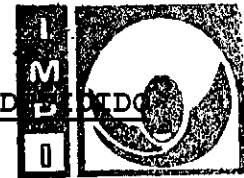


UBICACIÓN DE BUJÍA PARA MOTOR DE CICLO DIVIDIDO

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

La presente invención se refiere a un motor de combustión interna. Más específicamente, la presente

5 invención se refiere a la ubicación de una fuente de ignición en un cilindro de expansión de un motor de ciclo dividido para evitar la entrada de mezcla quemada de aire/combustible en una o más lumbreras de válvula de expansión de pasaje de cruce antes del tiempo de cierre de válvula de expansión.

10 Para propósitos de claridad, se ofrece la siguiente definición para el término "motor de ciclo dividido" que puede aplicarse a motores descritos en la técnica anterior y como se refiere en la presente solicitud.

Un motor de ciclo dividido como se refiere en la presente comprende:

un cigüeñal que puede girar sobre un eje de cigüeñal;

20 un pistón de compresión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de compresión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de compresión alterna a través de una carrera de admisión y una carrera de compresión durante una sola rotación del cigüeñal;

25 un pistón de expansión (potencia) recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de expansión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de



expansión alterna a través de una carrera de expansión y una carrera de escape durante una sola rotación del cigüeñal.

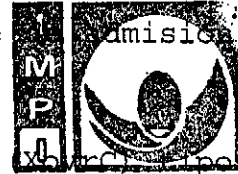
un pasaje de cruce que interconecta los cilindros de compresión y expansión, el pasaje de cruce incluye una

5 válvula de compresión de cruce (XovrC) y una válvula de expansión de cruce (XovrE) que definen una cámara de presión entre las mismas.

La Patente Norteamericana 6,543,225 concedida el 8 de abril de 2003 para Carmelo J. Scuderi contiene una
10 discusión extensiva de motores de ciclo dividido y tipos similares. Además, la patente describe detalles de una versión anterior de un motor del cual la presente invención comprende un desarrollo adicional.

Con referencia a la FIGURA 1, una modalidad
15 ejemplar de un concepto de motor de ciclo dividido de la técnica anterior se muestra generalmente por el número 10. El motor 10 de ciclo dividido reemplaza dos cilindros adyacentes de un motor de cuatro carreras convencional con una combinación de un cilindro 12 de compresión y un cilindro 14
20 de expansión. Estos dos cilindros 12, 14 desempeñan sus funciones respectivas una vez por revolución del cigüeñal 16. El aire de admisión y la carga de combustible se extraen en el cilindro 12 de compresión a través de válvulas 18 de admisión tipo barra típica. El pistón 20 del cilindro de
25 compresión presuriza la carga e impulsa la carga a través del

pasaje 22 de cruce, el cual actúa como el pasaje para el cilindro 14 de expansión.



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

Una válvula 24 de compresión de cruce retención en la entrada del pasaje de cruce se utiliza para evitar el flujo inverso del pasaje 22 de cruce hacia el cilindro 12 de compresión. Una válvula 26 de expansión de cruce (XovrE) en la salida del pasaje 22 de cruce controla el flujo de la carga de admisión presurizada de modo que la carga completamente entra al cilindro 14 de expansión poco después de que el pistón 30 de expansión alcanza su posición de punto muerto superior (TDC). La bujía 28 se enciende poco después de que la carga de admisión entra al cilindro 14 de expansión y la combustión resultante impulsa el pistón 30 del cilindro de expansión hacia el punto muerto inferior (BDC). Los gases de escape se bombean del cilindro de expansión a través de las válvulas 32 de escape de barra.

Con el concepto de motor de ciclo dividido, los parámetros geométricos del motor (es decir, el diámetro interno, la carrera, la longitud de la biela, la relación de compresión, etc.) de los cilindros de compresión y expansión generalmente son independientes entre sí. Por ejemplo, las cigüeñas 34, 36 del cigüeñal para cada cilindro pueden tener diferentes radios y desfasarse entre sí con el punto muerto superior (TDC) del pistón 30 del cilindro de expansión que se presenta antes del TDC del pistón 20 del cilindro de

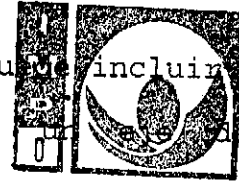
compresión. Esta independencia permite al motor dividido lograr potencialmente mayores niveles de y mayores torsiones que los motores de cuatro típicos.



5 Debido a que la válvula 26 de expansión de cruce (XovrE) sólo tiene un tiempo corto (ángulo de cigüeñal de aproximadamente 30 grados) para descargar la mezcla presurizada de aire/combustible hacia el cilindro de expansión antes de la finalización de la carrera de pistón
10 del cilindro de compresión, el cierre de la válvula de expansión de cruce se presenta después de la ignición de la carga de aire/combustible. Se desea que la vida prolongada de la válvula evite la entrada de mezcla quemada de combustible en la válvula de expansión de cruce sin acortar el tiempo de
15 cierre de válvula.

 En un motor de ciclo dividido de acuerdo con la invención, la bujía o bujías se localizan en el cilindro de expansión a una "distancia segura" de la o las válvulas de expansión de cruce (XovrE) en donde la mezcla de combustión a
20 partir del punto de ignición no alcanzará la o las válvulas de XovrE antes de su cierre sustancial. Esto requiere consideración en el proceso de diseño de velocidad de flama del cilindro en el margen de velocidades de motor así como otras consideraciones para la ubicación de la bujía en los
25 motores convencionales.

