

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 588 943**

51 Int. Cl.:

**F02B 23/06** (2006.01)

**F02F 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2007** E 07121505 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016** EP 2063081

54 Título: **Cabeza de pistón con doble concavidad de pistón reentrante**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.11.2016**

73 Titular/es:

**PERKINS ENGINES COMPANY LIMITED (100.0%)**  
**Eastfield**  
**Peterborough, PE1 5NA, GB**

72 Inventor/es:

**PARSI, MOHAMMAD;**  
**ENGLISH, WILLIAM ROBERT;**  
**ADDISON, JOHN R. y**  
**MACKAY, TOM**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 588 943 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

Cabeza de pistón con doble concavidad de pistón reentrante

**Campo técnico**

5 La presente divulgación versa en general sobre una cabeza de pistón y, más en particular, sobre una cabeza de pistón que tiene una doble concavidad de pistón reentrante.

**Antecedentes**

10 Los motores, incluyendo los motores diésel, los motores de gasolina, los motores de gas natural y otros motores conocidos en la técnica, desprenden una mezcla compleja de contaminantes atmosféricos. Los contaminantes atmosféricos están compuestos de compuestos gaseosos, que incluyen óxidos de nitrógeno y material sólido particulado que consiste fundamentalmente en carbono, llamado hollín.

15 Debido a la mayor atención al entorno, los estándares de emisión de escapes se han vuelto más estrictos. La cantidad de contaminantes atmosféricos emitidos de un motor puede ser regulada dependiendo del tipo de motor, del tamaño del motor y/o de la clase del motor. Un método que ha sido implementado por los fabricantes de motores para cumplir la normativa sobre el material particulado desprendido al entorno ha sido desarrollar nuevos motores, que mejoran la turbulencia y la mezcla de aire/combustible a la vez que permiten inyecciones tardías de combustible cerca del punto muerto superior (PMS).

20 Un método para mejorar la turbulencia es divulgado en la patente europea nº 0 911 500, que describe una cabeza de pistón para ser usada en un motor de combustión interna. La cabeza del pistón tiene una cara en la que está empotrada una concavidad del pistón. Esta concavidad del pistón comprende un espacio cilíndrico de entrada formado a lo largo de una superficie interna de la cabeza del pistón. Una porción reentrante está más empotrada con respecto a la entrada cilíndrica. Se proporciona una porción central elevada ligeramente elevada hacia arriba desde el fondo de la porción reentrante. Hay formada una restricción por debajo del espacio cilíndrico de entrada. Al final de una carrera de compresión, una porción de la cabeza del pistón dotada de borde comprime o somete a presión el aire atrapado en una cámara de combustión que comprende la cabeza para producir el flujo de aire comprimido que  
25 entre en la concavidad. La concavidad induce un torbellino de aire a lo largo de una pared interior de la cámara. Cuando el pistón baja en una carrera descendente, ocurrirá un flujo en torbellino de combustión en sentido inverso de gas y/o aire que fluye fuera de la concavidad. El espacio de entrada está dotado de un reborde afilado entre la cara y la pared del espacio del eje central de la cabeza, en el que se producirá menos flujo, lo que puede llevar a que el depósito se llene de hollín. Especialmente en una carrera descendente del pistón, tal hollín será extraído de la concavidad por aspiración debido a la presión reducida encima del espacio de entrada durante el flujo en torbellino de compresión en sentido inverso.

40 Aunque esta concavidad del pistón puede promover la mezcla de aire y de combustible pulverizado por la acción del torbellino de combustión en sentido inverso en una carrera de expansión, el torbellino resultante puede seguir siendo limitado. Puede producirse deposición de hollín en la concavidad del pistón, especialmente cerca del reborde que forma la conexión entre el espacio de entrada y la cara y en la conexión entre el espacio de entrada y la porción de reentrada. Además, puede producirse deposición de hollín, especialmente en partes de la porción elevada. Estas deposiciones pueden llevar a material sólido particulado ni deseado ni tolerable en los humos de escape. Además, el  
45 diseño de esta cabeza de pistón conocida y especialmente la concavidad del pistón pueden ser sensibles al desgaste mecánico y térmico. El reborde afilado puede ser propenso al desgaste por el aire y el combustible que fluyen delante del borde, lo que llevará a daños en el reborde, a depósitos de partículas metálicas finas procedentes del reborde en la concavidad y a depósitos de hollín. También reducirá la vida útil de la cabeza. Además, la humectación de la pared del espacio de entrada y de la porción elevada puede ser relativamente elevada, lo que puede llevar a más depósitos de hollín.

55 La patente europea 0 810 365 A1 da a conocer un motor diésel con inyección directa de combustible que comprende una cavidad de combustión que tiene una constricción cerca del lado de entrada que se extiende a una pared exterior inferior pasando por una transición con una sección muy redondeada. Una pared interior que define una porción central elevada es cóncava hasta un borde de desgarró que está situado aproximadamente a mitad de la profundidad de la cavidad de combustión. Cuando se mira en sección transversal radial, la distancia más corta entre las paredes exterior e interior disminuye continuamente desde el borde de desgarró hasta el punto más bajo de la cavidad.

La cabeza de pistón dada a conocer va dirigida a abordar al menos uno de los problemas expuestos anteriormente.

**Compendio de la invención**

5 En un aspecto, la presente divulgación va dirigida a una cabeza de pistón que comprende una cara y una concavidad de pistón empotrada en dicha cara, concavidad que tiene un lado de entrada y un lado inferior. Hay formada una restricción entre el lado de entrada y el lado inferior. Se proporciona una porción reentrante en el lado inferior. Una superficie lateral anular se extiende entre la cara y la restricción, definiendo, al menos parcialmente, un espacio que se ensancha en la dirección del lado inferior.

10 En otro aspecto, la presente divulgación va dirigida a un método para mezclar combustible y aire en una concavidad del pistón. El método incluye meter aire y combustible en la concavidad y expandir el aire y el combustible en la dirección radialmente hacia fuera dentro de la concavidad y luego obligar al aire y el combustible expandidos a atravesar una restricción, para comprimir el aire y el combustible. El método incluye, además, expandir el aire y el combustible una segunda vez. El método también incluye insertar el aire y el combustible por una acción en torbellino y redirigir la mezcla para que se intersecte con el gas y el combustible que se expanden radialmente.

15 En otro aspecto, la presente divulgación va dirigida a un motor de explosión que comprende al menos un cilindro y una culata de cilindro asociada con el mismo para formar al menos una cámara de combustión. Se proporciona un dispositivo inyector de combustible en dicha culata de cilindro para pulverizar combustible en la cámara de combustión. Hay un pistón dispuesto en dicho al menos un cilindro para recibir el combustible pulverizado. El pistón tiene una cara y una concavidad de pistón empotrada en la cara, concavidad del pistón que tiene un lado de entrada, un lado inferior opuesto y una porción elevada en el lado inferior. Se proporciona una restricción entre el lado de entrada y el lado inferior. Se proporciona una porción reentrante al lado de la restricción orientado hacia el lado de entrada. Una superficie lateral anular se extiende entre el lado de entrada y la restricción, superficie lateral que define, al menos parcialmente, un espacio que se ensancha en la dirección de la restricción.

