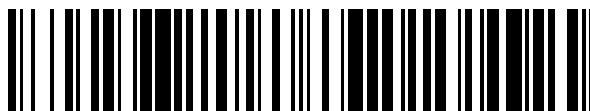


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 339**

51 Int. Cl.:

F01B 7/08 (2006.01)

F02M 61/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.05.2012** **PCT/GB2012/051161**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.11.2012** **WO12160376**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2012** **E 12725135 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017** **EP 2721256**

54 Título: **Motores de combustión interna**

30 Prioridad:

24.05.2011 GB 201108766

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

19.10.2017

73 Titular/es:

COX POWERTRAIN LTD (100.0%)

**35 Newbridge Street
London EC4V 6BW, GB**

72 Inventor/es:

BUCKSEY, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 638 339 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

Motores de combustión interna

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a motores de combustión interna. Más en concreto, se refiere a motores de combustión interna con una configuración de émbolos opuestos.

10 Antecedentes

El documento WO2008/149061 (Cox Powertrain) describe un motor de combustión interna con inyección directa de 2 tiempos y 2 cilindros. Los dos cilindros son opuestos horizontalmente y en cada cilindro hay émbolos alternos opuestos que forman una cámara de combustión entre ellos. Los émbolos accionan un cigüeñal central entre los dos cilindros. El émbolo interno (es decir, el émbolo más cercano al cigüeñal) de cada cilindro acciona el cigüeñal a través de un par de mecanismos de yugo escocés paralelos. El émbolo externo de cada cilindro acciona el cigüeñal a través de un tercer yugo escocés, anidado entre los dos mecanismos de yugo escocés del émbolo interno, mediante una barra de accionamiento que pasa a través del centro del émbolo interno. La barra de accionamiento tiene una forma tubular hueca y el combustible se inyecta en la cámara de combustión con un inyector de combustible alojado dentro de la barra de accionamiento. La pared de la barra de accionamiento tiene una serie de aberturas espaciadas de forma circunferencial a través de las cuales el combustible se proyecta lateralmente hacia el exterior en la cámara de combustión.

Sumario de la invención

La presente invención está relacionada en general con motores de combustión interna de émbolos opuestos que tienen un inyector de combustible dispuesto en cada cilindro para inyectar combustible directamente en una cámara de combustión formada entre los dos émbolos alternos opuestos del cilindro. La presente invención es un desarrollo de la configuración del motor descrito en el documento WO2008/149061, y pretende ofrecer realizaciones que mantengan los beneficios de dicho motor anterior, a saber un motor muy compacto y eficiente con una alta relación entre peso y potencia de salida, y que al mismo tiempo ofrezcan ventajas adicionales.

En un primer aspecto, la presente invención proporciona un motor de combustión interna que comprende al menos un cilindro, un par de émbolos alternos opuestos dentro del cilindro que forman una cámara de combustión entre ellos, y al menos un inyector de combustible dispuesto al menos parcialmente dentro del cilindro, teniendo el inyector de combustible una tobera que está situada dentro de la cámara de combustión y a través de la cual el combustible se expulsa hacia la cámara de combustión, donde la tobera está expuesta directamente dentro de la cámara de combustión tal y como se recita en la reivindicación 1.

Al exponer la tobera del inyector directamente a la cámara de combustión (es decir, colocando físicamente la tobera dentro de la cámara de combustión) en el momento dado de inyección, al diferencia de la configuración del estado de la técnica anterior mencionada arriba en la que el inyector está alojado dentro de la barra de accionamiento central, se evita la necesidad de inyectar combustible a través de las aberturas de una pared. Esto deriva en una construcción más sencilla, una inyección de combustible mejorada, características de combustión y movimiento de aire, y hace posible utilizar inyectores más convencionales.

Especialmente en casos en los que solo se utiliza un único inyector, el inyector está preferiblemente en o cerca del eje central del cilindro/émbolo. La tobera de inyector estará normalmente en un extremo del inyector (el extremo que proyecta hacia el cilindro).

Los conceptos de la invención son aplicables a motores de encendido por compresión (CI y HCCI) y también a motores de encendido por chispa (SI) y encendido asistido por chispa. Para una realización de CI, el combustible normalmente se inyectará en la cámara de combustión en o cerca del punto del ciclo del motor donde los dos émbolos están más cercanos y el volumen de la cámara de combustión es el más pequeño. La tobera del inyector estará situada para estar colocada dentro de la cámara de combustión en este punto del ciclo. Para variantes de HCCI y SI es probable que la inyección sea mucho antes en el ciclo y posiblemente tan pronto como la apertura del puerto de entrada.

