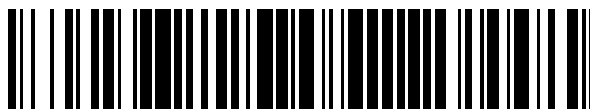


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 777 877**

51 Int. Cl.:

F02B 19/00 (2006.01)

H01T 13/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.06.2005** **PCT/US2005/020121**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.02.2006** **WO06011950**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2005** **E 05759220 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019** **EP 1766208**

54 Título: **Bujía de precámara**

30 Prioridad:

24.06.2004 US 582567 P

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

06.08.2020

73 Titular/es:

WOODWARD, INC. (100.0%)
1081 Woodward Way
Fort Collins, Colorado 80524, US

72 Inventor/es:

TOZZI, LUIGI P. y
SALTER, DOUGLAS W.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 777 877 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

Bujía de precámara

Campo de la invención

Esta invención se refiere a bujías de precámaras y más en particular a bujías de precámaras para motores de mezcla pobre.

Antecedentes de la invención

Los motores que operan con combustibles gaseosos, tales como el gas natural, reciben de manera habitual una mezcla pobre de combustible, que es una mezcla de aire y combustible que contiene una relación relativamente elevada de aire frente a combustible. Con frecuencia, la mezcla pobre de combustible da como resultado fallos de encendido, detonaciones, combustión incompleta y un ahorro de combustible malo. Un factor que puede conducir a estos hechos es la mala capacidad de las bujías convencionales para encender de manera efectiva una mezcla pobre de combustible en el cilindro del motor en funcionamiento. Se puede lograr una combustión más efectiva de mezclas pobres de combustible utilizando una cámara de precombustión.

Las bujías de precámara (es decir, la cámara de precombustión) se utilizan en la cámara de precombustión y se utilizan de manera habitual para mejorar los límites de inflamabilidad pobres en motores de mezcla pobre, tales como los motores de mezcla pobre de gas natural. En bujías de precámara conocidas, tales como la bujía de precámara expuesta en la patente de EE. UU. 5.554.908, el espacio de chispa está confinado en una cavidad que tiene un volumen que de manera habitual es menor del tres por ciento del desplazamiento de los cilindros del motor. La parte superior de la cavidad tiene forma de cúpula y tiene diversos orificios de inducción/eyección tangencial. Durante el funcionamiento, a medida que el pistón del motor se mueve hacia arriba durante el ciclo de compresión, el aire/combustible se fuerza a través de los orificios de inducción en la precámara. La orientación de los orificios crea un movimiento con formación de remolinos en el interior de la cavidad de la precámara.

La diferencia de densidad entre el aire y el combustible junto con el movimiento con formación de remolinos provoca la estratificación del combustible dentro de la cavidad de la precámara. Con una ubicación adecuada del espacio de chispa, se puede lograr un encendido efectivo en un área rica en combustible. El quemado rápido del combustible en la cavidad de la precámara puede dar como resultado unos chorros de llamas muy penetrantes en la cámara de combustión del motor. Estos chorros de llamas proporcionan la capacidad de lograr una propagación de la llama más rápida y repetible en la cámara de combustión del motor con mezclas más pobres de aire/combustible.

Un problema que la técnica anterior no soluciona es el funcionamiento de las bujías con mezclas ultrapobres de aire/combustible ($\lambda > 1.75$) y una BMEP (presión media efectiva al freno) elevada (> 18 MPa (18 bares)). En dichas condiciones operativas, la vida útil de las bujías tiende a ser muy corta. Como resultado, no es práctica la comercialización de motores de gas de eficiencia elevada y densidad de potencia elevada.

Lo que no se describe en la técnica anterior son los atributos y configuraciones necesarias para la cavidad de la precámara, los orificios de inducción/eyección, la forma y ubicación de los electrodos que minimizan la erosión de los electrodos y maximizan la vida útil de las bujías, especialmente con mezclas ultrapobres de aire/combustible y una BMEP elevada. La técnica anterior también no soluciona el problema de la condensación de agua en el interior de la precámara de la bujía y entre los electrodos, lo que provoca cortocircuitos y fallos de encendido de las bujías. De manera adicional, la técnica anterior no soluciona el problema del sobrecalentamiento de las superficies de las bujías que provoca un encendido previo.

La invención proporciona dichos atributos y configuraciones para motores que operan con mezclas ultrapobres de aire/combustible y una BMEP elevada. Estas y otras ventajas de la invención, así como también características adicionales de la invención, serán evidentes a partir de la descripción de la invención proporcionada en la presente.

El documento US 2.843.780 describe una bujía en la que los electrodos tienen caras opuestas convexas curvadas de manera esférica.

El documento DE 10144976 A1 describe un espacio de aire para que se pueda formar la chispa entre el electrodo central y el electrodo de tierra y ubicado en el eje central dentro de la antecámara.

Compendio breve de la invención

La invención se define en las reivindicaciones.

La invención proporciona un método y un aparato para maximizar la vida útil de las bujías de precámara que operan con mezclas ultrapobres y/o una BMEP del motor elevada. La erosión de los electrodos se reduce extendiendo la energía de descarga por área superficial unitaria de electrodo sobre un área más amplia, manteniendo la concentración de combustible en el espacio de chispa, controlando la presión estática del gas en el instante de la descarga eléctrica y manteniendo la temperatura de los electrodos dentro de su rango operativo seguro.

La energía de descarga se extiende sobre un área superficial mayor creando un patrón de formación de remolinos en la mezcla aire/combustible. En una realización, el patrón de formación de remolinos se logra con agujeros periféricos en la tapa de extremo de la bujía, que se taladran formando un ángulo en la tapa de extremo. El efecto de formación

de remolinos da como resultado una descarga de energía específica menor en los electrodos mediante la generación de una fuerza del campo de flujo que actúa sobre la descarga de la chispa y provoca que se mueva el arco, lo que reduce de ese modo la velocidad de erosión del electrodo.

5 Los electrodos de la bujía se disponen con una configuración variable al conformar el electrodo de tierra y/o el electrodo central de modo que se cree un espacio de chispa de tamaño variable. El espacio de chispa de tamaño variable da como resultado una reducción de la tensión de chispa necesaria para el encendido a presiones operativas elevadas, lo que reduce de ese modo la energía necesaria para el encendido. La configuración variable también da como resultado un encendido fiable en motores que operan con relaciones aire/combustible pobres debido al espacio mínimo del espacio de chispa de tamaño variable que concentra el combustible en un espacio pequeño.

10 El electrodo central de la bujía de precámara sobresale en la cavidad de la precámara. Como resultado, el electrodo central está expuesto a la combustión de la mezcla aire/combustible en la cavidad de la precámara y al aumento de temperatura resultante. El aislamiento cerámico del electrodo central se diseña de modo que proporcione un trayecto efectivo de transferencia de calor para evitar el sobrecalentamiento del electrodo central, que puede provocar un encendido previo.

15 El volumen detrás del electrodo de tierra proporciona un volumen para productos quemados de ciclos de combustión anteriores y proporciona un encendido más fiable, especialmente con mezclas muy pobres de aire/combustible. Este volumen permite que los productos quemados sean empujados hacia atrás cuando la mezcla aire/combustible de otro ciclo de combustión se introduce en la cámara de precombustión. Este volumen se dimensiona de modo que se logre un encendido efectivo con mezclas muy pobres de aire/combustible. En una realización, la relación entre el volumen
20 detrás del espacio de chispa y el volumen de la precámara de la bujía es mayor que la relación entre el volumen de la cámara de combustión del motor y el desplazamiento del motor.

Otros aspectos, objetivos y ventajas de la invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se considera junto con los dibujos anexos.