**Breve descripción de los dibujos**

25 La Fig. 1 es una ilustración diagramática y esquemática de un motor ejemplar divulgado de combustión interna;  
 la Fig. 2 es una vista en planta desde arriba de una realización ejemplar de una cabeza de pistón que puede ser usada en un motor según la Fig. 1;  
 la Fig. 3 es una vista lateral en sección transversal de una cabeza de pistón a lo largo de la línea A - A de la Fig. 2; y  
 30 la Fig. 4 es una vista ampliada de la cabeza del pistón de la Fig. 3.

**Descripción detallada**

En la Fig. 1 se ilustra un motor ejemplar 10 de combustión interna. El motor 10 de combustión interna está representado y descrito como un motor diésel. Sin embargo, se contempla que el motor 10 de combustión interna pueda ser cualquier otro tipo de motor de combustión interna, tal como, por ejemplo, un motor de gasolina, de gas natural, de queroseno o biocombustible. El motor 10 de combustión interna puede incluir un bloque 12 de motor con varios conjuntos 14 de pistones (solo se muestra uno) y una culata 16 de cilindro asociada con cada conjunto 14 de pistón. Para el motor 10 pueden proporcionarse un sistema 18 de accionamiento de válvulas, un sistema 20 de inducción de aire, un sistema 22 de combustible y un sistema 24 de escape.

40 El bloque 12 del motor puede ser un miembro estructural central que defina varios cilindros 26 (solo se muestra uno). Uno de los conjuntos 14 de pistones puede estar dispuesto de forma deslizante dentro de cada uno de los cilindros 26. Se contempla que el motor 10 de combustión interna pueda incluir un número cualquiera de cilindros 26 y que los cilindros 26 puedan estar dispuestos en una configuración "en línea", en una configuración en "V" o en cualquier otra configuración convencional.

45 Cada conjunto 14 de pistón puede estar configurado para tener un movimiento en vaivén entre una posición de punto muerto inferior (PMI), o posición más baja dentro del cilindro 26, y una posición de punto muerto superior (PMS), o posición más alta dentro del cilindro 26. En particular, el conjunto 14 de pistón puede incluir una cabeza 28 de pistón y una falda 40, conectada de forma pivotante a una biela 30, que, a su vez, está conectada de forma pivotante a un cigüeñal 32. La cabeza 28 de pistón y la falda 40 pueden estar fabricados integralmente o puede estar fabricados como partes separados y luego conectadas entre sí. El cigüeñal 32 del motor 10 de combustión interna puede estar dispuesto de forma rotativa dentro del bloque 12 del motor y cada conjunto 14 de pistón ser acoplado al cigüeñal 32 para que un movimiento deslizante de cada conjunto 14 de pistón dentro de cada cilindro 26 dé como resultado una rotación del cigüeñal 32. De modo similar, una rotación del cigüeñal 32 puede dar como resultado un movimiento deslizante de los conjuntos 14 de pistones. Cuando el cigüeñal 32 gira 180 grados, la cabeza 28 de pistón y la biela solidaria 30 se mueven una carrera completa entre el PMI y el PMS. El motor 10 de combustión interna puede ser un motor de cuatro tiempos, en el que un ciclo completo incluye un tiempo de admisión (PMS a PMI), un tiempo de compresión (PMI a PMS), un tiempo de expansión (PMS a PMI) y un tiempo de escape (PMI a PMS). También se contempla que el motor 10 de combustión interna pueda ser, de forma alternativa,

un motor de dos tiempo, en el que un ciclo completo incluye un tiempo de compresión/escape (PMI a PMS) y un tiempo de expansión/escape/admisión (PMS a PMI).

Según se ilustra en las Figuras 2 y 3, la cabeza 28 de pistón puede tener una estructura generalmente cilíndrica con un eje central 34 de la cabeza, y puede incluir un soporte 36 de cojinete de perno, uno o más surcos 38 para segmentos y una cara 42. El soporte 36 del cojinete de perno puede ser generalmente tubular, dispuesto transversalmente con respecto al eje longitudinal 34, y configurado para recibir un cojinete (no mostrado) para soportar de forma rotativa un perno (no mostrado) que conecta la cabeza 28 de pistón a la biela 30. Los surcos 38 para segmentos pueden incluir surcos anulares cortados en una superficie exterior curvada de la cabeza 28 del pistón y pueden estar configurados para recibir segmentos de engrase, segmentos de compresión o cualquier otro tipo de segmento de pistón conocido en la técnica. La cara 42 puede ser una superficie de pistón curvada o planaria contra la que los gases de combustión ejercen presión. La cara 42 puede proporcionar acceso a una concavidad 44 del pistón empotrada en la cara 42.

La concavidad 44 del pistón puede tener una forma sustancialmente anular, simétrica en rotación alrededor de un eje 46 de concavidad, eje 46 de la concavidad que puede estar desplazado con respecto al eje central 34 de la cabeza 28 de pistón, por ejemplo en una primera dirección, perpendicular al eje 46 de la concavidad, en aproximadamente 1,6 a 1,8 mm, y en una segunda dirección, perpendicular a la primera dirección y al eje 46 de la concavidad, en aproximadamente 2,5 a 2,7 mm. El eje 34 de la cabeza del pistón puede ser igual que el eje del cilindro y puede ser generalmente paralelo al eje 46 de la concavidad. La concavidad 44 del pistón puede ser formada mediante cualquier técnica aplicable de formación, tal como, sin limitación, forjado, fundición, torneado, fresado, taladrado o combinaciones de los mismos. La concavidad 44 del pistón también puede tener un lado 50 de entrada en la cara 42 y un lado inferior 52 opuesto al lado 50 de entrada.

Según se muestra en la Fig. 3, la concavidad 44 del pistón puede tener una superficie lateral anular 54 conectada a la cara 42 por un reborde 56. El reborde 56 puede ser redondeado. En una realización, el reborde 56 puede tener un radio  $R_1$  de entre aproximadamente 0 y 2 mm. En una segunda realización, el reborde puede tener un radio  $R_1$  de entre aproximadamente 0,2 y 1 mm. En una realización adicional, el radio  $R_1$  del reborde 56 puede estar en torno a 0,5 mm. La superficie lateral anular 54 puede estar conectada a una superficie inferior 58 de una porción reentrante 60 de la concavidad a través de un borde 62. La porción reentrante 60 puede tener una forma que se asemeje a una forma tiroidea, dotada de una sección transversal no circular. El borde 62 puede ser redondeado. En una realización, el borde 62 puede tener un radio  $R_2$  que puede estar entre aproximadamente 0 y 2 mm. En una segunda realización, el borde 62 puede tener un radio  $R_2$  entre 0,2 y 1 mm. En una realización adicional, el radio  $R_2$  puede estar en torno a 0,5 mm. En el lado inferior 52 puede proporcionarse una porción elevada 64. La superficie inferior 58 puede extenderse desde el borde 62 como una superficie continua curvada tridimensionalmente hacia la porción elevada 64.