La tobera del inyector de combustible preferiblemente sobresale hacia afuera desde una cara extrema de una carcasa del inyector en la dirección del eje del cilindro. La tobera puede tener una serie de aberturas alrededor de su periferia desde las que el combustible generalmente se expulsa de forma radial a la cámara de combustión. Preferiblemente hay una válvula (por ejemplo, una válvula de aguja) en la tobera que es operable para controlar un suministro presurizado de combustible a las aberturas. El suministro de combustible puede controlarse de forma convencional.

El inyector de combustible está fijado en un extremo del cilindro, normalmente a un componente estructural fijado, y

proyecta hacia el cilindro desde ese extremo, a lo largo de o paralelo al eje central del cilindro, para colocar la tobera de inyector en una posición fijada que está dentro de la cámara de combustión durante todo el ciclo del motor. En este caso, el inyector se extiende a través del émbolo más cercano al extremo del cilindro desde el cual se proyecta el inyector, y este émbolo está configurado para alternar a lo largo de una carcasa del inyector.

Normalmente, el movimiento de los émbolos accionará un cigüeñal situado en un extremo del cilindro, denominándose el émbolo más cercano al extremo del cigüeñal el «émbolo interno» y el émbolo más alejado del cigüeñal el «émbolo externo». El o cada inyector de combustible puede asociarse o bien al émbolo externo o bien al émbolo interno.

Dado que el inyector está fijado y el émbolo asociado (por ejemplo, el externo) alterna a lo largo de la carcasa del inyector, el inyector preferiblemente se refrigera. La refrigeración puede proporcionarse, por ejemplo, mediante un suministro de líquido refrigerante (por ejemplo, aceite de motor, líquido refrigerante del motor, refrigeración por agua sin tratar tal como agua del mar, o combustible) al interior de la carcasa del inyector.

Dado que uno de los émbolos alterna sobre la carcasa del inyector, la superficie exterior de la carcasa del inyector preferiblemente proporciona una superficie de rodadura a lo largo de la cual se puede deslizar el émbolo. Un sistema de sellado, por ejemplo uno o más anillos de sellado, se proporciona entre el émbolo y la superficie de rodadura de la carcasa del inyector para limitar el escape de gases de combustión y la entrada de aceite lubricante a la cámara de combustión.

El inyector puede estar fijado a una parte exterior de la estructura del motor mediante cualquier acoplamiento adecuado. En algunos casos puede ser conveniente utilizar un acoplamiento que permita que el inyector se auto alinee paralelamente a la línea central del cilindro y se adapte a las tolerancias y a la distorsión térmica del émbolo al que está asociado. Por ejemplo, puede utilizarse un acoplamiento Oldham (este tipo de acoplamiento permite que el inyector se mueva en un plano perpendicular a su eje para permitir la alineación deseada mientras que se evita el movimiento a lo largo de su eje).

En el caso en el que los émbolos accionan un cigüeñal, puede utilizarse cualquier acoplamiento de accionamiento adecuado para trasladar el movimiento alterno opuesto de los émbolos en un movimiento rotativo del cigüeñal. En realizaciones preferentes, no obstante, se utilizan mecanismos de yugo escocés. Cuando se utilizan mecanismos de yugo escocés, como mínimo sería necesario tener al menos un yugo escocés a través del cual el émbolo interno (es decir, el émbolo más cercano al cigüeñal) acciona el cigüeñal y al menos un yugo escocés a través del cual el émbolo externo acciona el cigüeñal. No obstante, para evitar fuerzas en desequilibrio indeseables sobre el émbolo externo mientras que se evita la necesidad de una barra de accionamiento central a través del cilindro, es más preferible para el émbolo externo accionar el cigüeñal a través de un par de yugos escoceses, uno a cada lado del cilindro conectado al émbolo externo mediante miembros de conexión respectivos en los lados opuestos del cilindro. Los miembros de conexión pueden ser, por ejemplo, partes de barras o manguitos dentro del cilindro en o cerca de la periferia del cilindro. Más preferiblemente, los miembros de conexión son externos al cilindro. Estos pueden comprender, por ejemplo, una o más barras de accionamiento.