Un motor de acuerdo con la invención puede incluir un cigüeñal que puede girar sobre un cigüeñal del motor;



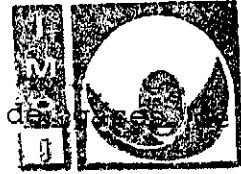
Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

un pistón de compresión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de compresión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de compresión alterna a través de una carrera de admisión y una carrera de compresión durante una sola rotación del cigüeñal;

un pistón de expansión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de expansión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de expansión alterna a través de una carrera de expansión y una carrera de escape durante una sola rotación del cigüeñal;

un pasaje de cruce que interconecta los cilindros de compresión y expansión, el pasaje de cruce incluye una válvula de compresión de cruce (XovrC) y una válvula de expansión de cruce (XovrE) que definen una cámara de presión entre las mismas;

una culata de cilindro que cierra un extremo del cilindro de expansión y que tiene una lumbrera de válvula de expansión de cruce que asienta la válvula de expansión de cruce, y una fuente de ignición que tiene un centro de fuente de ignición separado de un borde periférico más cercano de la lumbrera de válvula de expansión de cruce y el cual enciende una mezcla de aire/combustible en un tiempo de ignición



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

preescrito para establecer un frente de flama de
combustión en el cilindro de expansión;

en donde el centro de la fuente de ignición se
coloca a una distancia del borde periférico más cercano

5 lumbrera de válvula de expansión de cruce que por lo menos es
tan grande como a una "distancia segura" determinada para
evitar el viaje de gases de combustión hacia la lumbrera de
válvula de expansión de cruce antes del cierre sustancial de
la válvula sobre por lo menos una porción de las velocidades
10 operativas del motor, y la distancia segura "S" es expresada
por la función:

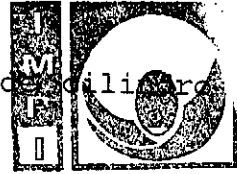
S (milímetros) = velocidad de combustión
(milímetros/grados del ángulo de cigüeñal) x grados del
ángulo de cigüeñal desde la ignición hasta el cierre de
15 válvula de expansión de cruce.

Características adicionales pueden incluir:

El centro de la fuente de ignición se localiza lo
suficientemente lejos de la pared de cilindro para evitar
enfriamiento y apagado de la flama después de la ignición y
20 no tan lejos de las paredes de cilindro como para extender
demasiado el tiempo de combustión de la carga y provocar una
auto-ignición más allá del frente de flama.

El centro de la fuente de ignición se localiza por
lo menos a 12mm de un borde periférico más cercano de una
25 válvula de escape en la culata de cilindro para permitir que

el espacio de enfriamiento adecuado de la pared del cilindro adyacente a la fuente de ignición.



Estas y otras características y ventajas de la invención se entenderán más completamente a partir de la siguiente descripción detallada de la invención tomada junto con los dibujos anexos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIGURA 1 es una vista en corte transversal de un motor de ciclo dividido de la técnica anterior relacionado con el motor de la invención;

la FIGURA 2 es una vista en corte transversal de un motor de ciclo dividido ejemplar de acuerdo con la presente invención;

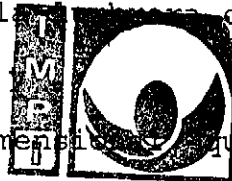
la FIGURA 3 es una vista superior en corte transversal del motor de ciclo dividido tomada a través de la línea 3-3 de la FIGURA 2 con inyectores de combustible superpuestos;

la FIGURA 4 es una vista frontal inferior de la culata de cilindro que muestra las dimensiones principales con ubicaciones relativas de válvulas y fuentes de ignición;

la FIGURA 5 es una ilustración de la penetración de flama en un asiento de válvula de XovrE en ATDC de 25 grados, conforme se cierra la válvula;

la FIGURA 6 es una gráfica de línea de la "distancia segura" prevista entre el centro de la fuente de

ignición y el borde periférico más cercano de la válvula de Xovrc contra la velocidad del motor;



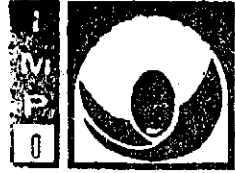
la FIGURA 7 es un diagrama bidimensional que muestra el avance de flama calculado en 1400 rpm a pa
 5 la ignición en ATDC de 14 grados a ATDC de 23 grados

Instituto
 Mexicano
 de la Propiedad
 Industrial

Con referencia ahora a las FIGURAS 2 y 3 de los dibujos en detalle, el número 50 generalmente indica una representación diagramática de un motor de ciclo dividido de acuerdo con la invención. El motor 50 incluye un cigüeñal 52
 10 que puede girar sobre un eje 54 de cigüeñal en una dirección de las manecillas del reloj como se muestra en el dibujo. El cigüeñal 54 incluye cigüeñas 56, 58 de cigüeñal delantera y trasera angularmente desplazadas, conectadas a bielas 60, 62, respectivamente.

15 El motor 50, además, incluye un bloque 64 de cilindros que define un par de cilindros adyacentes, en particular el cilindro 66 de compresión y un cilindro 68 de expansión cerrados por una culata 70 de cilindro en un extremo de los cilindros opuestos al cigüeñal 52.

20 Un pistón 72 de compresión se recibe en cilindros 66 de compresión y se conecta a la biela 62 para reciprocidad del pistón entre las posiciones del punto muerto superior (TDC) y el punto muerto inferior (BDC). Un pistón 74 de expansión se recibe en el cilindro 68 de expansión y se
 25 conecta a la biela 60 para una reciprocidad similar de



TDC/BDC.

En una modalidad ejemplar, la culata 70 de cilindro proporciona el medio para el flujo de gas hacia dentro y entre los cilindros 66, 68. En el orden de flujo de gas, la culata de cilindro incluye una lumbrera 76 de entrada a través de la cual se extrae el aire de admisión hacia el cilindro 66 de compresión, pasajes 78 de doble cruce (Xovr) (por lo menos un pasaje requerido), a través del cual se transfiere el aire comprimido (gas) desde el cilindro 66 de compresión hasta el cilindro 68 de expansión, y una lumbrera 80 de escape a través de la cual los gases consumidos se descargan desde el cilindro de expansión. Cada pasaje 78 de cruce también define una cámara 81 de presión en la cual se almacena gas presurizado cuando las válvulas de compresión y expansión de cruce se cierran.