La porción elevada 64 puede comprender una base 66 y una parte superior 68. La base 66 puede tener forma sustancialmente troncocónica, con un diámetro decreciente en la dirección del lado 50 de entrada. La parte superior 68 puede tener forma sustancialmente cónica, dotada de un diámetro decreciente en la dirección del lado 50 de entrada. Una punta 70 de la porción elevada 64 puede ser lisa, por ejemplo redondeada o inclinada, o puede ser inclinada de forma relativamente afilada. Una superficie 72 de la parte superior 68 puede estar conectada a una superficie 74 de la base 66 por un radio  $R_3$ . El radio  $R_3$  puede escogerse de modo que se proporcione una superficie intermedia lista para guiar el aire y el combustible. En una realización, el radio  $R_3$  puede estar, por ejemplo, entre aproximadamente 5 y 10 mm. En una realización adicional, el radio  $R_3$  puede estar en torno a 7,5 mm. Las superficies 72, 74 pueden formar una superficie lisa continua de la porción elevada 64, que puede estar conectada a la superficie inferior 58 por un radio  $R_4$ , que, en una realización, puede estar entre aproximadamente 3 y 10 mm. En una realización adicional, el radio  $R_4$  puede estar en torno a 6,5 mm. Una tangente  $T_1$  de la base 66 puede incluir un ángulo  $\alpha$  con el eje 46, que puede estar, por ejemplo, entre aproximadamente 0 y 30 grados. Una tangente  $T_2$  de la parte superior 68 puede incluir un ángulo  $\beta$  con el eje 46, que puede estar, por ejemplo, entre aproximadamente 45 y 75 grados. En una realización, el ángulo  $\alpha$  puede estar en torno a 27,5 grados y el ángulo  $\beta$  puede estar en torno a 65 grados.

La superficie inferior 58 puede comprender una primera sección curvada 76 conectada al borde 62, que, en una realización, puede tener un radio  $R_5$ , que puede estar, por ejemplo, entre aproximadamente 6 y 10 mm. En una realización, el radio  $R_5$  puede estar entre 7 y 9 mm. En una realización adicional, el radio  $R_5$  puede estar en torno a 8,9 mm. Una segunda sección curvada 78 puede estar conectada a la primera sección curvada 76, que, en una realización, puede tener un radio  $R_6$ , que puede estar entre aproximadamente 3 y 9 mm. En otra realización, el radio  $R_6$  puede estar entre 4 y 8 mm. En una realización adicional, el radio  $R_5$  puede estar en torno a 6,7 mm. La segunda sección 78 puede estar conectada directamente a la superficie 74 de la base 66. Alternativamente, puede proporcionarse una sección 80 sustancialmente plana o menos curvada entre la superficie 74 y la segunda sección 78.

Una tangente  $T_3$  de la superficie lateral anular 54 puede incluir un ángulo  $\gamma$  con el eje 46. En una realización, el ángulo  $\gamma$  puede estar, por ejemplo, entre aproximadamente 10 y 40 grados. En una realización adicional, el ángulo  $\gamma$  puede estar entre aproximadamente 20 y 35 grados. En otra realización, el ángulo  $\gamma$  puede estar en torno a 19,2

grados. La superficie lateral anular 54 puede inclinarse hacia fuera en la dirección del lado inferior 52, definiendo, al menos parcial, un espacio 82 que puede estar ensanchándose hacia el lado inferior 52. La superficie lateral 54 puede ser plana o curvada entre el reborde 56 y el borde 62. En una realización, la superficie lateral anular 54 puede ser sustancialmente plana entre el lado inferior del reborde 56 y el lado superior del borde 62. El espacio 82 puede ser, además, tal que pueda estar definido por al menos un primer plano imaginario  $P_1$  que se extiende sustancialmente perpendicular al eje longitudinal 46 del reborde 56, orientado hacia el lado inferior 52, y un segundo plano imaginario  $P_2$  que se extiende sustancialmente paralelo al primer plano  $P_1$  en el borde 62. La porción elevada 64 puede extenderse al espacio 82, al menos con la punta 70 y parte de la superficie 72. Esto puede significar que la porción elevada 64 intersecta con al menos el segundo plano imaginario  $P_2$ . Por ello, pueden reducirse el espacio 82 y especialmente el espacio muerto alrededor del eje 34 en la concavidad. La punta 70 puede extenderse de la superficie inferior a una altura  $H_1$ , de modo que la punta 70 esté a una distancia  $H_2$  por debajo de la cara 42, medida a lo largo del eje 46. La distancia  $H_2$  puede estar, por ejemplo, entre aproximadamente 4 y 15 mm. En una realización, la distancia  $H_2$  puede estar entre aproximadamente 4 y 12 mm. En otra realización, la distancia  $H_1$  puede estar en torno a 5 mm. El segundo plano imaginario  $P_2$  puede estar situado debajo de la cara 42 a una distancia  $H_3$ , que puede ser mayor que  $H_2$ . La distancia  $H_3$  puede estar, por ejemplo, entre 2 y 15 mm. En una realización, la distancia  $H_3$  puede estar entre aproximadamente 6 y 7 mm.

La cabeza 28 puede tener un diámetro  $D_1$  mayor que el diámetro del lado 50 de entrada dentro del reborde 56. En una realización, el diámetro  $D_1$  puede estar, por ejemplo, entre aproximadamente 90 y 150 mm. En otra realización, el diámetro  $D_1$  puede estar entre aproximadamente 100 y 140 mm, por ejemplo 105 mm. La concavidad 44 puede tener en el lado 50 de entrada un diámetro  $D_2$ , que puede estar, por ejemplo entre aproximadamente 40 y 60 mm. En una realización, el diámetro  $D_2$  puede estar entre aproximadamente 45 y 55. En una realización adicional, el diámetro  $D_2$  puede estar en torno a 49,4 mm. La porción reentrante 62 puede tener un diámetro máximo  $D_3$ , que, en una realización, puede estar entre aproximadamente 55 y 70 mm. En otra realización el diámetro  $D_3$  puede estar entre aproximadamente 60 y 67 mm. En otra realización el diámetro  $D_3$  puede estar en torno a 63,3 mm. En una realización, la distancia  $H_4$  entre la cara 42 y el lado inferior 52 puede estar entre aproximadamente 18 y 24 mm. En otra realización, la distancia  $H_4$  puede estar entre aproximadamente 19 y 23 mm. En una realización adicional, la distancia  $H_4$  puede estar en torno a 21,9 mm. En una realización, la línea central 48 de la porción reentrante 62 puede estar a una distancia  $H_5$  de entre aproximadamente 11 y 16 mm por debajo de la cara 42. En otra realización, la distancia  $H_5$  puede estar entre aproximadamente 12 y 15 mm. En una realización adicional, la distancia  $H_5$  puede estar en torno a 14,4 mm. En una realización, la concavidad 44 puede tener un volumen  $V$  de entre aproximadamente 40 y 60 centímetros cúbicos ( $\text{cm}^3$ ). En otra realización, el volumen  $V$  puede estar entre aproximadamente 42 y 52  $\text{cm}^3$ . En una realización adicional, la concavidad 44 puede tener un volumen  $V$  de aproximadamente 47  $\text{cm}^3$ .