Los émbolos accionan un cigüeñal dispuesto en un extremo del cilindro mediante respectivos acoplamientos de accionamiento, siendo el acoplamiento de accionamiento para el émbolo más alejado del cigüeñal (el émbolo «externo») externo al cilindro.

Al proporcionar para el émbolo externo el acoplamiento externo al cilindro, se evita la necesidad de cualquier barra de accionamiento que pase a través del cilindro interno. La ausencia de una barra o barras de accionamiento que pasen a través de la cámara de combustión también permite un diseño de cámara de combustión más simple y convencional, una refrigeración más sencilla del émbolo interno, la eliminación de una trayectoria de escape de gases al cárter y la eliminación de pérdidas de calor a la barra de accionamiento. El uso de un acoplamiento externo también significa que puede colocarse un inyector centralmente con respecto al émbolo (o cerca del centro del émbolo) sin obstrucción.

Puede utilizarse cualquier acoplamiento de accionamiento adecuado para trasladar el movimiento alterno opuesto de los émbolos en un movimiento rotativo del cigüeñal, pero se prefieren mecanismos de yugo escocés. Por ejemplo, el émbolo externo podría accionar el cigüeñal a través de un par de yugos escoceses, uno a cada lado del cilindro, conectado al émbolo externo mediante el acoplamiento de accionamiento externo. El acoplamiento de accionamiento externo podría comprender miembros de conexión a cada lado del cilindro, por ejemplo una o más barras de accionamiento.

Si bien es posible una configuración con un único cilindro, motores preferentes según las realizaciones de los aspectos primero y/o segundo de la invención comprenden múltiples cilindros, por ejemplo dos cilindros, cuatro cilindros, seis cilindros, ocho cilindros o más.

Cuando se usan múltiples cilindros, son posibles varias configuraciones que pueden ofrecer ventajas diferentes en términos de equilibrio de fuerzas, forma y tamaño del motor en general, etc. Ejemplos de configuraciones incluyen

(pero no se limitan a) pares de cilindros opuestos coaxiales (por ejemplo, «motores bóxer de dos cilindros», «motores bóxer de cuatro cilindros», etc.), configuraciones «en línea» con todos los cilindros uno al lado del otro, configuraciones en «U» con dos bancos de cilindros en línea uno al lado del otro (por ejemplo, el motor «square 4»), configuraciones en «V» y configuraciones en «W» (es decir, dos bancos adyacentes de cilindros configurados en «V») y configuraciones radiales. Dependiendo de la configuración, los múltiples cilindros podrían accionar un único cigüeñal o una pluralidad de cigüeñales. Normalmente, las configuraciones «bóxer», «en línea», «en V» y radiales tendrán un único cigüeñal, mientras que las configuraciones «en U» y «en W» tendrán dos cigüeñales, uno para cada banco de cilindros. En algunas realizaciones de la invención es posible utilizar dos unidades de motor (cada una con uno o más cilindros) con cigüeñales contrarrotantes que accionan un eje de salida compartido a través de una caja de engranajes cónica. Esta configuración tiene la ventaja de que los efectos de retroceso del par están equilibrados.

Breve descripción de los dibujos

Una realización de la invención se describe ahora a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

la Figura 1 es una sección transversal de una configuración de motor bóxer de cuatro cilindros según una realización de la presente invención;
la Figura 2 es una sección transversal del motor de la fig. 1 a lo largo de la línea z-z de la fig. 1;
la Figura 3 es una sección transversal del motor de la fig. 1 a lo largo de la línea central del par inferior de cilindros opuestos tal y como se muestran en la fig. 1;
la Figura 4 es una vista isométrica del motor de la fig. 1;
la Figura 5 es una vista de planta simplificada de los componentes fundamentales (en forma ensamblada) del motor de la fig. 1, incluyendo el cigüeñal, los yugos escoceses, los émbolos, las barras de accionamiento y los inyectores de combustible;
la Figura 6 es una vista isométrica simplificada de los componentes esenciales mostrados en la fig. 5; y
las Figuras 7(a) a 7(m) muestran instantáneas del motor de la fig. 1 durante una revolución completa del cigüeñal a 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 272°, 300°, 330° y 360°, respectivamente, empezando desde el punto del ciclo de volumen mínimo de la cámara de combustión (denominado en lo sucesivo por comodidad como «punto muerto superior» o «TDC», tal terminología (TDC) utilizada porque la persona experta en el arte reconocerá que es el punto análogo del ciclo de funcionamiento para un motor dispuesto más convencionalmente) del cilindro visto en la parte inferior izquierda de la figura.