El flujo de gas hacia el cilindro 66 de compresión es controlado por una válvula 82 de admisión tipo barra que se abre hacia adentro. El flujo de gas hacia y fuera de cada pasaje 78 de cruce puede ser controlado por un par de válvulas de barra que se abren hacia fuera, es decir, válvulas 84 de compresión de cruce (XovrC) en extremos de entrada de los pasajes de cruce y válvulas 86 de expansión de cruce (XovrE) en los extremos de salida de los pasajes de cruce. El flujo de gas de escape fuera de la lumbrera 80 de escape es controlado por una válvula 88 de escape tipo barra



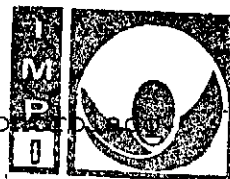
que se abre hacia adentro. Esas válvulas 82, 84, pueden ser accionadas en cualquier forma adecuada tal como por levas impulsadas mecánicamente, tecnología de accionamiento de válvula variable, o similares.

5 Con referencia continua a las FIGURAS 2 y 3 de los dibujos, el motor 50 ejemplar también incluye una o más bujías 90 u otras fuentes de ignición localizadas en ubicaciones apropiadas en el extremo del cilindro de expansión donde una carga mezclada de combustible y aire puede encenderse y quemarse durante la carrera de expansión.

También el motor requiere por lo menos un inyector 92 de combustible operativo para inyectar combustible en una carga de aire comprimido dentro de por lo menos uno (o ambos) de los pasajes 78 de cruce y las cámaras 81 de presión.

15 Con referencia a la FIGURA 4, una modalidad del motor 50 de ciclo dividido de ignición de chispa (SI) como se muestra tiene una cara 94 de culata de cilindro con válvulas 96 de expansión de cruce (XovrE) doble asentadas en las lumbreras 98 de válvula de XovrE, en donde las válvulas de XovrE se abren hacia fuera con respecto al cilindro 68 de expansión (no mostrado).

20 La cara 94 de la culata de cilindro también incluye por lo menos una válvula 100 de escape asentada en una lumbrera 102 de válvula de escape y por lo menos una fuente 25 104 de ignición, tal como una bujía, una bujía de resistencia



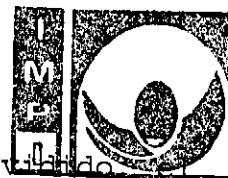
Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

eléctrica, un láser conmutado o cualquier medio conmutado para elevar la temperatura del combustible/aire, suficiente en una ubicación, para establecer el inicio de la combustión en esa ubicación. Como se discute en mayor detalle

5 en la presente, el centro 106 de cada fuente 104 de ignición se localiza a una distancia segura "S" (designada con un número 108 de referencia) desde un borde 110 periférico más cercano de cada lumbrera 98 de válvula de XovrE. Las posiciones relativas de las válvulas 96 de XovrE, válvula 100
10 de escape y fuente 104 de ignición son importantes para:

- a) asegurar una buena mezcla de combustible;
- b) promover un movimiento de carga apropiado en el cilindro;
- c) evitar que la flama se quemé en el pasaje de
15 cruce;
- d) evitar la auto-ignición ("detonación") de la mezcla de combustible/aire antes de la llegada de la flama. (La detonación es un fenómeno de auto-ignición no controlada de cavidades de combustible y aire no quemados que
20 generalmente debe evitarse en la mayor parte de la operación del motor en ignición por chispa; y
- e) lograr una quema adecuadamente rápida antes que el pistón descienda demasiado rápido.

Existe una ventaja en tener fuentes 104 de ignición
25 dobles, ya que la velocidad de combustión se incrementa, y de



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

forma más importante para el motor 50 de ciclo dividido
 uso de fuentes 104 de ignición dobles proporcionan más
 flexibilidad para realizar la distancia 108 segura mínima del
 borde 110 periférico más cercano de la lumbrera 98 de válvula
 5 de XovrE. Esto es debido a que una sola fuente de ignición
 normalmente se coloca en el centro del cilindro para
 proporcionar un viaje de trayectoria de flama igual en todas
 las direcciones, proporcionando de este modo tiempos de
 combustión relativamente rápidos comparados con las fuentes
 10 de ignición que se desplazan. Sin embargo, una fuente de
 ignición central no es ideal para el motor 50 de ciclo
 dividido ya que el centro de una fuente de ignición
 centralmente localizada tenderá a estar más cerca de un borde
 periférico más cercano de la lumbrera 98 de válvula de XovrE
 15 que los centros 106 de fuente 104 de ignición doble y por lo
 tanto será menos probable que cumpla con los criterios de
 distancia segura mínima contra fuentes de ignición dobles.
 Las fuentes 104 de ignición dobles pueden moverse más allá
 del centro del cilindro y el borde periférico más cercano de
 20 las lumbreras 98 de válvula de XovrE, mientras aún logra un
 tiempo de combustión adecuadamente más rápidos.