Según se muestra en la Fig. 4, entre una tangente  $T_3$  a la superficie lateral anular 54 y la superficie inferior 58 de la porción reentrante 62 puede estar acotada un área rebajada 84. La profundidad máxima  $B_1$  del área rebajada 84, medida sustancialmente perpendicular al eje 34, puede estar entre aproximadamente 1 y 5 mm. En una realización, la profundidad  $B_1$  puede estar entre aproximadamente 2 y 4 mm. En una realización adicional, la profundidad  $B_1$  puede estar en torno a 4 mm.

En una realización entre el reborde 56 y la porción elevada 62 puede proporcionarse una restricción, tal como un área 86 de restricción. En una realización adicional, entre el borde 62 y la porción elevada 64 puede proporcionarse una restricción, tal como un área 86 de restricción. En otra realización, entre el borde 62 y la parte superior 68 puede formarse una restricción 86. La anchura mínima  $B_2$  de la restricción 86 puede estar entre aproximadamente 10 y 18 mm. En una realización, la anchura  $B_2$  puede medirse entre el borde 62 y la porción elevada 64. En una realización, la restricción 86 puede tener una forma cónica sustancialmente truncada.

En una realización, puede usarse una cabeza 28 de pistón que tenga un diámetro  $D_1$  mayor o menor que el presentado anteriormente. La concavidad 44 del pistón puede entonces ser idéntica en forma y dimensiones a la presentada anteriormente o puede ser aumentada o disminuida en escala, en correspondencia a la diferencia de escala.

Cada culata 16 de cilindro puede estar asociada con un cilindro 26 para formar una cámara 88 de combustión que tiene uno o más orificios. Específicamente, la culata 16 del cilindro puede definir un paso 90 de admisión que conduce a un orificio 64 de admisión para cada cilindro 26. La culata 16 del cilindro puede definir, además, al menos un paso 94 de escape que conduce a un orificio 96 de escape para cada cilindro 26. De manera alternativa, se contempla que una culata 16 de cilindro pueda estar asociada con múltiples cilindros 26 y conjuntos 14 de pistones para formar múltiples cámaras de combustión. También se contempla que la culata 16 del cilindro pueda definir, además, dos o más orificios 92 de admisión y/u orificios 96 de escape para cada cilindro 26.

El sistema 18 de accionamiento de válvulas puede incluir una válvula 98 de admisión dispuesta dentro de cada orificio 92 de admisión. Cada válvula 98 de admisión puede incluir un elemento de válvula que está configurado para bloquear de manera selectiva el respectivo orificio 92 de admisión. Cada válvula 98 de admisión puede ser accionada para mover o "levantar" el elemento de válvula para abrir con ello el respectivo orificio 92 de admisión. En un cilindro 26 que tenga un par de orificios 64 de admisión y un par de válvulas 98 de admisión, el par de válvulas 98

de admisión puede ser accionado por un solo accionador de válvula (no mostrado) o por un par de accionadores de válvula (no mostrados).

5 Puede haber dispuesta una válvula 100 de escape dentro de cada orificio 96 de escape. Cada válvula 100 de escape puede incluir un elemento de válvula que esté configurado para bloquear de manera selectiva el respectivo orificio 96 de escape. Cada válvula 100 de escape puede ser accionada para mover el elemento de válvula para abrir con ello el respectivo orificio 96 de escape. En un cilindro 26 que tenga un par de orificios 96 de escape y un par de válvulas 100 de escape, el par de válvulas 100 de escape puede ser accionado por un solo accionador de válvula (no mostrado) o por un par de accionadores de válvula (no mostrados).

10 El sistema 20 de inducción de aire puede estar configurado para meter aire en el motor 10 de combustión interna y puede incluir un colector 102 de admisión en conexión de fluido con el paso 90 de admisión. Se contempla que el sistema 20 de inducción de aire pueda ser un sistema de carga de aire que tenga un compresor (no mostrado) accionado por turbina o accionado por motor o que pueda incluir componentes adicionales de gestión del aire, tales como, por ejemplo, una compuerta de descarga, una válvula de reducción, un sistema EGR, un filtro de aire, un refrigerador del aire o cualquier otro componente de gestión del aire conocido en la técnica.

15 El sistema 22 de combustible puede estar configurado para suministrar combustible al motor 10 de combustión interna y puede incluir una fuente de combustible 104 a presión y al menos un inyector 106 de combustible. Se contempla que se puedan incluir componentes adicionales, tal como, por ejemplo, una válvula, una rampa común de inyección configurada para distribuir combustible a múltiples inyectores de combustible, una precámara de combustión o cualquier otro componente de un sistema de combustible conocido en la técnica.

20 La fuente de combustible 104 a presión puede estar configurada para producir un flujo de fluido a presión y puede incluir una bomba, tal como, por ejemplo, una bomba de desplazamiento variable, una bomba de desplazamiento fijo, una bomba de flujo variable o cualquier otra fuente de fluido a presión conocida en la técnica. La fuente de combustible 104 a presión puede estar conectada mediante transmisión a la fuente de energía (no mostrada) mediante, por ejemplo, un contraeje (no mostrado), una correa (no mostrada), un circuito eléctrico (no mostrado) o de cualquier otra manera adecuada. De manera alternativa, también se contempla que la fuente de combustible 104 a presión pueda ser un suministro de combustible gaseoso a presión.

30 Cada uno de los inyectores 106 de combustible puede estar dispuesto dentro de la culata 16 del cilindro asociada con cada cilindro 26. Cada inyector 106 de combustible puede ser operable para inyectar una cantidad de combustible a presión en la cámara 88 de combustión a presiones de combustible y con caudales de combustible predeterminados. Cada inyector 106 de combustible puede ser operado de forma mecánica, eléctrica, neumática o hidráulica.

35 El sistema 24 de escape puede estar configurado para dirigir el escape del cilindro 26 a la atmósfera y puede incluir un colector 108 de escape en comunicación de fluido con el paso 94 de escape asociado con cada cilindro 26. Se contempla que el sistema 24 de escape pueda incluir otros componentes, tales como, por ejemplo, una turbina, un sistema de recirculación de gases de escape, un filtro de partículas, un sistema catalítico de tratamiento ulterior, o cualquier otro componente de un sistema de escape conocido en la técnica.

### Aplicabilidad industrial

40 La cabeza 28 de pistón dada a conocer puede ser aplicable a cualquier motor de combustión interna en el que sean importantes la turbulencia y la mezcla del combustible inyectado. Al aplicar una cabeza de pistón según la divulgación, se potenciará el efecto de turbulencia del aire y el combustible y, por lo tanto, la mezcla de los mismos. Esto puede llevar a una mejor combustión. Una cabeza de pistón según la divulgación también puede tener el efecto de ser resistente al desgaste y a la deposición de hollín. Un motor de explosión dotado de una o más cabezas 28 de pistón según la divulgación puede tener mejor calidad del gas de escape, y puede ser adecuado como, por ejemplo, un motor de tipo compatible con emisiones del nivel tres. Ahora se explicará el funcionamiento del motor 10 de combustión interna.