Descripción breve de los dibujos

25 La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra los pasos generales que se toman para maximizar la vida útil de las bujías en bujías de precámara de acuerdo con los principios de la presente invención;

la figura 2 es una vista isométrica de una bujía de precámara de acuerdo con los principios de la presente invención;

la figura 3 es una vista ampliada de la bujía de precámara de la figura 2;

la figura 4 es una vista de una sección transversal parcial de la bujía de precámara de la figura 2;

30 la figura 5a es una vista frontal de una tapa de extremo de la bujía de precámara de la figura 2, que ilustra los orificios de inducción de acuerdo con los principios de la presente invención;

la figura 5b es una vista de una sección transversal de la tapa de extremo de la figura 5a;

35 la figura 6a es una vista de una sección transversal de una realización de un electrodo de tierra, que tiene una configuración de electrodo divergente de acuerdo con los principios de la presente invención, a lo largo de la línea 6a,6b – 6a-6b de la figura 4;

la figura 6a es una vista de una sección transversal de una realización alternativa de un electrodo de tierra, que tiene una configuración de electrodo divergente de acuerdo con los principios de la presente invención, a lo largo de la línea 6a,6b – 6a,6b de la figura 4;

40 la figura 7 es una vista de una sección transversal del electrodo de tierra de la figura 6a con los orificios de inducción de las figuras 5a, 5b superpuestos en el electrodo de tierra;

la figura 8 es una vista de una sección transversal de una realización alternativa de un electrodo de tierra con los orificios de inducción de las figuras 5a, 5b superpuestos en el electrodo de tierra;

la figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra los pasos de fabricación de una bujía de precámara a partir de una bujía estándar utilizando un adaptador;

45 la figura 10 es una vista de una sección transversal de una bujía estándar modificada con un adaptador para crear una bujía de precámara; y

la figura 11 es una vista de una sección transversal de una bujía de precámara con una tapa de extremo que sobresale ligeramente.

50 Aunque la invención se describirá en relación con ciertas realizaciones preferidas, no se pretende que esté limitada por esas realizaciones. Más bien al contrario, se pretende abarcar todas las alternativas, modificaciones y equivalentes como si estuvieran incluidos dentro de la naturaleza y el alcance de la invención tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

Descripción detallada de la invención

La invención proporciona un método y un aparato para maximizar la vida útil de las bujías en bujías de precámara que operan con mezclas ultrapobres y a una BMEP del motor elevada. Los factores esenciales que afectan a la erosión de electrodos incluyen la energía de descarga por área superficial unitaria de electrodo, la concentración de combustible en el espacio de chispa, la presión estática del gas en el instante de la descarga eléctrica y la temperatura del electrodo.

La figura 1 muestra los pasos generales para maximizar la vida útil de las bujías en bujías de precámara que operan con mezclas ultrapobres y a una BMEP del motor elevada. En primer lugar se presentará una breve descripción de los pasos generales. Tal como se utiliza en la presente, una mezcla ultrapobre hace referencia a un factor λ de aire en exceso de al menos 1.75, donde λ está relacionado con la relación aire-combustible de acuerdo con la ecuación

$$\lambda = \frac{\text{relación aire/combustible real}}{\text{relación aire/combustible estequiométrica}}$$

El factor λ de aire en exceso indica la cantidad que la relación aire/combustible está por encima o por debajo de una mezcla estequiométrica.

Volviendo ahora a la figura 1, un paso 102 para maximizar la vida útil de las bujías es proporcionar un trayecto para la generación de fuerzas del campo de flujo. Las fuerzas del campo de flujo actúan sobre la descarga de la chispa y provocan que se mueva el arco generado durante el funcionamiento. Como resultado, la energía de la chispa se distribuye sobre una superficie de electrodo mayor lo que da como resultado una energía específica descargada menor por unidad de superficie. Con una energía específica descargada menor en los electrodos, se logra una velocidad de erosión de los electrodos reducida. Para ciertas condiciones operativas pueden ser necesarios campos de flujo del orden de 30 m/s.

Otro paso 104 para maximizar la vida útil de las bujías es proporcionar un volumen suficiente por debajo del área del espacio de los electrodos, para contener los productos quemados del ciclo anterior durante el funcionamiento. El volumen en una realización es mayor que el volumen de la precámara de la bujía por la relación volumétrica del cilindro. Esta característica permite un encendido efectivo incluso con mezclas muy pobres de aire/combustible. Al mismo tiempo que este paso o de manera independiente de este paso se debería optimizar (p. ej., minimizar) el trayecto de transferencia de calor para evitar un sobrecalentamiento del electrodo.

Un paso adicional 106 para maximizar la vida útil de las bujías es dispone los electrodos en una configuración variable, de modo que exista un espacio mínimo del orden de 0.005 a 0.010 pulgadas y un espacio máximo del orden de 0.03 a 0.05 pulgadas. El espacio de tamaño variable es efectivo a la hora de reducir los requisitos de tensión de ruptura de la chispa a BMEP elevadas y también permitir un encendido fiable para relaciones pobres de aire/combustible.

Un paso adicional 108 para maximizar la vida útil de las bujías es proporcionar un campo de flujo en el instante del encendido que sea adecuado para concentrar una mezcla más rica de aire/combustible en las proximidades del espacio de chispa. Las características de los campos de flujo están controladas por la sincronización de las chispas del motor y la configuración de los orificios de inducción/eyección de la bujía de precámara. Se prefieren campos de flujo de velocidad elevada del orden de 5-30 m/s y una sincronización de las chispas con un gran avance del orden de ángulos de biela de 20-40 antes del punto muerto superior, debido a que se reduce la presión estática en el espacio y por lo tanto se reducen los requisitos de tensión de ruptura de la chispa.

Volviendo ahora a las figuras 2-4, se muestra una realización de una bujía de precámara 200 que incorpora las estructuras asociadas con los pasos de la figura 1. Las bujías son conocidas en la técnica, de modo que no es necesaria una descripción detallada de las partes convencionales de la bujía de precámara 200 en la presente. La bujía de precámara 200 incluye una carcasa cilíndrica 202 y un aislador que se ajusta en la carcasa 202, de modo que una parte de punta 204 se proyecte desde la carcasa 202. De manera habitual, la carcasa 202 se forma a partir de material metálico tal como un acero de bajo carbono. Dentro del aislador se dispone un electrodo central 206, de modo que una parte en la parte de punta 204 se proyecte desde el aislador. La parte de punta se utiliza para proporcionar un trayecto de transferencia de calor desde el electrodo central 206 durante la combustión de la mezcla aire/combustible en la bujía de precámara 200.

En una bujía convencional, se utiliza un electrodo de tierra donde un extremo está unido a la carcasa por medio de, por ejemplo, soldadura y cuyo extremo opuesto está doblado lateralmente tal que una cara lateral de este esté enfrentada a una parte de punta del electrodo central 206. Al contrario que en una bujía convencional, el electrodo de tierra 208 de la presente invención tiene forma de disco y está montado cerca del extremo 210 del electrodo central 206. Se forma un espacio de chispa de tamaño variable 212 entre el electrodo de tierra 208 y el electrodo central 206. La ubicación del electrodo de tierra 208 depende de la relación volumétrica del motor. La relación volumétrica del motor es la relación del volumen total del cilindro con respecto al volumen de la cámara de combustión principal. En una realización, se selecciona la ubicación del electrodo de tierra 208 en la cámara de precombustión de modo que la relación del volumen total de la cámara de precombustión con respecto al volumen detrás del electrodo de tierra 208 (es decir, el volumen opuesto a la tapa de extremo 214) sea menor que la relación volumétrica del motor. En forma de ecuación, esto se escribe:

$$\frac{V_p}{V_g} < \frac{V_t}{V_c}$$

donde V_p es el volumen total de la cámara de precombustión ($218_1 + 218_2$), V_g es el volumen residual (218_2) detrás del electrodo de tierra 208, V_t es el volumen total del cilindro (es decir, el volumen desplazado por el pistón) y V_c es el volumen de la cámara de combustión (es decir, el volumen del cilindro que tiene la mezcla aire/combustible). Por ejemplo, se supone que V_t/V_c es de una magnitud de orden 10, entonces la relación de V_p frente a V_g debería ser menor de 10. El volumen detrás del electrodo de tierra 208 proporciona un volumen para los productos residuales de la combustión que no han salido de la cámara de precombustión (durante un ciclo de combustión anterior). Los productos residuales de la combustión diluyen la mezcla aire/combustible durante la admisión de la mezcla aire/combustible en la cámara de precombustión.