Existen tres parámetros principales los cuales
 afectan la ubicación seleccionada de las fuentes 104 de
 ignición en el motor 50 de ciclo dividido:

25 Parámetro 1. Distancia al borde 110 periférico



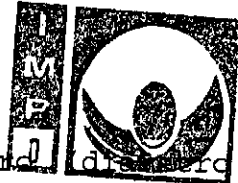
más cercano de las lumbreras 98 de válvula de XovrE

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

Con referencia a la FIGURA 5, para lograr combustión tan cercana como sea posible a TDC en el de ciclo dividido, es necesario que la ignición se presente
5 antes que las válvulas 96 de XovrE se hayan cerrado. Sin embargo, también es importante evitar que la flama 112 viaje hacia las lumbreras 98 de válvula de XovrE por razones de durabilidad de la válvula 96 de XovrE y pérdidas de eficiencia térmica. Los centros 106 de las fuentes 104 de
10 ignición por lo tanto necesitan colocarse lo suficientemente lejos del borde 110 periférico más cercano de las lumbreras 98 de válvula de XovrE para permitir que las válvulas 96 de XovrE se hayan cerrado sustancialmente antes de que la flama 112 las alcance. El cierre "Sustancial" se toma para estar en
15 23 grados después del punto muerto superior (ATDC), en cuanto a la seguridad de penetración de la flama 112, a través del cierre de la válvula 96 actual que se encuentra en 25 grados ATDC. La FIGURA 5 muestra que la flama 112 ha alcanzado, penetrado y solapado la válvula 96 en 23 grados ATDC, pero
20 esto se toma como aceptable ya que el huelgo de la válvula/asiento es menor que 0.5mm en 23 grados ATDC, cuando la flama llega al borde 110 periférico más cercano de la lumbrera 98 de válvula de expansión de cruce.

Parámetro 2. Distancia a la pared 68 de cilindro

15 En primer lugar, una fuente 104 de ignición la cual



está demasiado cerca de la pared 68 de cilindro interno) puede resultar en enfriamiento y apagado de la flama 112, lo cual no es ideal para promover la combustión en fase de quemado temprana.

5 En segundo lugar, una fuente 104 de ignición la cual está demasiado distante de cualquiera de las paredes 68 del cilindro resultará en un tiempo de quemado extendido para que la flama 112 alcance la mezcla no quemada. Esto daña la eficiencia térmica, y puede resultar en una auto-ignición
10 (detonación) de la mezcla no quemada, debido a la compresión de la mezcla no quemada y la transferencia de calor radiante desde la flama antes de que la flama llegue a la ubicación de mezcla no quemada.

Por la primera razón, la primera y segunda fuentes
15 104 de ignición típicamente también se encuentran en por lo menos 20% del diámetro interno del cilindro desde la periferia del diámetro 68 interno del cilindro. Por la segunda razón, una sola fuente 104 de ignición no debe ser mayor a ~60% del diámetro interno del cilindro de cualquier
20 parte del área de paredes de cilindro en la parte superior del diámetro 68 interno del cilindro.

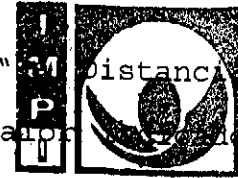
Parámetro 3. Distancia al borde periférico más cercano de la lumbrera 102 de válvula de escape

Pasajes de enfriamiento adecuados, no mostrados,
25 son necesarios en la camisa de agua de la culata de cilindro

entre el refuerzo de la bujía, no mostrado, y la apertura de la lumbrera 102 de escape. La distancia mínima normal es gobernada por limitaciones de la pieza fundida tal como el espesor de la pared mínimo de la pieza de fundición que es posible así como la sección mínima del núcleo de arena que es viable para formar la camisa de enfriamiento. Este requerimiento generalmente necesita un mínimo de 12mm entre el centro 106 de la fuente 104 de ignición y del borde periférico más cercano de la lumbrera 102 de válvula de escape.

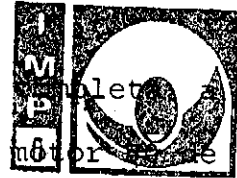
Con referencia a la FIGURA 6, la gráfica 114 se deriva de los resultados de pronóstico de las conductas dinámicas de fluido computacional (CFD) de combustión e ilustra la importancia del parámetro 1 para el motor 50 del ciclo dividido. La línea 116 representa las distancias recorridas por la flama 112 (eje vertical de la gráfica 114), desde el comienzo de la ignición hasta el punto de cierre de la válvula 96 de expansión de cruce, contra la velocidad del motor (eje horizontal de la gráfica 114) en condiciones de carga completa. Si la distancia 108 de la fuente 104 de ignición desde el borde 110 periférico más cercano de la lumbrera 98 de válvula de XovrE es mayor que el valor indicado por la línea 116, esta disposición evita la penetración de flama 112 en la lumbrera 98 de válvula de expansión de cruce antes que se cierre la válvula 96 de





expansión de cruce y puede denominarse como "Distancia Segura (S)". Si la distancia es menor que el vapor por la línea 116, esta disposición resultará en penetración de flama en la lumbrera 98 de expansión de cruce antes que se cierre la válvula 96 de expansión de cruce. La gráfica 114 también muestra que la distancia teóricamente segura es de ~19mm a 1400rpm, la velocidad de flama 2.14mm/grados (punto 118) y 35mm en 4000rpm, velocidad de flama 5.74mm/grados (punto 120). El punto 122 es la ubicación actual de las fuentes 104 de ignición como se hizo del modelo en el análisis de CFD el cual generó esta gráfica 114. El punto 122 representa una distancia segura de 19.8mm para permitir una ignición óptima en 1500rpm para el motor 50.

El gradiente de la línea 116 es dependiente de la velocidad de combustión (velocidad del frente de flama 112) en cada velocidad del motor, y el tiempo de inicio de la ignición, el cual varía en carga completa de ~14-20 grados ATDC, hasta el cierre de la válvula 96 de expansión de cruce en 25 grados ATDC. Para combustión convencional de 2 y de 4 carreras, la velocidad de combustión principal incrementa linealmente con la velocidad del motor en incremento mientras el tiempo disponible para que la combustión avance y se complete se reduce linealmente con la velocidad del motor en incremento, estos dos factores resultan en un periodo angular



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

aproximadamente constante para una combustión a través del margen de velocidad del motor. Para el ciclo dividido, basándose en los pronósticos de combustión CFD, la velocidad de combustión en 4000rpm es aproximadamente 2.5 veces mayor que la velocidad de combustión en 1400rpm en un solo plano ~1 milímetro (mm) por debajo de la cara 94 de la culata de cilindro, definido en milímetros/grado de ángulo de cigüeñal, y también se requiere aproximadamente 1.8 veces mayor distancia entre la fuente 104 de ignición y la válvula 96 de expansión de cruce en 4000rpm que la distancia segura requerida en 1400rpm.

