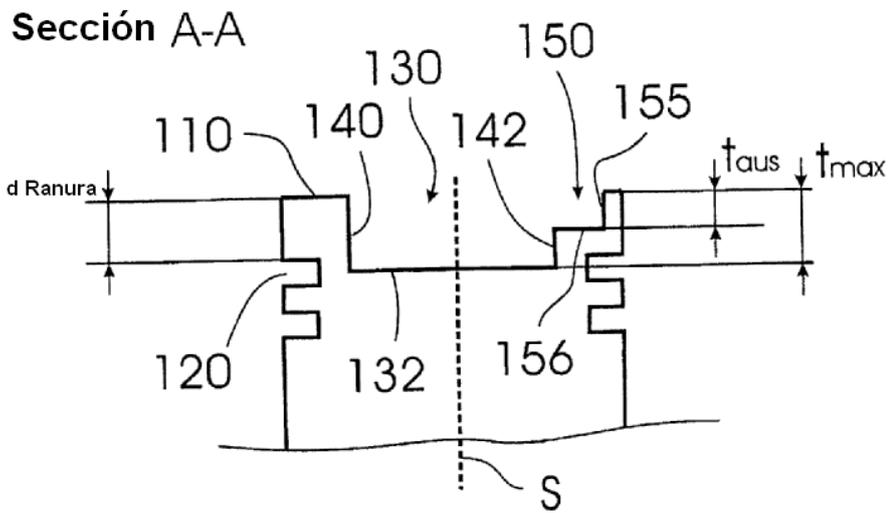


Fig. 3

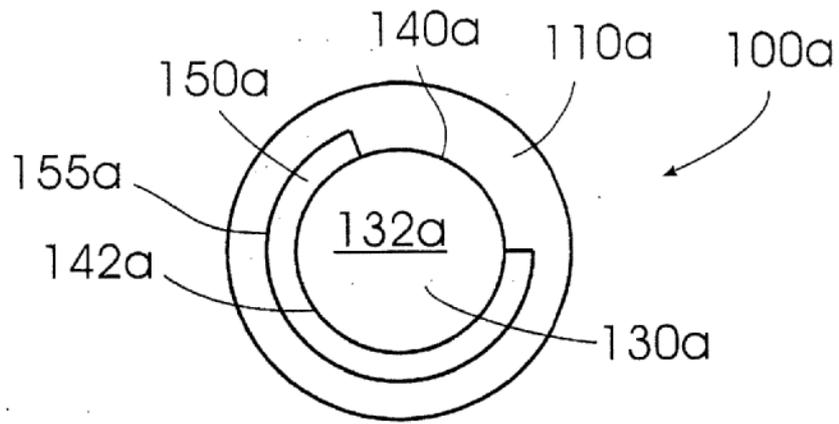


Fig. 4

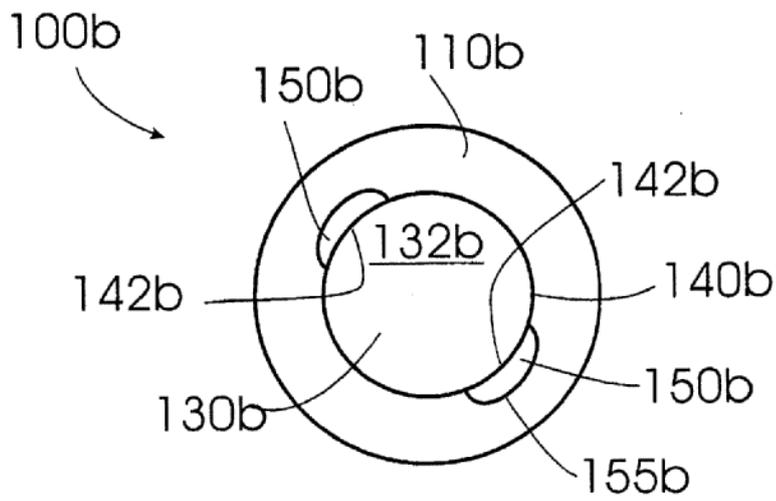


Fig. 5