Cabe destacar que la temperatura de la bujía es una función del volumen total de la cámara de precombustión. De manera habitual, la temperatura de la bujía aumenta (es decir, se calienta más) con un aumento de volumen debido principalmente a la mayor masa de combustible que se quema en la cámara. A medida que la temperatura aumenta, se presenta la posibilidad de un encendido previo. No obstante, el rendimiento de la combustión mejora en general con un aumento de volumen debido a que hay un aumento de gases calientes para inyectar en los orificios, lo que da como resultado una mayor penetración en la cámara de combustión principal y un penacho mayor que mejora la combustión. Como resultado, la relación real de V_p frente a V_g utilizada se basa en las características del motor y en el rendimiento deseado. Por ejemplo, en un motor, una V_p/V_g de 5 puede funcionar mejor que una V_p/V_g de 3, mientras que en otro motor, una V_p/V_g de 3 funciona mejor que una V_p/V_g de 5.

Al contrario que una bujía convencional, la carcasa 202 se extiende pasado el extremo 210 del electrodo de tierra 206. Se forma una parte roscada 214 en la superficie circunferencial exterior de la carcasa 202 y se adapta de modo que se monte la bujía 200 en un bloque de motor de manera que la carcasa 202 se extienda en la cámara de precombustión del motor (no se muestra).

Una tapa de extremo (generador de remolinos) 216 cierra la carcasa 202, lo que da como resultado una cavidad de la precámara 218. La cavidad de la precámara 218 consta de un volumen que se puede encender 218_1 por delante del electrodo 208 y un volumen residual 218_2 por detrás del electrodo 208. Volviendo ahora a las figuras 5a y 5b, la tapa de extremo 214 tiene unos agujeros taladrados 220, 222 para la entrada de nuevas cargas de aire/combustible y la descarga de los productos de la combustión durante el funcionamiento. El área de los agujeros y el coeficiente de flujo efectivo se dimensionan de modo que garanticen una eficiencia de "respirabilidad" óptima. Por ejemplo, el área de los agujeros debería ser lo suficientemente grande como para permitir el llenado de la cavidad de la precámara 218 durante el movimiento subsónico del pistón (p. ej., el pistón se mueve a través del punto muerto superior) aunque lo suficientemente pequeña como para proporcionar una velocidad sónica de descarga de gas (es decir, el penacho). En una realización, la configuración de la tapa de extremo (generador de remolinos) que maximiza la transferencia de calor y minimiza la posibilidad de un encendido previo está "enrasada" con la cabeza del cilindro. Dependiendo de la configuración de la cámara de combustión y del diseño de la cabeza del cilindro, se puede construir de manera efectiva un generador de remolinos que sobresalga ligeramente (véase la figura 12).

De manera habitual, el agujero central 220 es recto (es decir, paralelo a la línea central de la bujía 200). Los agujeros periféricos 222 forman un ángulo para crear un patrón de formación de remolinos en el gas de descarga. La formación de remolinos de la mezcla de gas/combustible provoca que el arco generado durante el funcionamiento se mueva, de modo que la energía en el arco se disipe sobre una superficie mayor del electrodo de tierra 208 y el electrodo central 206, lo que hace disminuir de ese modo la temperatura del electrodo de tierra 208 y el electrodo central 206. Los ángulos θ , α y las distancias d_1 y d_2 se seleccionan basándose en las características del motor, tal como la velocidad de la carrera del pistón. Los agujeros periféricos 222 se dimensionan en una realización para estrangular el flujo en los agujeros periféricos durante la descarga (es decir, el encendido en la cámara principal) de modo que el flujo principal (es decir, la descarga de gases calientes) se produzca a través del agujero central 220, al tiempo que se proporciona un flujo suficiente durante la admisión de gases en la cavidad 218 como para proporcionar un efecto de formación de remolinos que ayuda a encender los gases en la cámara de precombustión. El efecto de formación de remolinos mejora la estabilidad de la combustión, y con un dimensionamiento adecuado, no produce una restricción excesiva al flujo. Los agujeros inclinados 222 dan como resultado la generación de una fuerza del campo de flujo que actúa sobre la descarga de la chispa tal como se describe a continuación. En una realización, el diámetro de los agujeros inclinados 222 es 1.5 mm (0.060 pulgadas) y el diámetro del agujero central 220 es de 1.65 mm (0.065 pulgadas). La elevada velocidad de flujo en el espacio de chispa también proporciona un beneficio adicional de arrastrar el agua condensada durante el apagado del motor.

Volviendo ahora a las figuras 6a y 6b, la forma del electrodo 208 se moldea de modo que sea divergente con respecto al electrodo central 206. La divergencia del electrodo 208 da como resultado la elongación del arco de descarga y un espacio de chispa de tamaño variable 212. Por ejemplo, en la figura 6a, el electrodo de tierra tiene una forma lobulada, de modo que el espacio de chispa 212 sea cóncavo con respecto al electrodo central 206. Se puede observar que el espacio de chispa 212 tiene un espacio de chispa mínimo en la ubicación 224 y el espacio de chispa 212 diverge a cada lado del espacio mínimo. En una realización, el tamaño del espacio oscila entre un espacio mínimo del orden de 0.1 a 0.25 mm (0.005 a 0.010 pulgadas) para un funcionamiento con una BMEP elevada y un espacio máximo del orden de 0.8 a 1.3 mm (0.030 a 0.050 pulgadas). Cabe destacar que el espacio mínimo podría ser menor, aunque las

tolerancias de fabricación en la actualidad limitan cómo de pequeño puede ser el espacio sin utilizar técnicas de fabricación de coste elevado. Un espacio de 0.1 mm (0.005) es lo suficientemente preciso donde las tolerancias de fabricación son mínimas. El espacio de tamaño variable 212 es efectivo a la hora de reducir los requisitos de tensión de chispa (es decir, la tensión excitadora) a presiones elevadas. De manera adicional, el tamaño variable proporciona un encendido más fiable durante el funcionamiento en condiciones de relación pobre de aire/combustible. La figura 6b muestra una implementación alternativa de un espacio de chispa variable 212.