50 Durante un tiempo de admisión del motor 10 de combustión interna, mientras el conjunto 14 de pistón se mueve dentro del cilindro 26 entre la posición PMS y la posición PMI, la válvula 98 de admisión puede estar en la posición abierta, según se muestra en la Fig. 1. Durante el tiempo de admisión, el movimiento descendente del conjunto 14 de pistón hacia la posición PMI puede crear una baja presión dentro del cilindro 26. La baja presión puede actuar aspirando aire del paso 90 de admisión al cilindro 26 a través del orificio 92 de admisión. Alternativamente, puede usarse un turbocompresor para forzar aire comprimido al interior del cilindro 26.

55 Tras el tiempo de admisión, tanto la válvula 98 de admisión como la válvula 100 de escape pueden estar en una posición cerrada en la que se impide que el aire salga del cilindro 26 durante la carrera ascendente de compresión del conjunto 14 de pistón. Mientras el conjunto 14 de pistón se mueve ascendentemente desde la posición PMI hacia la posición PMS durante el tiempo de compresión, puede inyectarse combustible en el cilindro 26 para su mezcla con aire y su compresión dentro del cilindro 26. Se contempla que el combustible pueda ser inyectado en el cilindro 26 en cualquier momento durante el tiempo de compresión, durante una porción del tiempo de admisión cuando

- opera como un motor de ignición por compresión de carga homogénea, o en múltiples momentos durante los tiempos tanto de admisión como de compresión cuando opera como un motor de inyección de modo mixto. En un ejemplo, la cabeza 28 de pistón puede estar implementada de forma efectiva para mejorar la turbulencia y la mezcla durante el funcionamiento del motor cuando el combustible es inyectado durante el tiempo de compresión, cuando el cigüeñal 32 gira hasta un ángulo de, por ejemplo, entre 120 grados y 40 grados antes del PMS. En otra realización, el intervalo podría estar entre 30° antes del PMS y 10° después del PMS. En la misma o en otra realización, la cabeza 28 de pistón puede estar implementada de manera efectiva para mejorar el movimiento del aire y/o del gas durante una carrera descendente del pistón, en particular durante una carrera de expansión, cuando se generan flujos de torbellino de combustión en sentido inverso.
- 5 El combustible pulverizado en la cámara 88 de combustión puede ser dirigido, al menos en parte, al lado 50 de entrada de la concavidad 44. Además, puede dirigirse aire a la concavidad 44. En una realización, un reborde relativamente afilado 56 puede conducir a flujos de cizallamiento elevado que pueden generarse en el reborde 56 y que pueden descomponer localmente un flujo principal de combustible y aire a la concavidad 44 en un flujo turbulento de pequeña escala. Esto puede ser beneficioso para una mayor mezcla local de aire/combustible. Al tener radio  $R_1$  del reborde 56 de entre aproximadamente 0,2 y 1 mm, el flujo de cizallamiento generado en el reborde 56 puede ser sumamente turbulento, mientras que el reborde 56 puede seguir siendo térmica y mecánicamente estable y resistente a la rotura y el desgaste por el flujo de aire y combustible y las temperaturas de combustión resultantes. Un menor radio  $R_1$  del reborde 56 puede ser favorable para el flujo turbulento de cizallamiento, pero puede reducir la estabilidad mecánica y térmica del reborde 56. El daño al reborde 56 puede influir negativamente en el patrón de flujo dentro de la concavidad 44 y de la cámara 88 de combustión y puede conducir a depósitos de hollín. El hollín y otros depósitos dentro de la concavidad 44 pueden influir negativamente en la calidad del gas de escape de la combustión.
- 10 En el espacio 82 el combustible y el aire pueden expandirse radialmente debido al diámetro creciente de la superficie lateral anular 54 en la dirección del lado inferior 52. Esta expansión puede aumentar la mezcla del combustible y el aire. El espacio 82 puede actuar como una angostura, aspirando aire y/o combustible al interior de la concavidad 44 debido a diferencias de presión dentro de la concavidad 44 y entre la concavidad 44 y la cámara 88 de combustión. Cuando la punta 70 se extiende al espacio 82, puede llenarse el espacio muerto alrededor del eje 46 cerca del lado 50 de entrada de la concavidad, lo que puede impedir o reducir la deposición de hollín en la punta 70. Desde el espacio 82, el combustible y el aire, mezclados al menos parcialmente en una mezcla, pueden ser forzados más en la dirección del lado inferior 52 y pueden ser forzados, al menos parcialmente, al interior y a través de la restricción 86, comprimiéndose con ello. Cuando la mezcla ha pasado la restricción 86, puede expandirse de nuevo, al menos en parte, radialmente hacia fuera, especialmente al interior del área rebajada 84. Parte de la mezcla de aire y combustible puede ser guiada hacia arriba por la superficie inferior 58, y puede ser guiada volviendo de nuevo en la dirección del lado 50 de entrada. Parte de la mezcla también puede ser guiada por la superficie 74 de al menos la base 66 de la porción elevada 64.
- 15 La mezcla redirigida puede ser obligada a volver atravesando la restricción 86 y al interior del espacio 82, en el que puede intersectarse con el gas y el aire que fluyen al interior de la concavidad 44, hacia la restricción 86. Parte de la mezcla redirigida puede mezclarse con el combustible y el aire entrantes y puede ser llevada nuevamente, atravesando la restricción 86, a la porción reentrante 60. Este patrón de flujo puede mejorar significativamente la acción en torbellino dentro de la concavidad y, por lo tanto, mejorar la mezcla de aire y combustible.
- 20 El ensanchamiento del espacio 82 en la dirección de la superficie inferior 58 puede tener un beneficio adicional, porque las gotitas de combustible pueden penetrar más en la concavidad 44, debido, por ejemplo, a la expansión del combustible y el aire en el espacio 82. Además, pueden reducirse las concentraciones de vapor de combustible en la concavidad 44. Además, puede reducirse la humectación de la pared de la concavidad 44, especialmente de la superficie lateral anular 54 y las superficies 72, 74 de la porción elevada 64. Todos estos efectos pueden sumarse al beneficio de una mezcla mejorada de aire/combustible.
- 25 El ángulo  $\alpha$  de la superficie 72 de la base 66 puede tener la ventaja de que puede mejorarse la dirección del aire y el combustible al interior de la porción reentrante 60 y fuera de la misma. Aumentando el ángulo  $\alpha$ , la dirección del flujo reentrante de aire y combustible puede ir más hacia la punta 70. Por lo tanto, puede mejorar la distribución del flujo de aire dentro de la cámara 88 de combustión, en particular durante carreras de expansión, cuando se generan flujos de torbellino de combustión en sentido inverso.
- 30 Después del fin de la inserción de aire y/o gas y/o después del fin de la mezcla de aire y gas, puede obtenerse un flujo de gas turbulento en una concavidad según la descripción, lo que puede promover la oxidación del hollín residual de la combustión. Esto puede reducir (adicionalmente) los niveles totales de hollín expulsado a la atmósfera desde el motor.
- 35 Aunque en la presente memoria se han descrito las realizaciones preferentes de esta invención, pueden incorporarse mejoras y modificaciones sin apartarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Una cabeza de pistón que comprende:
  - una cara (42); y
  - una concavidad (44) de pistón empotrada en la cara (42) y que tiene:
    - 5 un lado (50) de entrada;
    - un lado inferior (52) opuesto al lado (50) de entrada;
    - una restricción (86) entre el lado (50) de entrada y el lado inferior (52);
    - una porción reentrante (60) en el lado inferior (52); y
    - una superficie lateral anular (54) que se extiende entre el lado (50) de entrada y la restricción (86),
- 10 caracterizada porque la superficie lateral anular (54) define, al menos parcialmente, un espacio (82) que se ensancha en la dirección de la restricción (86).
2. La cabeza del pistón según la reivindicación 1 en la que se proporciona una porción elevada (64) en el lado inferior (52).
- 15 3. La cabeza del pistón según la reivindicación 1 en la que la superficie lateral anular (54) está conectada a una pared inferior (58) de la porción reentrante (60) por un borde (62) al menos parcialmente redondeado que tiene un radio ( $R_2$ ) entre aproximadamente 0 y 2 mm, preferentemente entre aproximadamente 0,01 y 1 mm y más preferentemente en torno a 0,5 mm.
- 20 4. La cabeza del pistón según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3 en la que la concavidad (44) incluye un reborde (56) en la cara (42), siendo el reborde (56) redondeado y teniendo un radio ( $R_1$ ) entre aproximadamente 0 y 2 mm, preferentemente entre aproximadamente 0,2 y 1 mm y más preferentemente en torno a 0,5 mm.
5. La cabeza del pistón según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4 en la que el espacio definido, al menos en parte, por la superficie lateral anular (54) forma una angostura (82).
- 25 6. La cabeza del pistón según la reivindicación 2 en la que la porción elevada (64) se extiende al espacio (82) definido, al menos parcialmente, por la superficie lateral anular (54).
7. La cabeza del pistón según la reivindicación 6 en la que la porción elevada (64) se extiende hasta entre aproximadamente 4 y 15 mm por debajo de la cara (42), preferentemente entre aproximadamente 4 y 12 mm y más preferentemente en torno a 5 mm.
- 30 8. La cabeza del pistón según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6 que comprende una porción elevada (64) en el lado inferior (52), incluyendo la porción elevada (64) una base (66) que tiene forma sustancialmente troncocónica y una parte superior (68) que tiene forma sustancialmente cónica, estando conectada una superficie exterior (72) de la parte superior (68) a una superficie exterior (74) de la base (66) por un radio ( $R_3$ ) de entre aproximadamente 5 y 10 mm, preferentemente en torno a 7,5 mm.
- 35 9. La cabeza del pistón según la reivindicación 8 en la que una tangente ( $T_1$ ) de la base (66) forma un ángulo ( $\alpha$ ) entre aproximadamente 0 y 30 grados con un eje longitudinal (46) de la parte superior (68), y una tangente ( $T_2$ ) de la parte superior (68) forma un ángulo ( $\beta$ ) de entre aproximadamente 45 y 75 grados con el eje longitudinal (46).
- 40 10. La cabeza del pistón según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8 en la que la cabeza (28) de pistón tiene un eje (46) de concavidad y la concavidad (44) es rotacionalmente simétrica alrededor del eje (46) de la concavidad, que está desplazado del eje central (34), preferentemente paralelo al eje central (34).
- 45 11. La cabeza del pistón según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10 en la que una tangente ( $T_3$ ) de la superficie lateral anular (54) forma un ángulo ( $\gamma$ ) de entre aproximadamente 10 y 40 grados, preferentemente entre aproximadamente 20 y 35 y más preferentemente en torno a 19,2 grados con un eje central (46) de la cabeza.
12. Un pistón que comprende una cabeza (28) de pistón según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11.
13. Un método para mezclar combustible y aire que comprende:
  - dirigir aire y combustible para que entren en una concavidad (44) y se expandan radialmente hacia fuera;
  - 50 restringir el aire y el combustible después de que han entrado en la concavidad (44) y se han expandido radialmente;
  - mezclar el aire y el combustible dentro de la concavidad (44) formando una mezcla;