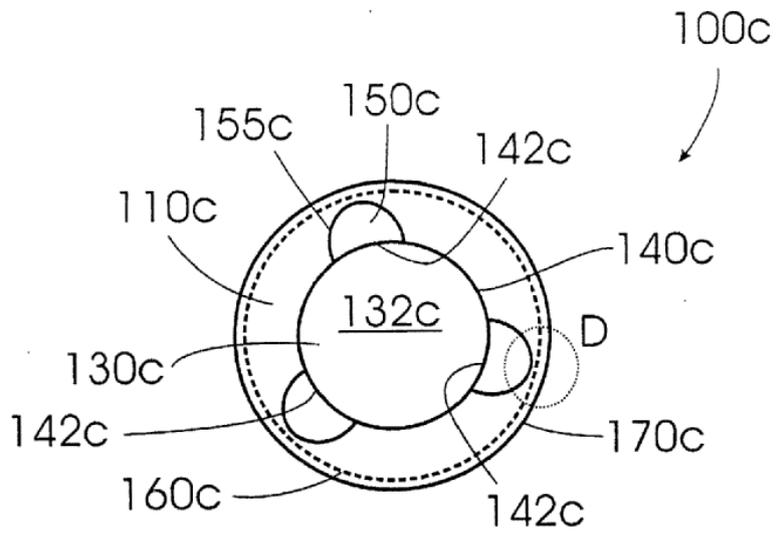


Fig. 6a

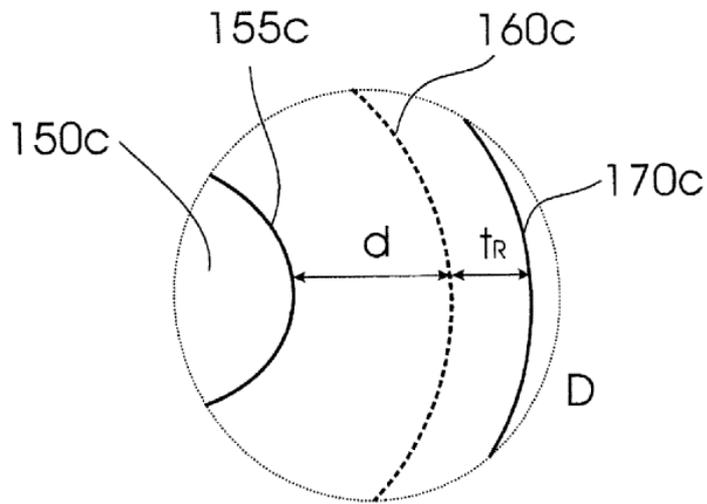


Fig. 6b

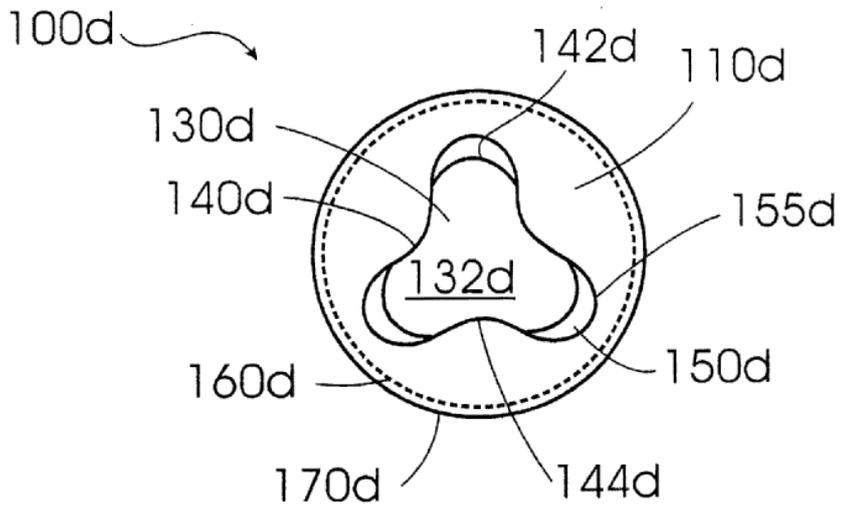


Fig. 7