Tal como se ha indicado anteriormente, la presente invención genera fuerzas del campo de flujo que actúan sobre la chispa de descarga y provocan que el arco se mueva y distribuya la energía de la chispa sobre un área superficial mucho mayor. Esto se puede observar en la figura 7, que ilustra los agujeros periféricos 222 de la tapa de extremo 216 superpuestos al electrodo de tierra 208. Se muestra una ilustración de las fuerzas del campo de flujo representadas mediante las flechas 300 que actúan sobre el arco 302. Sin las fuerzas del campo de flujo, el arco estaría concentrado en la ubicación de espacio mínimo 224. Con las fuerzas del campo de flujo, el arco se mueve y la energía asociada con el arco se distribuye sobre un área mayor, tal como se indica mediante el número de referencia 304. Tal como se muestra en la figura 7, la configuración de los orificios de inducción/eyección 222 da como resultado que el campo de flujo se mueve principalmente en la dirección de las flechas 300. Con una configuración diferente, el campo de flujo se puede mover en otras direcciones. La configuración de los orificios de inducción/eyección 222 debería ser tal, que el campo de flujo en el instante del encendido concentre una mezcla más rica de aire/combustible en las proximidades del espacio de chispa 212 para mejorar el funcionamiento. Cabe destacar que además de la configuración de los orificios de inducción/eyección 222, las características del campo de flujo también están dictadas por la sincronización de las chispas del motor. Los campos de flujo de velocidad elevada del orden de 5-30 m/s y una sincronización de las chispas con un gran avance del orden de ángulos de biela de 20-40 antes del punto muerto superior reducen la presión estática en el espacio de chispa 212, lo que da como resultado una reducción del requisito de tensión excitadora de la tensión de chispa. La figura 8 ilustra otra realización de un electrodo de tierra 208 con campos de flujo que actúan sobre el arco. Cabe destacar que el electrodo central 206 es rectangular en lugar de circular y el electrodo de tierra 208 tiene forma de diente (es decir, tiene forma trapezoidal).

En la descripción anterior, la bujía de precámara se ha descrito en términos de una construcción con carcasa de una pieza (véase la figura 2). La carcasa también puede adoptar la forma de una construcción con carcasa de múltiples piezas. Por ejemplo, una bujía estándar se puede transformar en una bujía de precámara añadiendo un adaptador a la carcasa existente de la bujía estándar, para crear la carcasa de la bujía de precámara. Volviendo ahora a las figuras 9-10, en una realización, una bujía de precámara se puede fabricar a partir de una bujía estándar utilizando un adaptador 450. El adaptador 450 se dimensiona de modo que se ajuste al electrodo de tierra 208, a la tapa de extremo 216 y proporcione la cavidad de la precámara 218 con una V_p/V_g tal como se ha descrito anteriormente. Las roscas 452 en la carcasa de la bujía 454 se eliminan mediante rectificado u otra operación (paso 400). El diámetro interior del adaptador 450 se mecaniza de modo que la superficie 464 proporcione un ajuste por contracción moderada con respecto a la carcasa 454, donde las roscas 452 se han eliminado (paso 402). En una realización, el ajuste por contracción es del orden de aproximadamente 0.002 pulgadas. El adaptador se calienta previamente y se desliza sobre la carcasa de la bujía 454 (paso 404). Se debería utilizar un elemento de fijación para mantener la carcasa de la bujía 454 en el adaptador 450, con el fin de garantizar que existe un contacto adecuado para el trayecto de transferencia de calor desde el electrodo central 206 hasta el adaptador 450, tal como se indica mediante las flechas (véase la figura 10). El trayecto de transferencia de calor principal es desde el electrodo central 206, a través del aislador 204, fuera del asiento cónico 458 y hasta la cabeza del cilindro (no se muestra) a través de una junta, tal como una junta de cobre. El trayecto de transferencia de calor proporciona un trayecto para el calor del electrodo central debido al encendido de la mezcla de aire/combustible en la cavidad de precombustión 218 y es importante para una vida útil de la bujía prolongada y una resistencia al encendido previo. El adaptador 450 se integra con la carcasa de la bujía 454 por medio de soldadura (tal como se indica mediante la referencia 460) y similares (paso 406). De manera habitual, el proceso de soldadura se realiza utilizando soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo gas protector (GTAW), que se denomina con frecuencia soldadura TIG, u otros tipos de soldadura. Se pueden utilizar otras técnicas tales como la soldadura fuerte siempre que la técnica pueda soportar aproximadamente 17 MPa (2500 psi) a 350 grados Celsius.

Después de que esté integrado el adaptador 450, se completa el conjunto adaptador (paso 408). La terminación incluye montar el electrodo de tierra 208 en la cavidad 218 y montar la tapa de extremo 216. Cabe destacar, que puede ser necesario mecanizar el extremo 210 del electrodo central, si el extremo 210 debe estar enrasado con el electrodo de tierra 208. En una realización, el electrodo de tierra 208 se mantiene contra un tope interno con una o más juntas o empaquetaduras 462. El electrodo de tierra 208 también se puede mantener en su sitio con juntas o empaquetaduras a ambos lados del electrodo de tierra 208. Como alternativa, el diámetro interior del adaptador 450 puede estar roscado y el electrodo de tierra se mantiene en su sitio con las roscas. Aunque la tapa de extremo 216 se muestra ajustada dentro del adaptador 450 (o la carcasa 202), cabe destacar que la tapa de extremo 216 se puede ajustar sobre el adaptador 450 (o la carcasa 202) o estar enrasado con el diámetro exterior del adaptador 450 (o de la carcasa 202).

Tal como se describe anteriormente, se puede construir un generador de remolinos que sobresale ligeramente dependiendo de la configuración de la cámara de combustión y del diseño de la cabeza del cilindro. Volviendo ahora a la figura 12, en una realización alternativa, se muestra un generador de remolinos 216' que sobresale ligeramente desde el extremo de la carcasa 202 (o del adaptador 450). El generador de remolinos 216' tiene un agujero central

220' y unos agujeros periféricos 222', tal como se describe anteriormente con respecto al generador de remolinos 216. El generador de remolinos 216' se fija a la carcasa 202 mediante soldadura, soldadura fuerte o similares.

A partir de lo anterior, se puede observar que se ha descrito un método y un aparato para maximizar la vida útil de las bujías en bujías de precámara que operan con mezclas ultrapobres y a una BMEP del motor elevada. Los factores esenciales que afectan a la erosión de los electrodos incluyen la energía de descarga por área superficial unitaria de electrodo, la concentración de combustible en el espacio de chispa, la presión estática del gas en el instante de la descarga eléctrica y la temperatura del electrodo. La energía de descarga se ha extendido a lo largo de un área superficial mayor por medio del efecto de formación de remolinos creado mediante los agujeros periféricos en la tapa de extremo. El efecto de formación de remolinos da como resultado una descarga de energía específica menor en los electrodos, lo que reduce la velocidad de erosión de los electrodos. Por otra parte, el campo de flujo de velocidad elevada obtenido en el espacio divergente del electrodo garantiza que se arrastre cualquier condensación de agua antes de que se produzca la descarga eléctrica. La configuración divergente de los electrodos que resulta de la forma del electrodo de tierra y/o el electrodo central reduce la tensión de la chispa a presiones operativas elevadas, lo que reduce de ese modo la energía necesaria para el encendido, al tiempo que proporciona un encendido fiable para relaciones pobres de aire/combustible. El diseño del aislamiento cerámico del electrodo central proporciona un trayecto de transferencia de calor efectivo con el fin de evitar el sobrecalentamiento del electrodo central. El volumen detrás del electrodo de tierra proporciona un volumen para productos quemados de ciclos de combustión anteriores y proporciona un encendido más fiable con mezclas muy pobres de aire/combustible.

La utilización de los términos "un", "una", "el/la" y referencias similares en el contexto de descripción de la invención (especialmente en el contexto de las siguientes reivindicaciones) se debe considerar que abarca tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en la presente o esté en contradicción manifiesta con el contexto. Las expresiones "que comprende", "que tiene", "que incluye" y "que contiene" se deben considerar como expresiones abiertas (es decir, que significan "que incluye, pero no limitado a,") a menos que se diga lo contrario. La citación de rangos de valores en la presente se prevé simplemente que sirva como un método abreviado para hacer referencia de manera individual a cada valor independiente que se encuentra dentro del rango, a menos que se indique lo contrario en la presente, y cada valor independiente se incorpora a la memoria descriptiva como si este se citara de manera individual en la presente. Todos los métodos descritos en la presente se pueden realizar en cualquier orden adecuado a menos que se indique claramente lo contrario en la presente o esté en contradicción manifiesta con el contexto. La utilización de cualquiera de los ejemplos o de todos ellos, o del lenguaje ejemplar (p. ej., "tal como") proporcionado en la presente, se pretende que aclare en mayor medida la invención y no supone una limitación al alcance de la invención a menos que se reivindique lo contrario. Ningún lenguaje en la memoria descriptiva se debería considerar como que indica que cualquier elemento no reivindicado es esencial para la implementación de la invención.