Descripción detallada

La realización que se utiliza aquí para ejemplificar la invención es un motor 2 tiempos de cuatro cilindros con sistema de inyección directa. El motor está configurado con dos pares de cilindros opuestos horizontalmente. Un par de cilindros está dispuesto al lado del otro para proporcionar una configuración bóxer de cuatro cilindros. Como mejor se ve en la Fig. 4, esta configuración proporciona al motor una envoltura general de bajo perfil que será ventajosa para algunas aplicaciones, por ejemplo para utilizar como motor fueraborda marítimo. Los motores conformes a las realizaciones de la invención también pueden utilizarse como unidades de propulsión o de generación eléctrica para otras aplicaciones marítimas, así como para vehículos terrestres y aeronaves.

Con más detalle, observando inicialmente las Figs. 1 a 3, el motor 10 comprende cuatro cilindros 12 dispuestos sobre un cigüeñal 14 central, montado para girar sobre el eje z-z (véase la Fig. 1). Los dos cilindros de la parte inferior de la Fig. 1, uno a cada lado del cigüeñal, son un par de cilindros opuestos, y los otros dos cilindros, hacia la parte superior de la Fig. 1, son el otro par de cilindros opuestos.

Dentro de cada cilindro hay dos émbolos, un émbolo interno 16 y un émbolo externo 18. Los dos émbolos de cada cilindro son opuestos el uno al otro y se alternan en direcciones opuestas, en este ejemplo 180 grados fuera de fase.

Cada émbolo tiene una cabeza 20, 22, las cabezas de los dos émbolos enfrentadas la una a la otra, y una falda 24, 26 que depende de la cabeza. En este ejemplo, la cabeza 26 del émbolo externo es parcialmente plana mientras que la cabeza 24 del émbolo interno tiene una depresión anular con una sección transversal generalmente en forma de lágrima. En punto muerto superior, cuando las cabezas de los émbolos están más cercanas la una de la otra (y prácticamente se tocan), las cabezas opuestas 24, 26 definen una cámara de combustión 28 toroide en la que se inyecta el combustible.

Tal como se explica a continuación más detalladamente, cuando los émbolos están en una posición en su ciclo en la que están más alejados el uno del otro para definir un volumen contenido máximo dentro del cilindro («punto muerto inferior»), tal y como se ve en los cilindros inferior derecho y superior izquierdo de la Fig. 1, las cabezas de los émbolos están retiradas lo suficientemente lejos para descubrir los puertos de entrada 30 y de salida 32 hacia los extremos interno y externo del cilindro respectivamente. Mientras que los émbolos 16, 18 se mueven el uno hacia el otro en el tiempo de compresión del ciclo, las faldas de los émbolos cubren y cierran los puertos, la falda 24 del émbolo interno 16 cerrando el puerto de entrada 30 y la falda 26 del émbolo externo 18 cerrando el puerto de salida

32. Como mejor se ve en las Figs. 1 y 2, los puertos de salida 32 tienen una extensión axial mayor (es decir, dimensión en la dirección del eje longitudinal del cilindro) que los puertos de entrada, de manera que los puertos de salida se abren antes que aquellos y permanecen abiertos más tiempo que los puertos de entrada, para ayudar a limpiar el cilindro.

5 Hay un inyector de combustible 34 asociado a cada cilindro 12. El inyector de combustible 34 tiene una carcasa 36 cilíndrica con una tobera 38 de inyector en un extremo. El combustible se suministra bajo presión a la tobera, a través de la carcasa del inyector, de una manera convencional. La tobera 38 proyecta desde una cara extremo de la carcasa 36 del inyector y tiene una serie de aberturas igualmente espaciadas alrededor de su periferia a través de las cuales se inyecta el combustible en dirección generalmente radial. La tobera se abre y se cierra mediante una
10 válvula de aguja (no mostrada). Cuando la válvula de aguja se abre el combustible se inyecta bajo presión a través de las aberturas. La apertura y el cierre de la válvula de aguja pueden controlarse de una manera convencional. Cuando se usa, la carcasa del inyector puede refrigerarse mediante el suministro de líquido refrigerante, que puede ser el propio combustible o un refrigerante del motor por ejemplo (aunque esto no sea necesario en algunos casos).