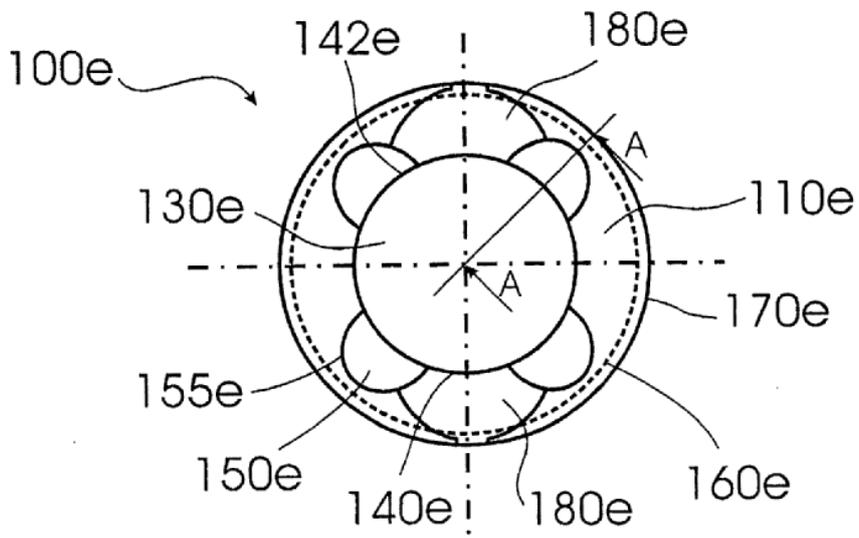


Fig. 8a

Sección A-A

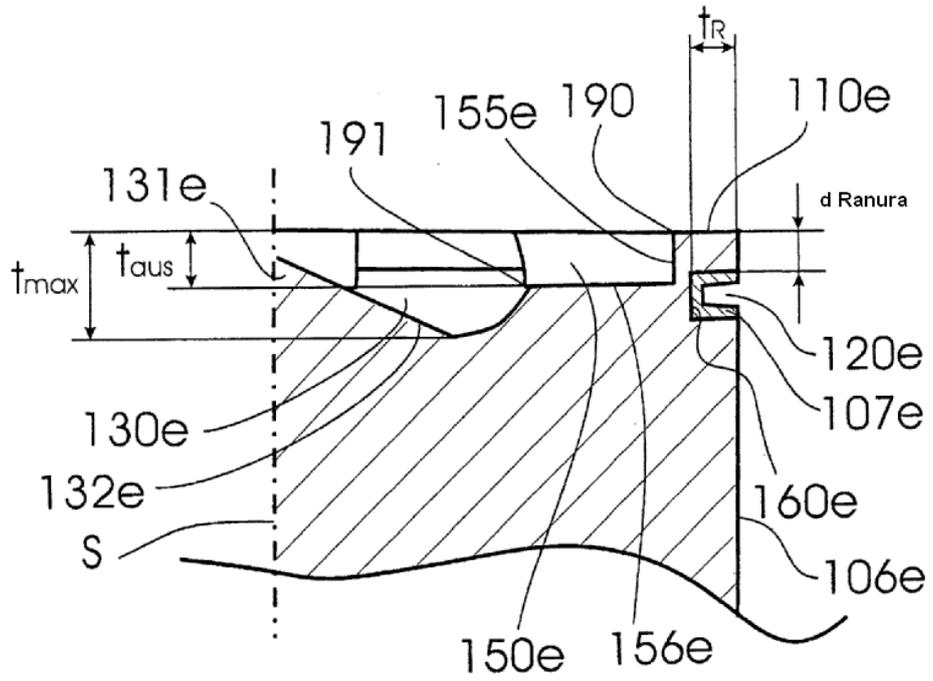


Fig. 8b

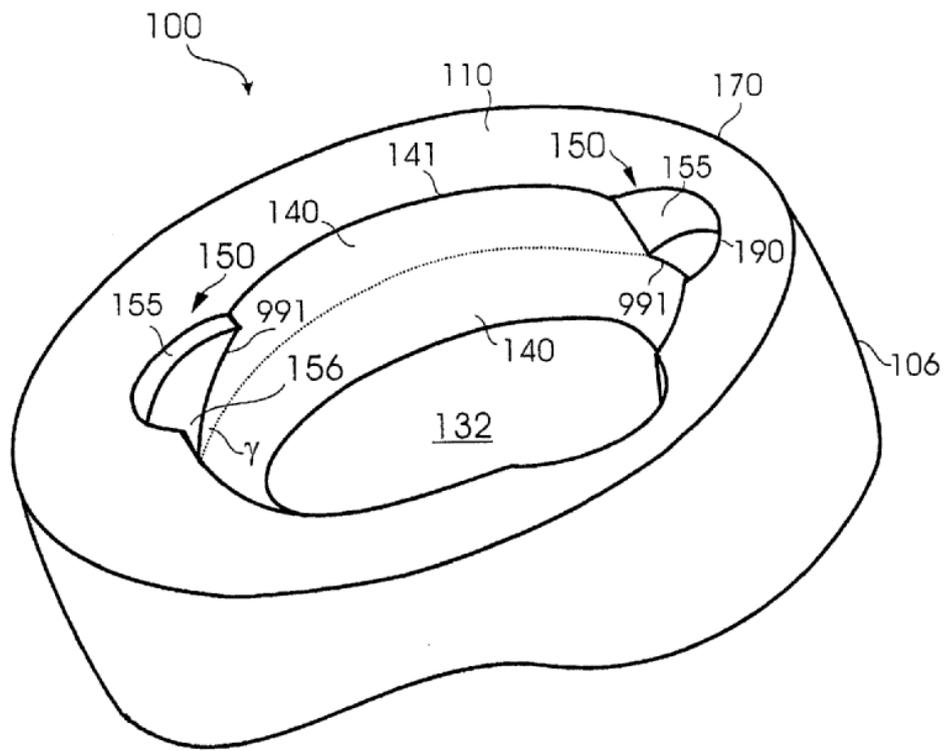


Fig. 9