En la presente se describen realizaciones preferidas de la invención, que incluyen el mejor modo conocido por los inventores para llevar a cabo la invención. Para aquellos que son expertos en la técnica pueden ser evidentes variaciones de esas realizaciones preferidas tras la lectura de la descripción anterior. Los inventores esperan que los expertos empleen dichas variaciones según sea adecuado, y los inventores pretenden que la invención se implemente de otro modo al descrito de manera específica en la presente. En consecuencia, esta invención incluye todas las modificaciones y equivalentes del contenido citado en las reivindicaciones adjuntas a la presente según está permitido por la ley aplicable. Además, cualquier combinación de los elementos descritos anteriormente en todas sus posibles variaciones queda englobada por la invención, a menos que se indique lo contrario en la presente o esté en contradicción manifiesta con el contexto.

REIVINDICACIONES

1. Un método para extender la vida útil de una bujía de precámara (200) que tiene uno o más electrodos, que comprende los pasos de:

5 disponer los electrodos en una configuración divergente (106), donde el paso de disponer los electrodos (106) incluye formar un espacio de chispa de tamaño variable (212) entre un electrodo de tierra (208) y un electrodo central (206), que define un eje axial, donde el electrodo de tierra tiene forma lobulada de modo que el espacio de chispa (212) sea cóncavo con respecto al electrodo central (206) en una sección transversal perpendicular al eje axial a lo largo del electrodo central (206); y

10 crear un patrón de formación de remolinos en el gas de descarga y generar de ese modo unas fuerzas del campo de flujo que actúan sobre la descarga de la chispa de la bujía de precámara, con una fuerza suficiente para hacer que el arco de encendido se mueva lo que distribuye de ese modo la energía de la chispa sobre una superficie de electrodo mayor.

2. El método de la reivindicación 1, que comprende además el paso de proporcionar un volumen (104) detrás de un espacio de electrodo para productos quemados de al menos un ciclo de encendido anterior.

15 3. El método de cualquier reivindicación anterior que comprende además el paso de proporcionar un trayecto para generar las fuerzas del campo de flujo (102).

4. El método de la reivindicación 3, donde el paso de proporcionar un trayecto para generar las fuerzas del campo de flujo comprende el paso de proporcionar al menos un trayecto inclinado en una tapa de extremo (216) de la bujía de precámara (200).

20 5. El método de la reivindicación 4, donde el paso de generar las fuerzas del campo de flujo comprende el paso de forzar una mezcla de aire y combustible a través de al menos un trayecto inclinado.

6. El método de la reivindicación 4 o 5 según depende de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde la configuración divergente y el trayecto inclinado se dimensionan de modo que las fuerzas del campo de flujo arrastren el agua condensada entre el o los electrodos.

25 7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, donde el paso de disponer los electrodos (106) incluye el paso de disponer los electrodos de modo que un espacio de chispa mínimo tenga un tamaño en el rango de 0.127 a 0.254 milímetros.

30 8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, donde el paso de disponer los electrodos (106) incluye además el paso de disponer los electrodos de modo que un espacio de chispa máximo tenga un tamaño en el rango de 0.762 a 1.27 milímetros.

9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2-8, donde la bujía de precámara (200) tiene un aislamiento cerámico (204) entre el electrodo central (206) y una carcasa (202) de la bujía de precámara (200), y donde el paso de proporcionar un volumen para productos quemados (104) incluye el paso de configurar el aislamiento cerámico (204) de modo que se minimice el sobrecalentamiento del electrodo y se proporcione un volumen deseado.

35 10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2-9, donde el paso de proporcionar un volumen (104) incluye el paso de proporcionar un volumen de acuerdo con la ecuación:

$$\text{Volumen} > \frac{V_{\text{precámara}}}{V_{\text{relación}}}$$

donde $V_{\text{precámara}}$ es el volumen total del volumen de la precámara de la bujía de precámara y $V_{\text{relación}}$ es una relación volumétrica del motor.

40 11. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2-10, donde el paso de proporcionar un volumen (104) comprende el paso de proporcionar un volumen que minimice un trayecto de transferencia de calor y evite el sobrecalentamiento de al menos uno de los electrodos.

12. Un método para crear una bujía de precámara a partir de una bujía estándar para utilizar en cualquier método anterior, comprendiendo la creación de la bujía de precámara los pasos (400) de:

45 eliminar las roscas (452) de la bujía estándar;

eliminar al menos una parte del electrodo de tierra estándar de la bujía estándar;

fijar un adaptador (450) a la bujía estándar; y

fijar una tapa de extremo (216) al adaptador,

50 fijar un electrodo de tierra (208) dentro del adaptador (450), de modo que se cree un espacio de chispa (212) entre el electrodo de tierra (208) y un electrodo central (206) de la bujía estándar, donde el electrodo de tierra tiene forma

lobulada de modo que el espacio de chispa (212) sea cóncavo con respecto al electrodo central (206) en una sección transversal perpendicular al eje axial a lo largo del electrodo central (206).

13. El método de la reivindicación 12, donde el adaptador (450) proporciona un ajuste por contracción y el paso de fijar un adaptador incluye el paso de precalentar el adaptador (450).

5 14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, donde el paso de fijar el adaptador incluye el paso de soldar el adaptador (450) a la bujía estándar.

15. Una bujía de precámara (200) que comprende:

un electrodo central (206) que define un eje axial;

una carcasa metálica (202) que define una cámara de precombustión;

10 un aislador (204) dispuesto entre el electrodo central (206) y la carcasa metálica (202);

un electrodo de tierra (208) fijado a la carcasa metálica (202), donde el electrodo de tierra (208) se moldea de modo que defina un espacio de chispa (212) de tamaño variable con relación al centro del electrodo (206); y

15 una tapa de extremo (216) montada en la carcasa metálica (202), teniendo la tapa de extremo al menos un orificio de inducción (222) que comprende al menos un agujero periférico (222) que está orientado formando un ángulo con respecto al eje axial a lo largo del electrodo central (206) y crea un patrón de formación de remolinos en el gas de descarga;

donde el electrodo de tierra (208) tiene forma lobulada, de modo que el espacio de chispa (212) sea cóncavo con respecto al electrodo central (206) en una sección transversal perpendicular al eje axial a lo largo del electrodo central (206).

20 16. La bujía de precámara (200) de la reivindicación 15, donde la cámara de precombustión tiene un volumen total y la carcasa metálica (202) está dimensionada de modo que un volumen detrás del electrodo de tierra (208) sea

$$\text{Volumen} > \frac{V_{\text{precámara}}}{V_{\text{relación}}}$$

donde $V_{\text{precámara}}$ es el volumen total y $V_{\text{relación}}$ es una relación volumétrica del motor.

25 17. Una bujía de precámara (200) de cualquiera de las reivindicaciones 15-16, donde el o los orificios de inducción comprenden:

un agujero central (220) paralelo a una línea central de la bujía (200); y

unos agujeros periféricos (222) que están inclinados para crear un patrón de formación de remolinos en el gas de descarga.

30 18. Una bujía de precámara (200) de cualquiera de las reivindicaciones 15-17, donde el electrodo de tierra 208 tiene forma de disco y está montado cerca de un extremo (210) del electrodo central (206).