La discrepancia entre 1.8 veces de "distancia segura", y 2.5 veces la velocidad de combustión angular en 4000rpm y 1400rpm probablemente es debido a varios factores, el más importante es el periodo angular más largo (9 grados de ángulo de cigüeñal) en 1400rpm de ignición (14 grados ATDC) hasta el punto de cierre seguro de la válvula 96 de XovrE (23 grados ATDC), contra el periodo equivalente de 6 grados ATDC en 4000rpm, debido al tiempo de ignición retardado de 17 grados ATDC en 4000rpm, este último ha sido una mejor estimación temprana del tiempo de ignición para evitar la penetración de flama en la lumbrera 98 de válvula de XovrE. Físicamente es imposible lograr que la distancia segura requerida entre el centro 106 de fuente de ignición y el borde 110 periférico más cercano de la lumbrera 98 de

válvula de expansión de cruce, entonces la ignición se retardaría más allá de su tiempo después de TDC y esto disminuiría la eficiencia térmica del motor.



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

Con referencia a la FIGURA 7, el trayectoria de flama aproximado entre la fuente 104 de ignición y el borde 110 periférico más cercano de la lumbrera 98 de válvula de expansión de cruce se deduce en 1400rpm al escalar los contornos de CFD del avance de combustión, el frente de flama es tomado como el contorno K de 2000 grados. En el ejemplo de la FIGURA 7, el cual es para una ignición central sencilla, el contorno de 17 grados ATDC es aproximadamente como una simple elipse 124 blanca, que avanza hacia el contorno 126 de 23 grados ATDC en el cual la combustión recién alcanza el borde periférico más cercano de la lumbrera de válvula de cruce antes del cierre de la válvula de cruce en 25 grados ATDC. En la FIGURA 7, la distancia escalada es de aproximadamente 19mm y esto corresponde a la distancia segura en 1400rpm (punto 118) en la FIGURA 6.

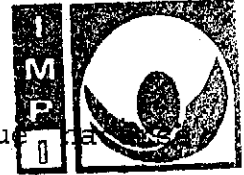
Con referencia a la FIGURA 6, las velocidades de combustión en 1400rpm en la dirección de la válvula 96 de XovrE puede ser calculada a partir de la distancia recorrida entre las dos posiciones en los frentes de flama de K de 2000 grados, dividido por el tiempo o incrementos angulares entre cada frente de flama en 1400rpm. Estas velocidades de



combustión aproximadamente promediadas en 14 mm son de 18 metros/segundos (m/s), o 2.14mm/grado de cigüeñal. Entras los valores correspondientes en 4000rpm son 18 mm o 5.74mm/grado de cigüeñal, ambos números posteriores han incrementado por el 30% nominal de los valores escalados para corregir el uso de una relación pobre de aire/combustible en los cálculos de CFD de 4000rpm.

Para las disposiciones de la cámara de combustión del motor 50 de ciclo dividido para combustibles de gasolina (como para la FIGURA 1 y la FIGURA 3), de acuerdo con el Parámetro 1, la distancia segura debe ser mayor a 35mm; una distancia menor de 35mm implicará pérdidas de eficiencia térmica en 4000rpm. Para velocidades menores, la distancia segura puede ser reducida, por ejemplo, a ~19mm en 1400 y probablemente en proporción entre 19 y 35 mm para velocidades intermedias. Por ejemplo, un valor de diseño para la distancia entre la ubicación del centro 106 de fuente de ignición y el borde 110 periférico más cercano de la lumbrera 98 de válvula de XovrE de 19.8mm proporciona una ignición óptima en ~1500rpm (punto 122 en la FIGURA 6).

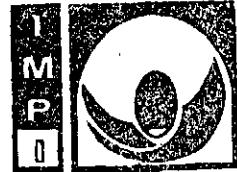
Para mayores distancias seguras, las cuales deben permitir un tiempo de ignición óptimo de hasta ~4000rpm, las fuentes 104 de ignición pueden moverse más cerca hacia la válvula 100 de escape (como por los Parámetros 2 y 3) y las válvulas 96 de expansión de cruce moverse más allá de las



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

fuentes 104 de ignición. Un compromiso tiene que ser
 debido al tamaño del diámetro interno 68 del cilindro
 limitado y el tamaño de las válvulas 100 de escape, se debe
 recordarse que disposiciones de ignición muy descentradas son
 5 peligrosas para un quemado rápido y para detonación, en
 muchos casos. El beneficio de la distancia segura
 "inadecuada", tal como 19.8mm, es que los mejores tiempos de
 combustión se han mantenido para condiciones de carga media
 donde velocidades de combustión mucho menores se esperan como
 10 consecuencia natural de la operación del motor regulado. Sin
 embargo, para aplicaciones híbridas, la operación de carga
 más completa debe requerirse y esto probablemente puede
 demandar distancias seguras mostradas en la FIGURA 6.

Puede decirse que, el sujeto a conocimiento
 15 adicional en las velocidades de combustión para el motor 50
 de ciclo dividido, la distancia segura de 19-35mm prevista
 entre el centro 106 de la fuente de ignición y el borde 110
 periférico más cercano de las lumbreras 98 de válvula de
 XovrE, para una operación de carga completa de 1400-4000rpm,
 20 es un número absoluto aplicable a todos los tamaños de
 diámetro externo del cilindro para los motores de filtro
 dividido que operan con combustible de gasolina. Las
 distancias seguras deben cambiar si los combustibles con
 mayores velocidades de combustión laminar se utilizan, o si
 5 se encuentran ciertos medios para incrementar las velocidades



de combustión, por ejemplo, turbulencia incrementada. Distancias seguras similares podrían calcularse de la operación de combustibles diesel, dependiendo de la disponibilidad de las predicciones de CFD.