15 El inyector de combustible 34 está montado a lo largo del eje central del cilindro 12. En este ejemplo, un extremo externo del inyector 34 está fijado a un componente 40 del extremo externo del cilindro (es decir, el extremo del cilindro opuesto al cigüeñal 14). El inyector 34 se extiende entre una abertura central 42 de la cabeza 22 del émbolo externo para colocar el extremo interno del inyector, desde el que se proyecta la tobera 38, centralmente en el cilindro 12. Más específicamente, tal como se ve en los cilindros inferior izquierdo y superior derecho de la Fig. 1 y en el cilindro izquierdo de la Fig. 2, cuando los émbolos 16, 18 están en punto muerto superior, la tobera 38 del inyector de combustible 34 está directamente dentro de la cámara de combustión 28 toroide y el combustible puede inyectarse lateralmente desde la tobera 38 a la cámara de combustión 28.

25 En la configuración del inyector central descrita aquí, el inyector 34 está fijado en posición y, durante el funcionamiento del motor 10, el émbolo 18 externo se desplaza a lo largo del exterior de la carcasa 36 del inyector. Se proporcionan sellos 44 adecuados alrededor de la periferia de la abertura 42 en la cabeza 22 del émbolo externo para mantener un sello entre la cabeza 22 del émbolo y la carcasa 36 del inyector, mientras que el émbolo 18 se alterna de un lado para otro a lo largo de la carcasa 36 del inyector para evitar o al menos minimizar el escape de gases presurizados desde el interior del cilindro y para evitar la entrada de aceite en la cámara de combustión.

30 Los propios inyectores de combustible 34 pueden tener una construcción convencional, salvo que la superficie exterior de la carcasa del inyector está configurada para permitir el contacto por deslizamiento con el émbolo 18. Normalmente, la pulverización de combustible adoptará la forma de una pluralidad de chorros radiales espaciados alrededor de una tobera del inyector y controlados por una única configuración de válvula (por ejemplo, una configuración de válvula de aguja que comprende una aguja y un asiento al que se acopla la aguja para cerrar la válvula). El inyector de combustible podría, por ejemplo, ser un inyector convencional alojado en un manguito que proporciona la carcasa externa a lo largo de la que se desliza el émbolo. Con esta configuración, la tobera del inyector convencional sobresaldría desde un extremo del manguito. El inyector podría estar rodeado por un refrigerante dentro del manguito, aunque esto no sea necesario en algunas realizaciones. De manera alternativa, un inyector personalizado podría usarse, teniendo un cuerpo que proporciona una superficie de deslizamiento en su exterior y opcionalmente un refrigerante en el interior, aunque en este caso los componentes internos podrían seguir siendo convencionales.

45 En este ejemplo, los émbolos 16, 18 accionan el cigüeñal 14 por configuraciones de cuatro yugos escoceses 50, 52, 54, 56, montados sobre respectivos excéntricos 58 en el cigüeñal 14. Las conexiones entre los émbolos 16, 18 y los yugos escoceses 50, 52, 54, 56, especialmente aquellos de los émbolos externos 18, se ven mejor en las Figs. 5 y 6. En este ejemplo, múltiples émbolos comparten los yugos escoceses, tal como se explica a continuación más detalladamente, para minimizar el número de yugos escoceses y, por tanto, minimizar una longitud necesaria del cigüeñal y así proporcionar un diseño más compacto.

50 Las direcciones/direcciones relativas («superior», «inferior», «izquierda», «derecha», etc.) utilizadas a continuación y en otras partes aquí se refieren a las posiciones relativas de los componentes tal y como se han dibujado y no se debe considerar que implican una orientación particular del motor o posiciones de los componentes del motor en el espacio.

Observando la Fig. 5, los cuatro yugos escoceses 50, 52, 54, 56 pueden verse conectados al cigüeñal 14 extendiéndose verticalmente a través de la mitad de la figura.