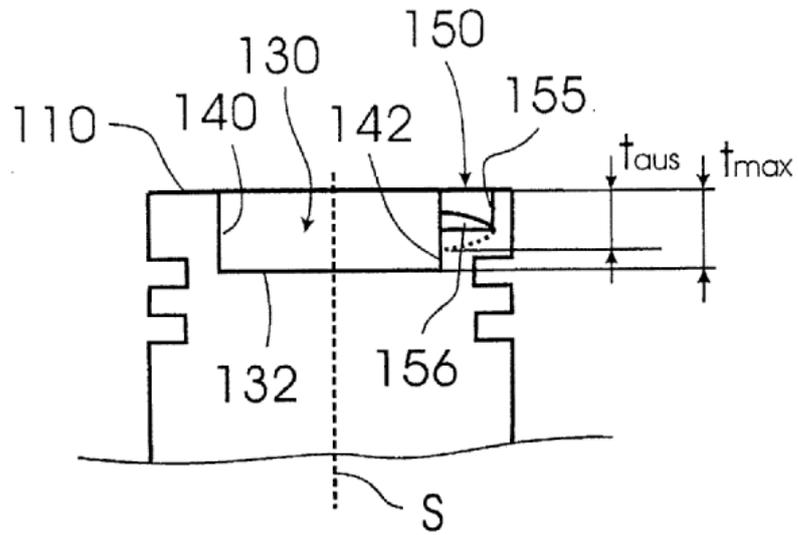


Fig. 10

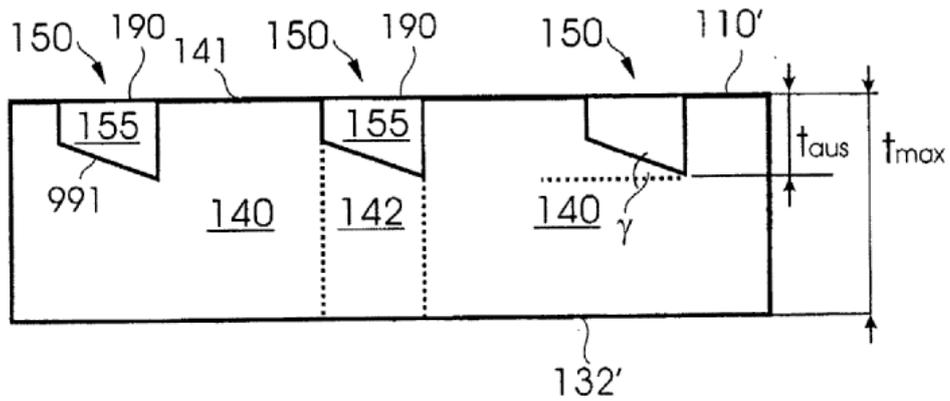


Fig. 11

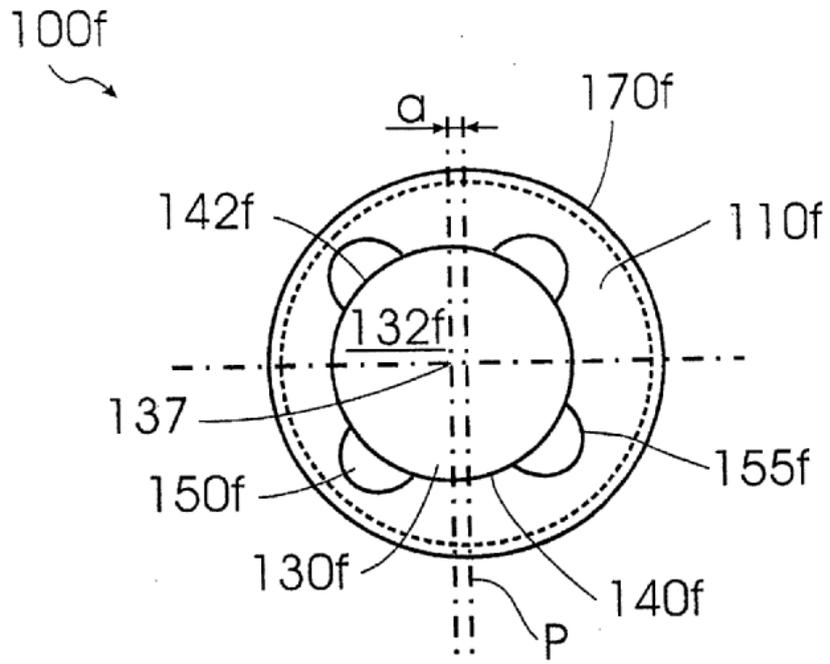


Fig. 12