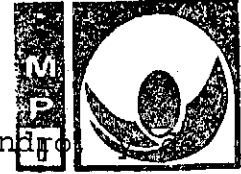
5 En resumen, la distancia segura entre "S" para cualquier motor de ciclo dividido generalmente puede especificarse por la siguiente relación:

$$S \text{ (mm)} = \text{velocidad de combustión (milímetro/grado de ángulo de cigüeñal (mm/CAD))} \times \text{grado de ángulo de cigüeñal desde la ignición hasta el cierre de válvula de XovrE}$$

10 En forma más fácil, S puede escalarse de los resultados de CFD que muestran la distancia de contorno de flama ~23 grados ATDC de la distancia recorrida desde la fuente de ignición para el margen de velocidad operacional del motor a carga completa, y la distancia segura de valor más alto seleccionada de acuerdo con el ciclo de trabajo esperado del motor; sobre esta velocidad seleccionada, la ignición debe retardarse para evitar la quema en la lumbrera 98 de válvula de XovrE.

20 La expresión anterior también puede expresarse en una ecuación análoga con velocidad de combustión en m/s y tiempo para la combustión en segundos, como calculada a partir de la velocidad del motor y el ángulo del cigüeñal.

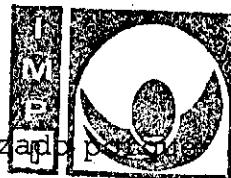
De acuerdo con el Parámetro 2, ambos centros 106 de la fuente 104 de ignición deben ser ~20% del diámetro interno



de la periferia del diámetro 68 interno del cilindro
 acuerdo con el Parámetro 3, ambos centros 106 de la fuente
 104 de ignición deben ser por lo menos 12mm desde de la Propiedad
 periférico más cercano de la lumbrera 102 de válvula de
 escape.

Esta disposición proporciona un sistema de
 combustión que evita la quema en la lumbrera 98 de válvula de
 expansión de cruce antes de que se cierre la válvula 96 de
 expansión de cruce, mientras también logra un intercambio
 10 óptimo entre la quema de todos los contenidos del cilindro 68
 y la evasión de la detonación.

Aunque la invención se ha descrito por referencia a
 modalidades específicas, debe entenderse que numerosos
 cambios pueden hacerse dentro del espíritu y alcance de los
 15 conceptos inventivos descritos. Por consiguiente, se pretende
 que la invención no se limite a las modalidades descritas,
 sino que tenga el alcance más amplio definido por el lenguaje
 de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

1. Un motor de combustión interna caracterizado por comprender:

un cigüeñal que puede girar sobre un eje de la propiedad del motor;

un pistón de compresión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de compresión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de compresión alterna a través de una carrera de admisión y una carrera de compresión durante una sola rotación del cigüeñal;

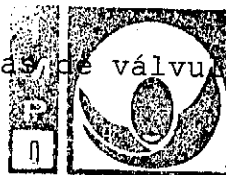
un pistón de expansión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de expansión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de expansión alterna a través de una carrera de expansión y una carrera de escape durante una sola rotación del cigüeñal;

dos lumbreras de válvula de expansión de cruce, cada una de las dos lumbreras de válvula de expansión de cruce que asienta una válvula de expansión de cruce correspondiente;

un pasaje de cruce que interconecta los cilindros de compresión y expansión, el pasaje de cruce incluye una válvula de compresión de cruce (XovrC) y al menos una de las dos válvulas de expansión de cruce (XovrE), el pasaje de cruce define una cámara de presión entre la válvula de compresión de cruce (XovrC) y al menos una de las dos válvulas de expansión de cruce (XovrE);

una culata de cilindro que cierra un extremo del

cilindro de expansión y que tiene las dos lumbreras de válvula de expansión de cruce; y



dos fuentes de ignición dispuestas en el cilindro de expansión, cada una de las dos fuentes de ignición, incluyen un centro de la fuente de ignición, las dos fuentes de ignición funcionan para encender una mezcla de aire/combustible para establecer un frente de flama de gases quemados en el cilindro de expansión,

en donde para cada una de los dos centros de la fuente de ignición, una distancia desde el centro de la fuente de ignición respectiva a un borde periférico más cercano de las dos lumbrera de la válvula de expansión de cruce es mayor que la distancia desde un centro del cilindro de expansión a un borde periférico más cercano de las dos lumbreras de la válvula de expansión de cruce.

2. El motor de conformidad con la reivindicación **1**, caracterizado porque cada una de los dos centros de la fuente de ignición están al menos a una distancia segura (S) desde un borde periférico más cercano respectivo de las dos lumbreras de la válvula de la válvula de expansión de cruce, y en donde la distancia segura (S) es de 19 milímetros (mm) ó más.

3. El motor de conformidad con la reivindicación **2**, caracterizado porque la distancia segura (S) generalmente está en el margen de 19mm a 35mm.

4. El motor de conformidad con la reivindicación **1**,



caracterizado porque cada uno de los dos centros de la fuente de ignición están localizados suficientemente lejos de la pared del cilindro para evitar el enfriamiento y apagado de la flama después de la ignición.

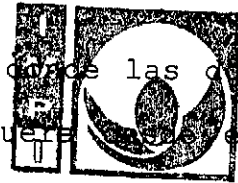
5 5. El motor de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque cada uno de los dos centros de la fuente de ignición se localizan no más allá del 60 por ciento del diámetro del cilindro de expansión desde cualquier parte de la pared del cilindro de expansión adyacente al extremo cerrado del cilindro de expansión.

10 6. El motor de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque cada uno de los dos centros de la fuente de ignición se localizan por lo menos al 20 por ciento del diámetro del cilindro desde la pared del cilindro de expansión adyacente al extremo cerrado del cilindro de expansión.