60 Un primer yugo escocés 50 (en la parte superior de la Fig. 5) está conectado adyacente a un extremo del cigüeñal 14. Barras de accionamiento 60 conectan este yugo 50 a los émbolos externos 18a, 18b de los dos cilindros superiores 12a, 12b (tal como se ve en la Fig. 5). Como mejor se ve en la Fig. 6, hay dos barras de accionamiento 60 por émbolo externo 18a, 18b, fijadas a esquinas adyacentes (las esquinas más superiores de la Fig. 1, hacia el extremo superior del cigüeñal) de un plato de conexión 72a, 72b que está él mismo fijado al émbolo 18a, 18b. El plato de conexión 72a, 72b se extiende más allá de la circunferencia exterior del cilindro 12 de manera que las barras de accionamiento 60 se extienden desde las esquinas del plato 72a, 72b a lo largo del exterior de los cilindros

(es decir, externamente).

Un segundo yugo escocés 52 está situado entre dos cilindros superiores 12a, 12b y está conectado a los émbolos internos 16a, 16b de estos dos cilindros mediante respectivas barras de accionamiento 62 (se ve con más claridad en la Fig. 1). Las barras de accionamiento 62 se extienden desde los centros de los émbolos internos 16a, 16b hasta sus conexiones con el yugo escocés 52. Ventajosamente, el segundo yugo escocés 52 también está conectado al par inferior de los émbolos externos 18c, 18d mediante barras de accionamiento 64. De forma similar a las barras de accionamiento 60 mencionadas arriba, de estas barras 64 hay dos por émbolo que se extienden desde esquinas adyacentes de respectivos platos de conexión 72c, 72d (en este caso las dos esquinas que están más cerca al punto medio del cigüeñal) que están fijados a los extremos externos de los émbolos externos 18c, 18d.

Un tercer yugo escocés 54 está situado entre dos cilindros inferiores 12c, 12d y está conectado a los émbolos internos 16a, 16b de estos dos cilindros mediante respectivas barras de accionamiento 66 (de nuevo, se ve más claramente en la Fig. 1). Las barras de accionamiento 66 se extienden desde los centros de los émbolos internos 16c, 16b hasta sus conexiones con el yugo escocés 54. De forma similar al segundo yugo escocés 52, este tercer yugo escocés está adicionalmente conectado al par superior de émbolos externos 18a, 18b mediante barras de accionamiento 68. Hay dos de estas barras de accionamiento 68 por émbolo y estas se extienden desde las otras dos esquinas adyacentes de los platos de conexión 72a, 72b (opuestas a las esquinas desde las que se extienden las barras de accionamiento 60, es decir, las dos esquinas que están más cerca del punto medio del cigüeñal).

El cuarto yugo escocés 56 se muestra en el extremo inferior del cigüeñal 14 en la Fig. 5. Este yugo 56 está conectado al par inferior de los émbolos externos 18c, 18d mediante otro par de barras de accionamiento 70 para cada émbolo 18c, 18d. Estas barras están conectadas a respectivas esquinas inferiores (es decir, las esquinas opuestas a aquellas a las que están conectadas las barras de accionamiento 64) de los platos de conexión 72c, 72d fijados al par inferior de los émbolos 18c, 18d.

Los platos de conexión 72 tienen forma de manera que las barras de accionamiento conectadas a sus esquinas más cerca del punto medio del cigüeñal queden paralelas y una al lado de la otra sin interferir con la otra durante el movimiento de los émbolos.

De este modo, cada uno de los émbolos externos 18a, 18d está conectado al primer yugo escocés 50 mediante un primer par de barras de accionamiento 60 y al tercer yugo escocés 54 mediante un segundo par de barras de accionamiento 68. Cada uno de los émbolos externos inferiores 18c, 18d está conectado al cuarto yugo escocés 56 mediante un primer par de barras de accionamiento 70 y al segundo yugo escocés 52 mediante un segundo par de barras de accionamiento 64. Los émbolos internos superiores 16a, 16b están conectados al segundo yugo escocés 52 mediante respectivas barras de accionamiento 62 centrales y los émbolos internos inferiores 16c, 16d están conectados al tercer yugo escocés 54 mediante respectivas barras de accionamiento 66 centrales.

Dicho de otra forma, el primer yugo escocés 50 se acciona por los émbolos externos superiores 18a, 18b; el segundo yugo escocés 52 se acciona por los émbolos internos superiores 16a, 16b y los émbolos externos inferiores 18c, 18d; el tercer yugo escocés 54 se acciona por los émbolos internos inferiores 16c, 16d y los émbolos externos superiores 18a, 18b; y el cuarto yugo escocés 56 se acciona por los émbolos externos inferiores 18c, 18d.