redirigir al menos parte de la mezcla para que se interseque con el aire y el combustible que se expanden radialmente hacia fuera, y expandir el aire y el combustible radialmente hacia fuera una segunda vez.

14. El método según la reivindicación 13 que, además, incluye:

5 redirigir parte de la mezcla hacia un área (86) de restricción;  
interseccionar la parte redirigida de la mezcla con aire y/o combustible en un lado (50) de entrada de la concavidad (44); y  
reintroducir parte de la mezcla back a través del área (86) de restricción.

15. Un motor de explosión que comprende:

10 al menos un cilindro (26);  
una culata (16) de cilindro asociada con el al menos un cilindro (26) para formar una cámara (88) de combustión;  
un dispositivo inyector (106) de combustible proporcionado en la culata (16) del cilindro para pulverizar combustible en la cámara (88) de combustión; y  
15 un pistón dispuesto en el al menos un cilindro (26) para recibir el combustible pulverizado, teniendo el pistón:

una cara (42);  
una concavidad (44) de pistón empotrada en la cara (42), teniendo la concavidad (44) del pistón:

20 un lado (50) de entrada;  
un lado inferior (52) opuesto al lado (50) de entrada;  
una restricción (86) entre el lado (50) de entrada y el lado inferior (52);  
una porción reentrante (60) en el lado de la restricción (86) orientada hacia el lado inferior (52); y  
una superficie lateral anular (54) que se extiende entre el lado (50) de entrada y la restricción (86),

25 caracterizado porque la superficie lateral anular (54) define, al menos parcialmente, un espacio (82) que se ensancha en la dirección de la restricción (86).

16. El motor de explosión de la reivindicación 15 en el que la concavidad (44) del pistón incluye, además, una porción elevada (64) en el lado inferior (52).

30 17. El motor de explosión de la reivindicación 16 en el que la porción reentrante (60) incluye un área rebajada (84) situada entre una tangente ( $T_3$ ) a la superficie lateral anular (54) y una pared (58) de la porción reentrante (60).

18. El motor de explosión según la reivindicación 17 en el que la tangente ( $T_3$ ) a la superficie lateral anular (54) y la pared (58) de la porción reentrante (60) se intersectan en un borde (62) que tiene un radio ( $R_2$ ) de entre aproximadamente 0 y 2 mm, preferentemente entre aproximadamente 0,01 y 1 mm y más preferentemente en torno a 0,5 mm.

35 19. El motor según una cualquiera de las reivindicaciones 15 - 18 en el que la cara (42) tiene un reborde (56) con un radio ( $R_1$ ) entre aproximadamente 0 y 2 mm, preferentemente entre aproximadamente 0,2 y 1 mm, más preferentemente en torno a 0,5 mm.

20. El motor según una cualquiera de las reivindicaciones 15 - 20 en el que la porción elevada (64) se extiende al espacio (82) definido, al menos parcialmente, por la pared lateral anular (54).