FIG. 1

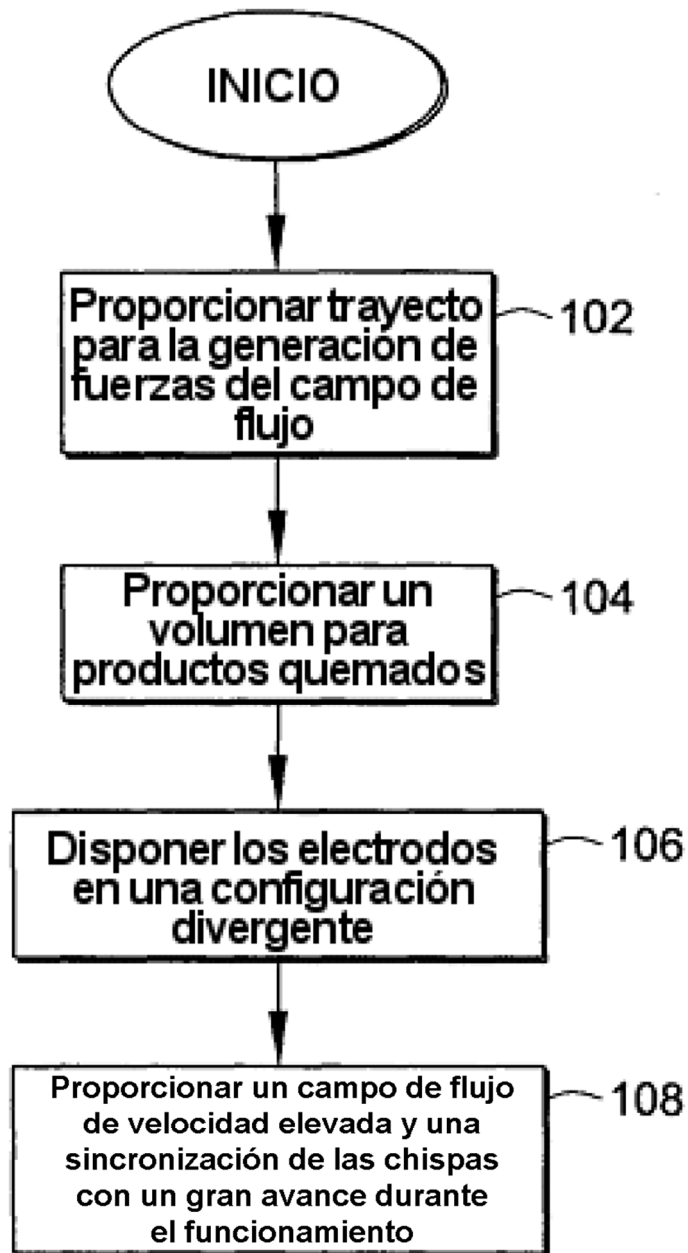
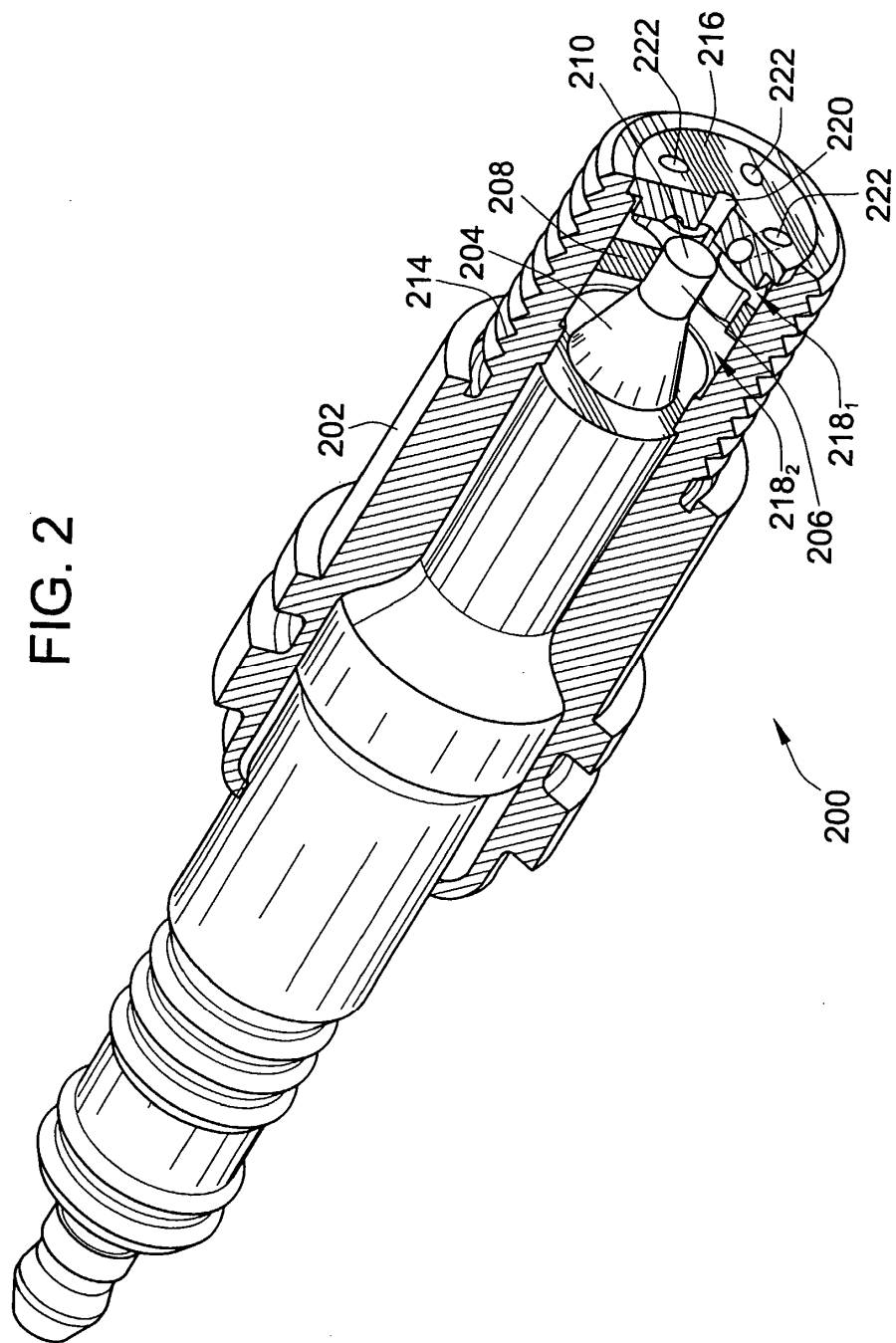