Como se menciona arriba, el hecho de que los émbolos interno y externo compartan los yugos escoceses reduce el número de yugos escoceses que, de otra forma, serían necesarios, minimizando la longitud necesaria del cigüeñal.

La conexión cruzada, mediante los yugos escoceses, de los émbolos internos en un par opuesto de cilindros con los émbolos externos en el otro par opuesto de cilindros también ayuda a estabilizar los émbolos dentro de los cilindros, evitando la rotación no deseada de los émbolos sobre ejes perpendiculares al eje central del cilindro. Esta configuración sirve también para colocar los deslizadores del yugo, evitando la necesidad de otros elementos (como superficies de deslizamiento cilíndricas o carriles) para colocarlos.

Funcionamiento del motor

La Fig. 7 ilustra el funcionamiento del motor durante una rotación completa del cigüeñal. Concretamente, las Figs. 7(a) a 7(m) ilustran las posiciones del émbolo en incrementos de 30°.

La Fig. 7(a) a 0° ADC muestra el motor en una posición del cigüeñal de 0° (arbitrariamente definida como TDC en el cilindro izquierdo inferior 12c de la Fig. 5). En esta posición, el émbolo externo izquierdo inferior 18c y el émbolo interno izquierdo inferior 16c están en su punto de mayor aproximación. Aproximadamente en este ángulo de rotación del cigüeñal, en el motor de inyección directa ejemplificado, una carga de combustible se inyectaría en el cilindro izquierdo inferior y comenzaría la combustión. En este punto, los puertos de salida y entrada 32, 30 del cilindro izquierdo inferior están completamente cerrados mediante émbolos externos e internos respectivamente.

En la Fig. 7(b) a 30° ADC, los émbolos interno y externo del cilindro izquierdo inferior se separan al comienzo de la carrera de expansión.

En la Fig. 7(c) a 60° ADC, el cilindro izquierdo inferior continúa su carrera de expansión con los dos émbolos iguales pero con velocidades opuestas.

En la Fig. 7(d) a 90° ADC, el cilindro izquierdo inferior continúa su carrera de expansión.

En la Fig. 7(e) a 120° ADC, el émbolo externo del cilindro izquierdo inferior ha abierto los puertos de salida 32, mientras que los puertos de entrada permanecen cerrados. En este estado de «purgado», parte de la energía cinética de los gases en expansión procedentes de la cámara de combustión puede recuperarse externamente, si así se desea, mediante un turbocompresor (turbocompresión de «pulso»), por ejemplo, para comprimir el siguiente.

En la Fig. 7(f) a 150° ADC, el émbolo interno del cilindro izquierdo inferior ha abierto los puertos de entrada 30 y el cilindro está siendo limpiado de forma uniforme.

En la Fig. 7(g) a 180° ADC, los émbolos interno y externo del cilindro izquierdo inferior provocan que ambos puertos de entrada y salida 30, 32 permanezcan abiertos y continúe la limpieza de forma uniforme. Los émbolos están en punto muerto inferior.

En la Fig. 7(h) a 210° ADC, en el cilindro izquierdo inferior, ambos conjuntos de puertos 30, 32 permanecen abiertos y continúa la limpieza de forma uniforme.

En la Fig. 7(i) a 240° ADC, en el cilindro izquierdo inferior, el émbolo interno ha cerrado los puertos de salida 30, mientras que los puertos de salida 32 permanecen parcialmente abiertos. En otras realizaciones, el puerto de salida podría abrirse después y/o cerrarse antes de que el puerto de entrada se abra/cierre. También podría ser conveniente en algunas aplicaciones que la sincronización de los puertos sea asimétrica, por ejemplo al usar una válvula de manguito para controlar la apertura y el cierre de los puertos.

En la Fig. 7(j) a 270° ADC, en el cilindro izquierdo inferior, el émbolo externo ha cerrado los puertos de salida 32 y los dos émbolos se mueven el uno hacia el otro, comprimiendo el aire que hay entre ellos.

En la Fig. 7(k) a 300° ADC, en el cilindro izquierdo inferior, los émbolos continúan el ciclo de compresión.

En la Fig. 7(l) a 330° ADC, el cilindro izquierdo inferior se acerca al fin del ciclo de compresión y comienza la fase de «presión». Aquí es cuando las caras opuestas, anulares y externas de los émbolos interno y externo empiezan a expulsar el aire que hay entre ellos.