40

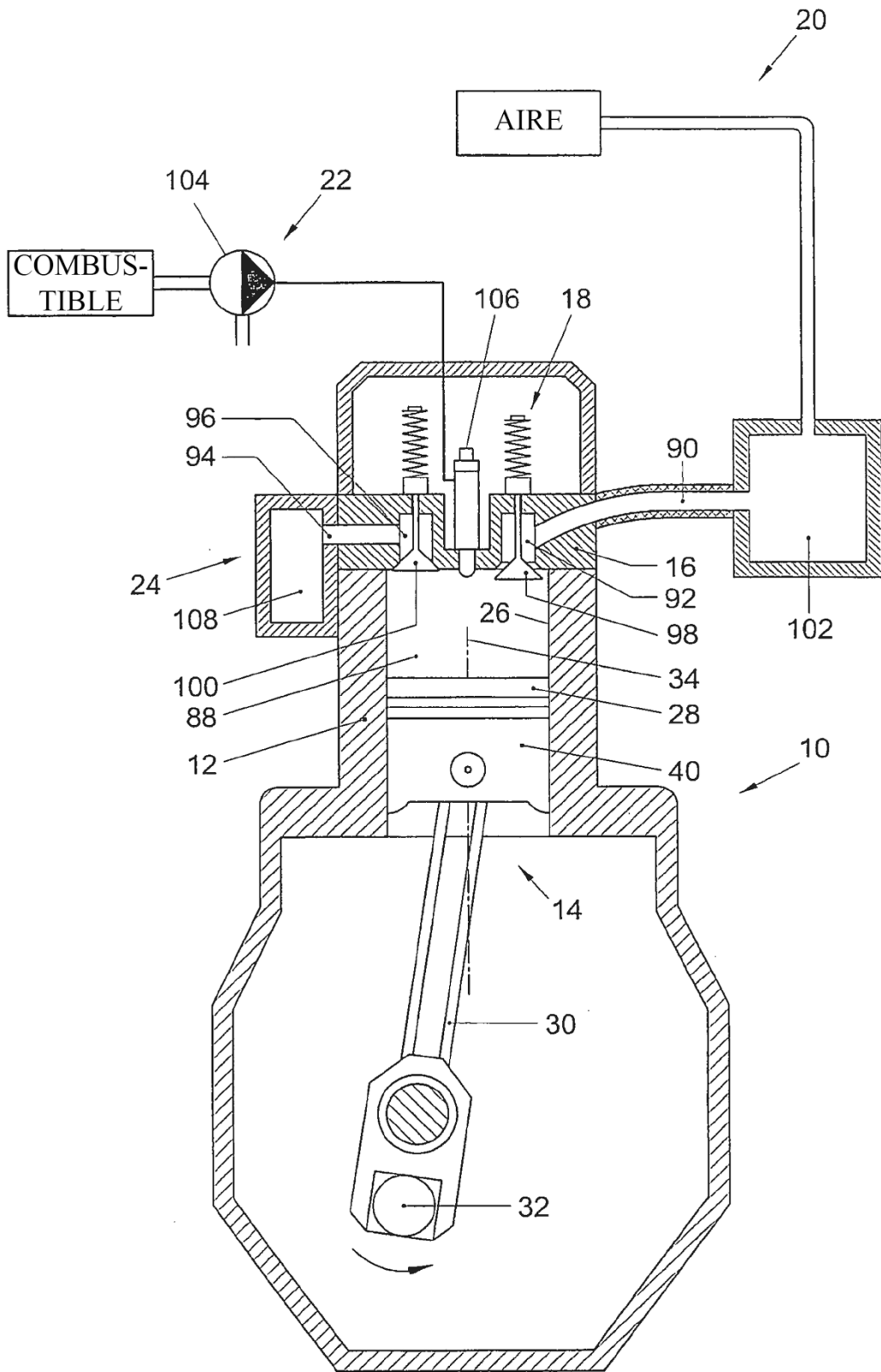


Fig. 1

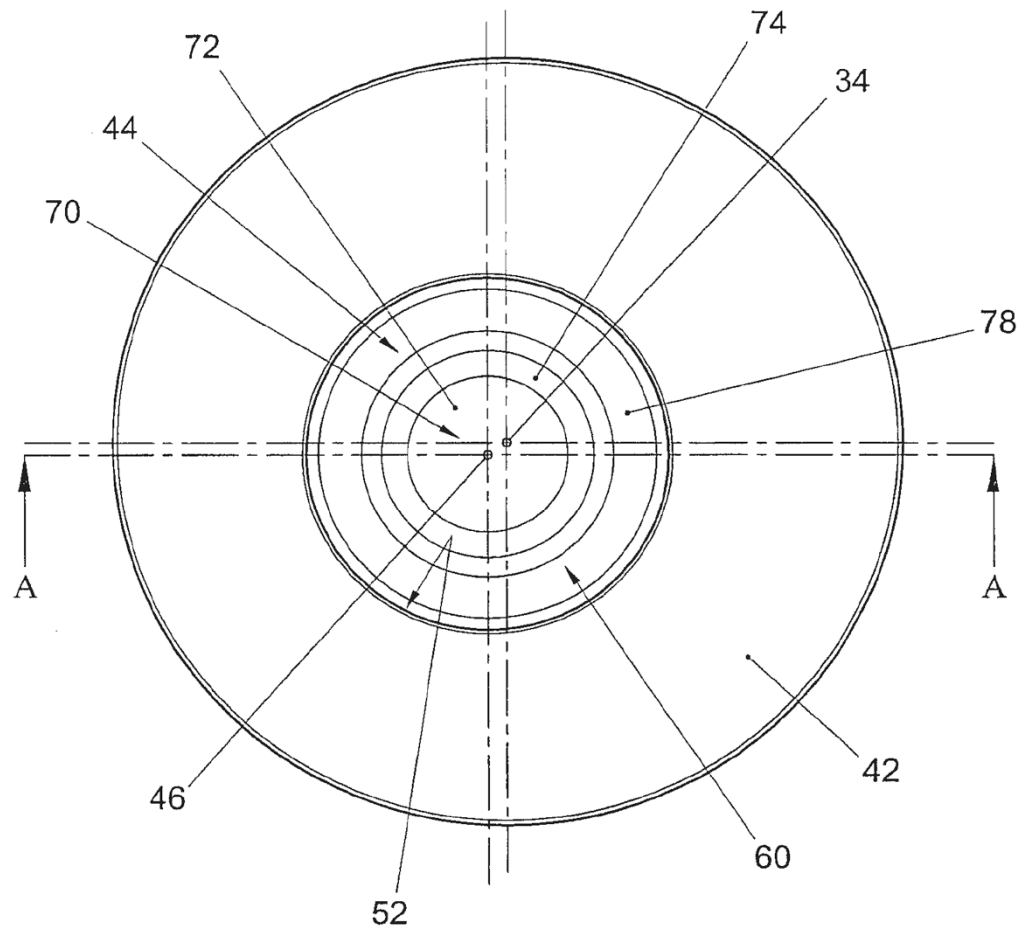


Fig. 2