15 7. El motor de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la culata de cilindro incluye una lumbrera de escape que asienta una válvula de escape, y el centro de cada uno de las dos fuentes de ignición se localizan por lo menos a 20 12mm del borde periférico más cercano respectivo de la lumbrera de escape para permitir el espacio de enfriamiento adecuado de la pared de cilindro de expansión adyacente a cada una de las fuentes de ignición.

25 8. El motor de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la válvula de compresión de cruce abre hacia

afuera lejos del cilindro de compresión, y en donde las dos
válvulas de expansión de cruce abren hacia afuera del
cilindro de expansión.



**Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial**

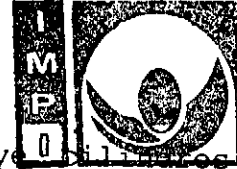
5

10

15

20

25

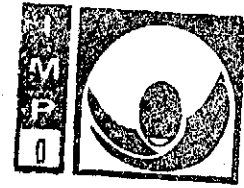
RESUMEN

Un motor de ciclo dividido incluye cilindros de
compresión y expansión separados conectados por un eje de
cruce. Las válvulas de compresión y expansión de cruce definen
5 una cámara de presión entre las mismas en el pasaje de cruce para
almacenar el gas presurizado antes de la distribución
sincronizada en el cilindro de expansión. Una o más fuentes de
ignición, tales como bujías, se colocan para impulsar la
combustión rápida después la ignición en el cilindro de expansión
10 pero suficientemente alejada de las válvulas de expansión de
cruce para evitar que los gases de quema alcancen las válvulas
de expansión de cruce antes de que se cierren sustancialmente para
evitar la entrada del gas quemado en las mismas.