En la Fig. 7(m) a 360° ADC, la posición es la misma que en la Fig. 3(a). El cilindro inferior izquierdo ha alcanzado la posición TDC, en la que los émbolos están en su posición de máxima aproximación. Continúa la fase de «presión», causando que se sobreponga un efecto de «anillo de humo» intensificador sobre el remolino del eje del cilindro ya existente causado por los puertos de entrada parcialmente tangenciales. Estos movimientos compuestos de gas tendrán mayor intensidad en el momento TDC, cuando la cámara de combustión se asemeje más a un toroide y se encuentre con un volumen mínimo. En este punto, se emiten múltiples pulverizaciones de combustible radiales desde el inyector de combustible central, alcanzando casi todo el aire disponible y causando una combustión muy eficiente. La inyección no debe comenzar exactamente en el volumen mínimo y, en algunas realizaciones, el tiempo de inyección podría cambiar en función de la velocidad y/o la carga.

Los ángulos y tiempos específicos dependen de la geometría del cigüeñal y los tamaños y colocaciones de los puertos; la descripción anterior solo pretende ilustrar los conceptos de la invención.

La persona experta en el arte apreciará que son posibles varias modificaciones de la realización descrita en concreto sin desviarse de la invención. El inyector de combustible podría proyectar desde el extremo interno del cilindro, con el émbolo interno deslizándose sobre el inyector. En este caso, la cámara de combustión probablemente se formaría en el émbolo externo. La persona experta en el arte apreciaría también que realizaciones de la invención podrían ser de 2 tiempos o 4 tiempos, y podrían ser de encendido por compresión o encendido por chispa.

REIVINDICACIONES

1. Un motor de combustión interna que comprende:

- 5 al menos un cilindro;
un par de émbolos alternos opuestos dentro del cilindro que forman una cámara de combustión entre ellos;
un cigüeñal situado en un extremo del cilindro, en donde un movimiento alternativo de los émbolos acciona el cigüeñal; y
al menos un inyector de combustible dispuesto al menos parcialmente dentro del cilindro, teniendo el inyector de combustible una carcasa y una tobera que está situada dentro de la cámara de combustión y a través de la cual el combustible es expulsado hacia la cámara de combustión;
10 donde la tobera del inyector de combustible sobresale hacia fuera desde una cara extrema de una carcasa del inyector en la dirección del eje del cilindro, de manera que la tobera está expuesta directamente dentro de la cámara de combustión y
15 donde el inyector de combustible está fijado en el extremo del cilindro más alejado desde el cigüeñal y se proyecta en el cilindro desde ese extremo, a lo largo de o paralelo al eje central del cilindro, para colocar la tobera de inyector en una posición fijada que está dentro de la cámara de combustión cuando el volumen de la cámara de combustión está al mínimo, extendiéndose el inyector de combustible a través del émbolo más alejado del cigüeñal y estando este émbolo configurado para alternar a lo largo de la carcasa del inyector.
20
2. Un motor de combustión interna según la reivindicación 1, donde la tobera tiene una serie de aberturas alrededor de su periferia desde las que el combustible es expulsado, generalmente de forma radial, a la cámara de combustión.
- 25 3. Un motor de combustión interna según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el inyector está refrigerado.
4. Un motor de combustión interna según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el inyector está contenido en un acoplamiento que permite el movimiento en un plano perpendicular al eje del cilindro, pero que limita el movimiento en la dirección del eje del cilindro.
30
5. Un motor de combustión interna según la reivindicación 1, que además comprende un acoplamiento de accionamiento que conecta los émbolos al cigüeñal para traducir el movimiento alternativo opuesto de los émbolos en un movimiento rotativo del cigüeñal.
35
6. Un motor de combustión interna según la reivindicación 5, donde el acoplamiento de accionamiento comprende una pluralidad de mecanismos de yugo escocés.
7. Un motor de combustión interna según la reivindicación 6, que comprende al menos un yugo escocés a través del cual el émbolo interno acciona el cigüeñal y al menos dos yugos escoceses, uno a cada lado del cilindro, a través de los cuales el émbolo externo acciona el cigüeñal.
40
8. Un motor de combustión interna según la reivindicación 7, donde dicho par de yugos escoceses están conectados al émbolo externo mediante miembros de conexión respectivos en los lados opuestos del cilindro, donde los miembros de conexión son externos al cilindro.
45