FIG. 2



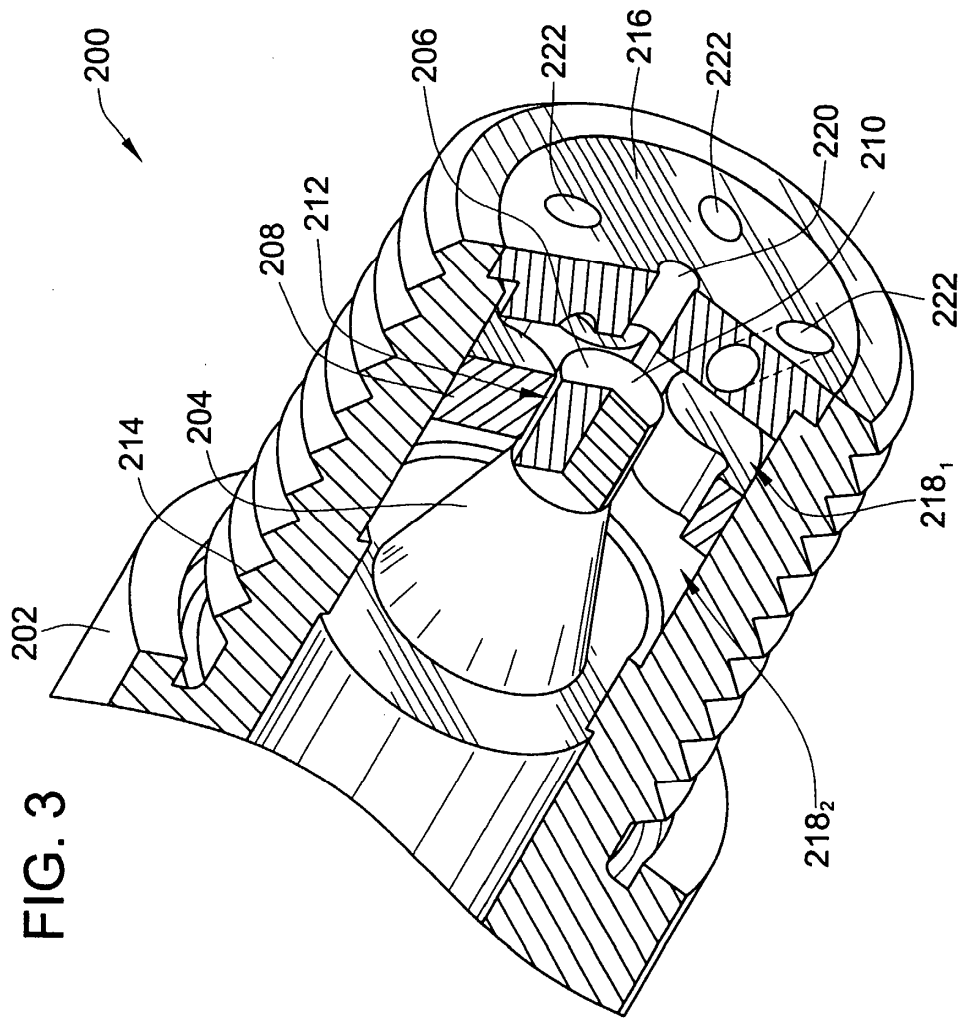


FIG. 3

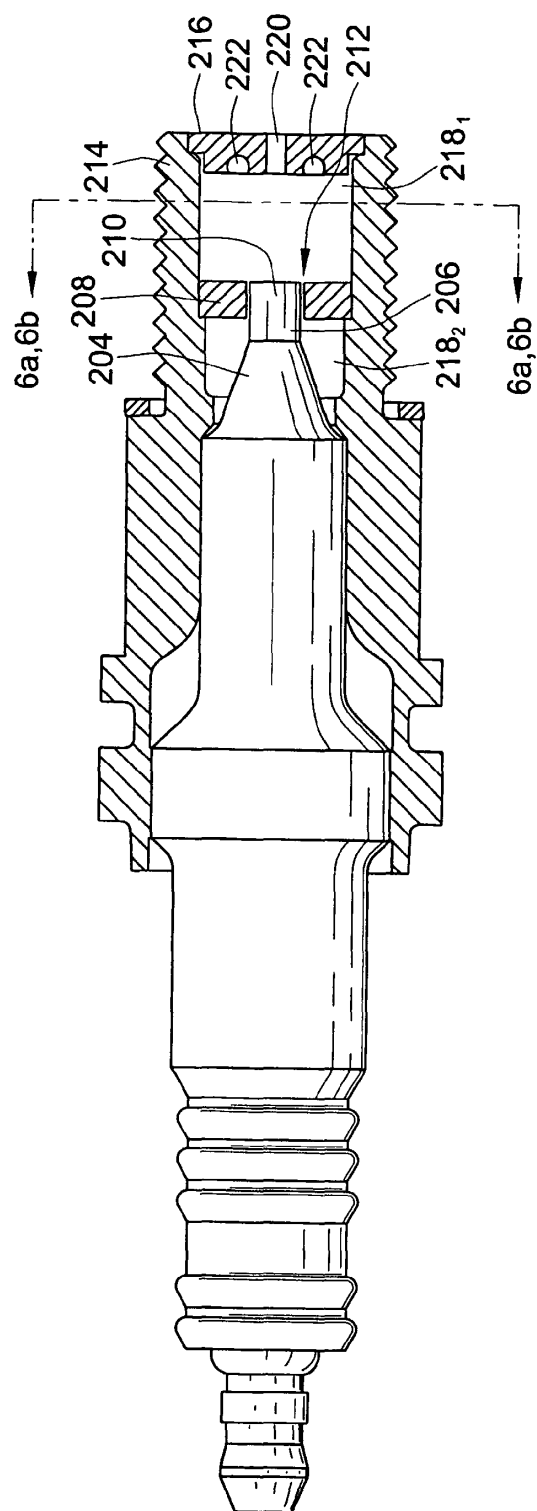


FIG. 4

FIG. 5b

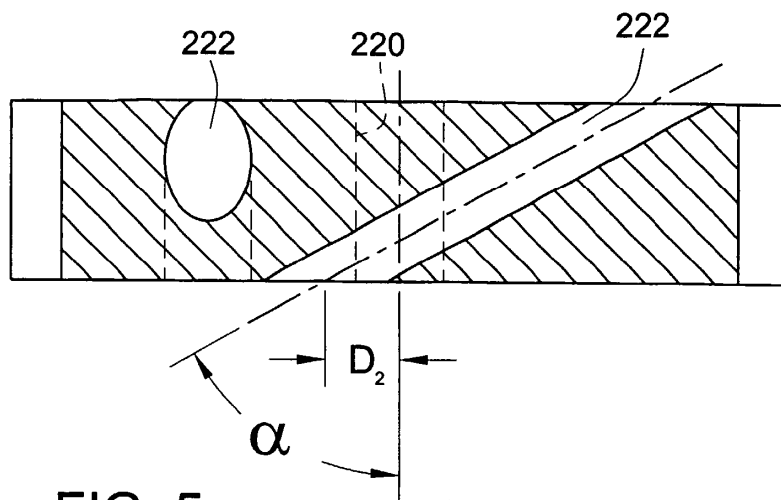


FIG. 5a