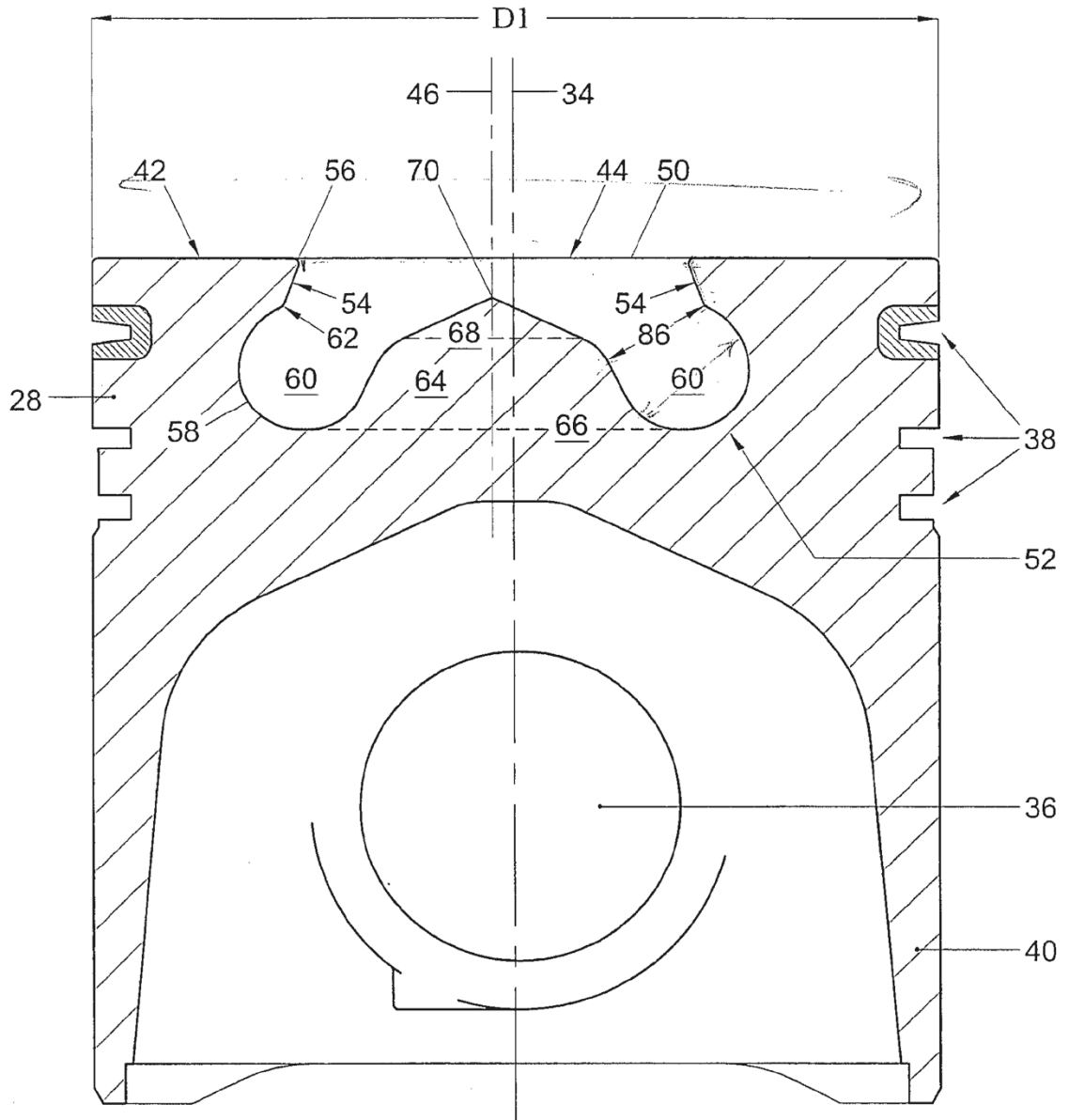


Fig. 3

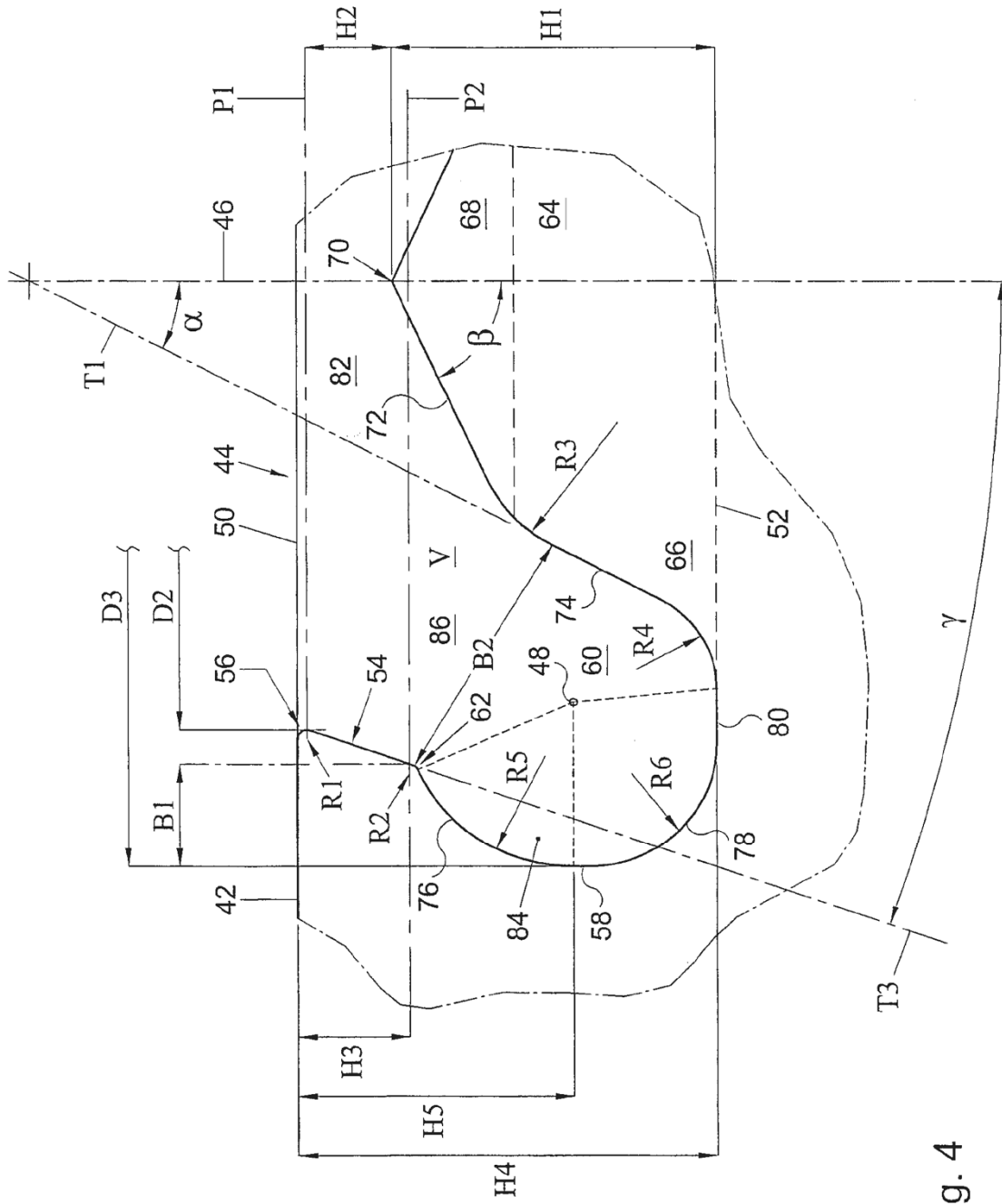


Fig. 4