15

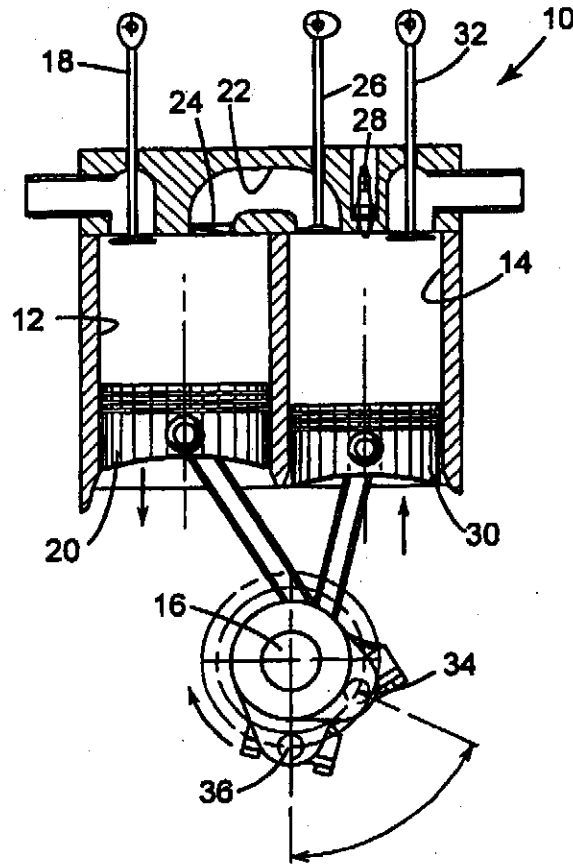
20

25



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

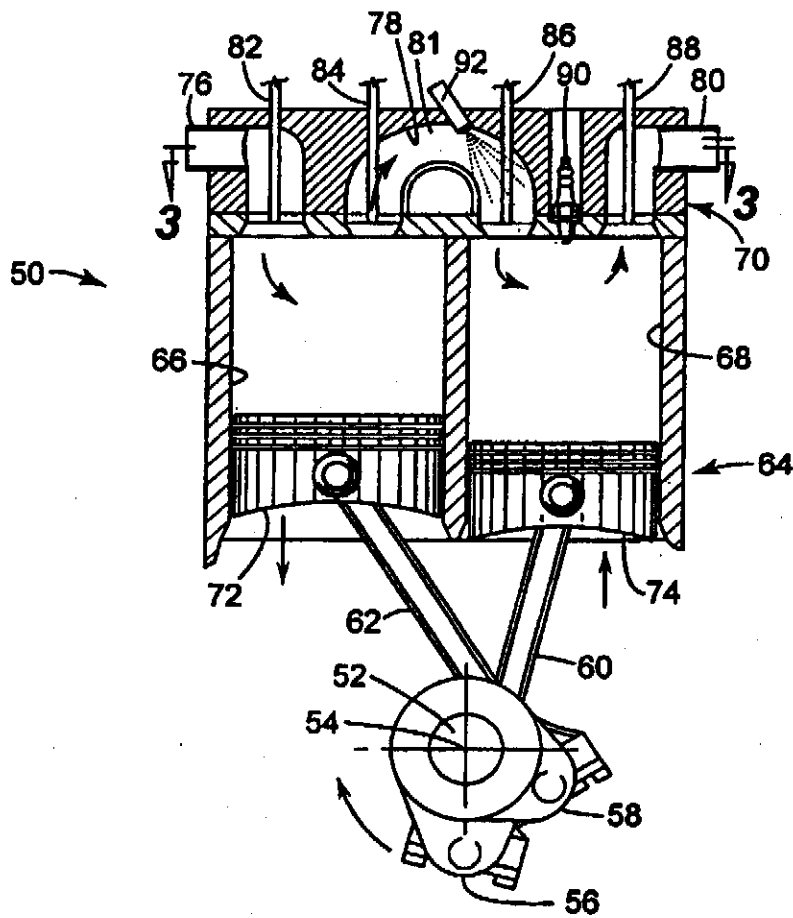
FIG. 1

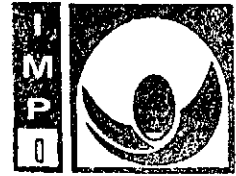




Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

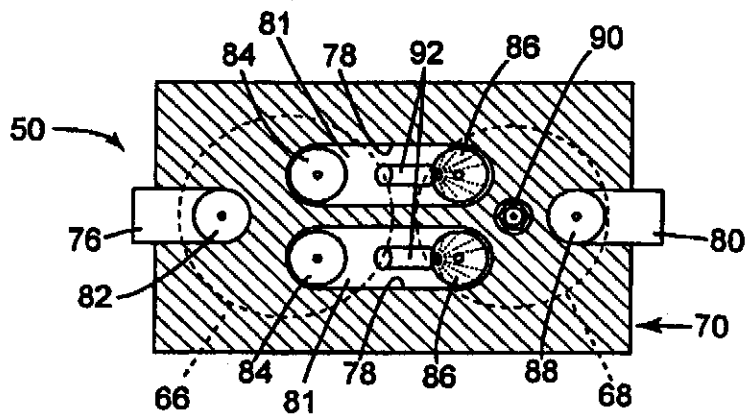
FIG. 2





Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

FIG. 3





Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

FIG. 4

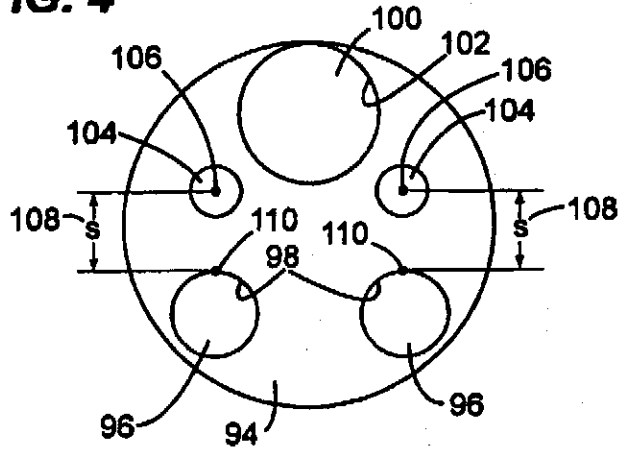
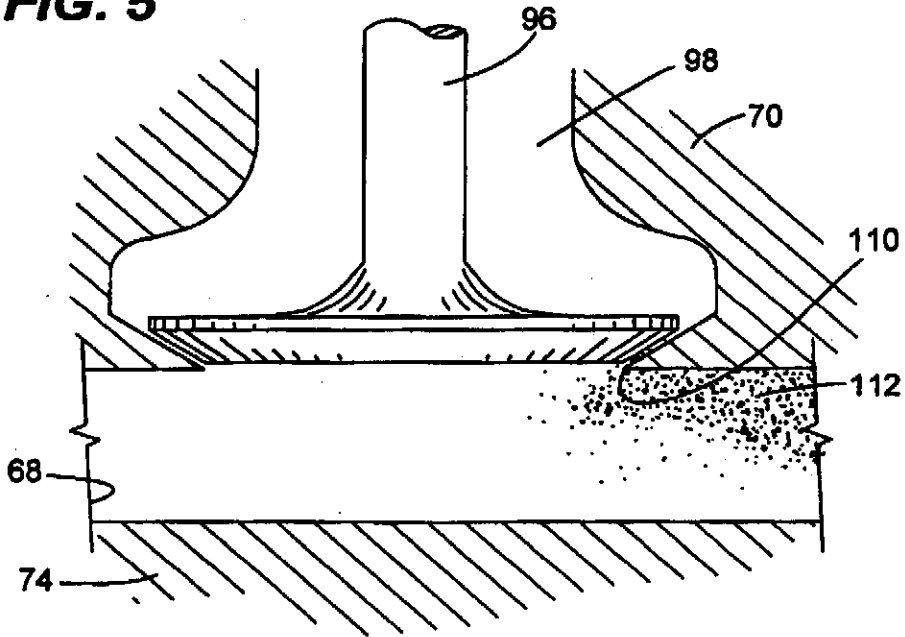
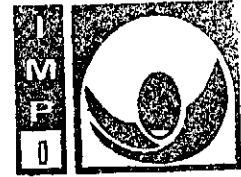


FIG. 5





Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

FIG. 6

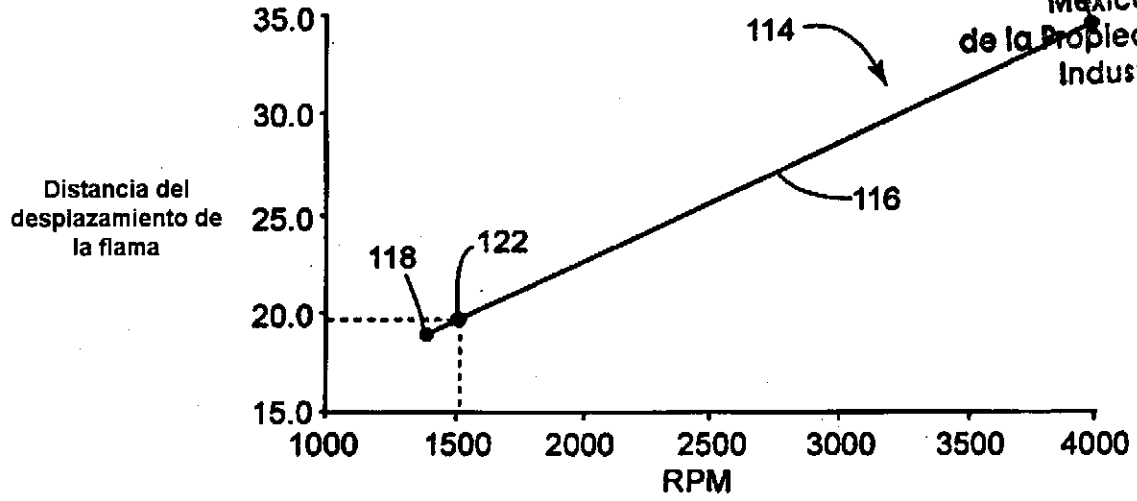


FIG. 7