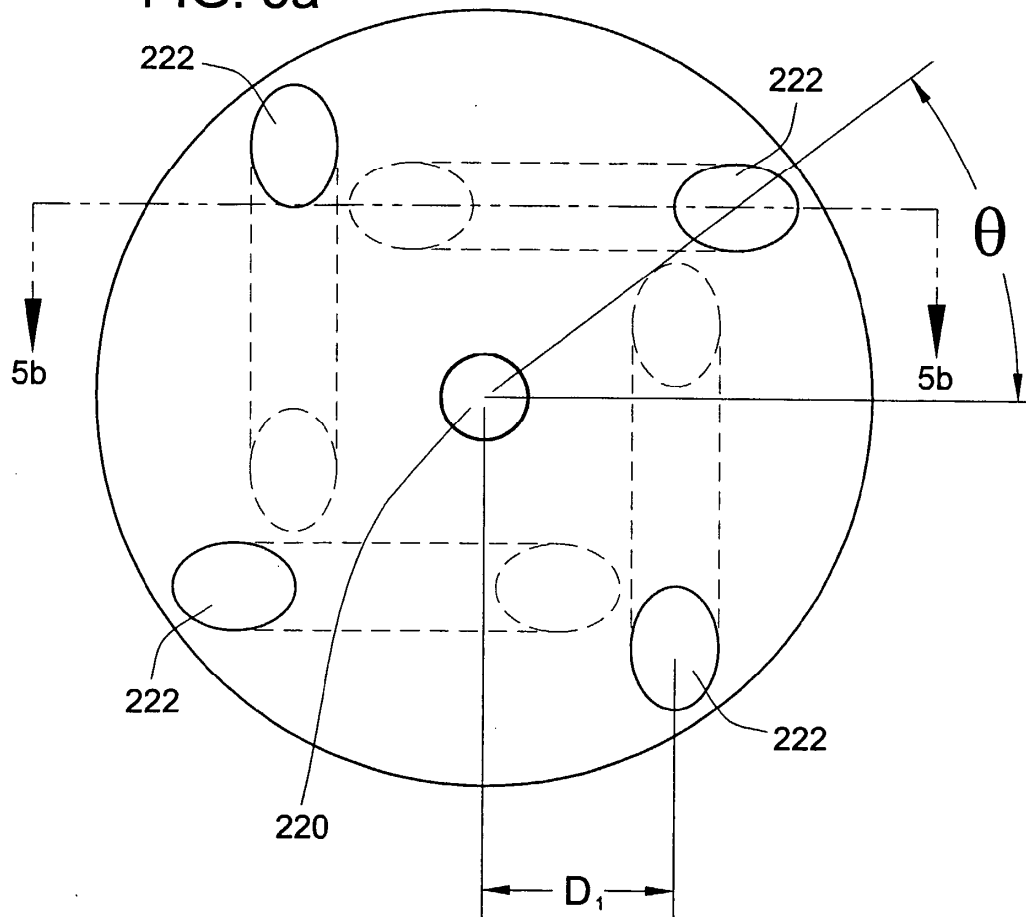


FIG. 6a

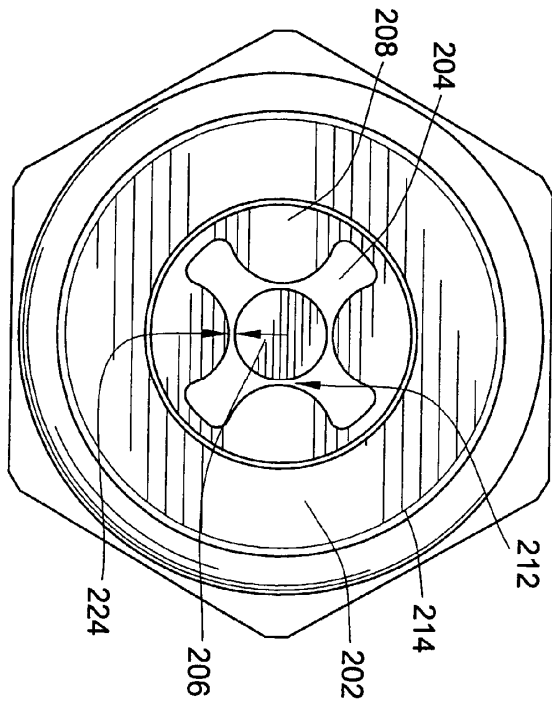


FIG. 6b

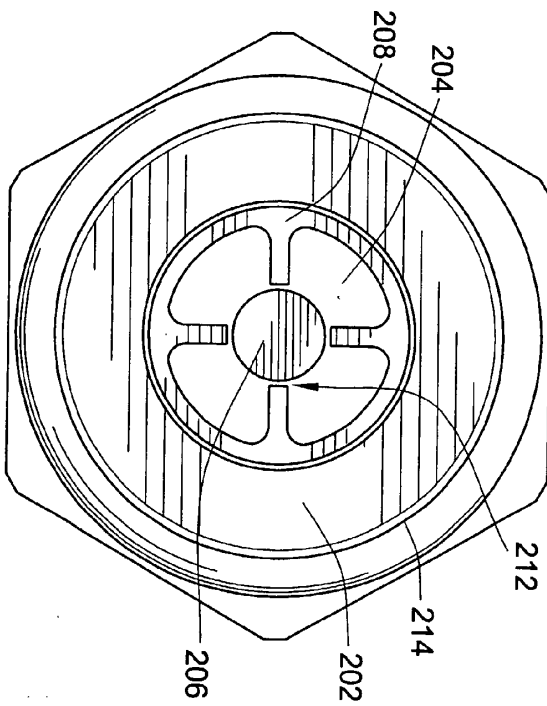


FIG. 7

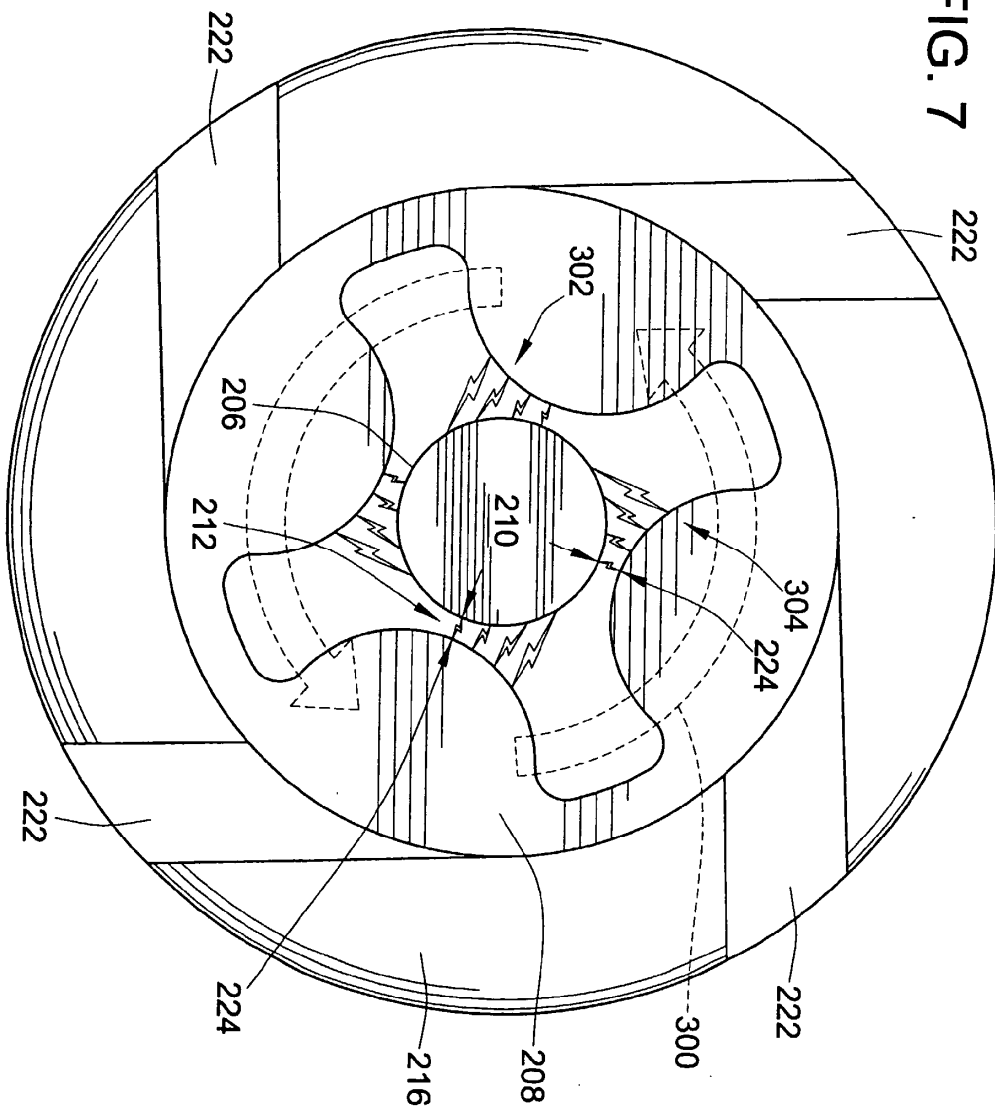


FIG. 8

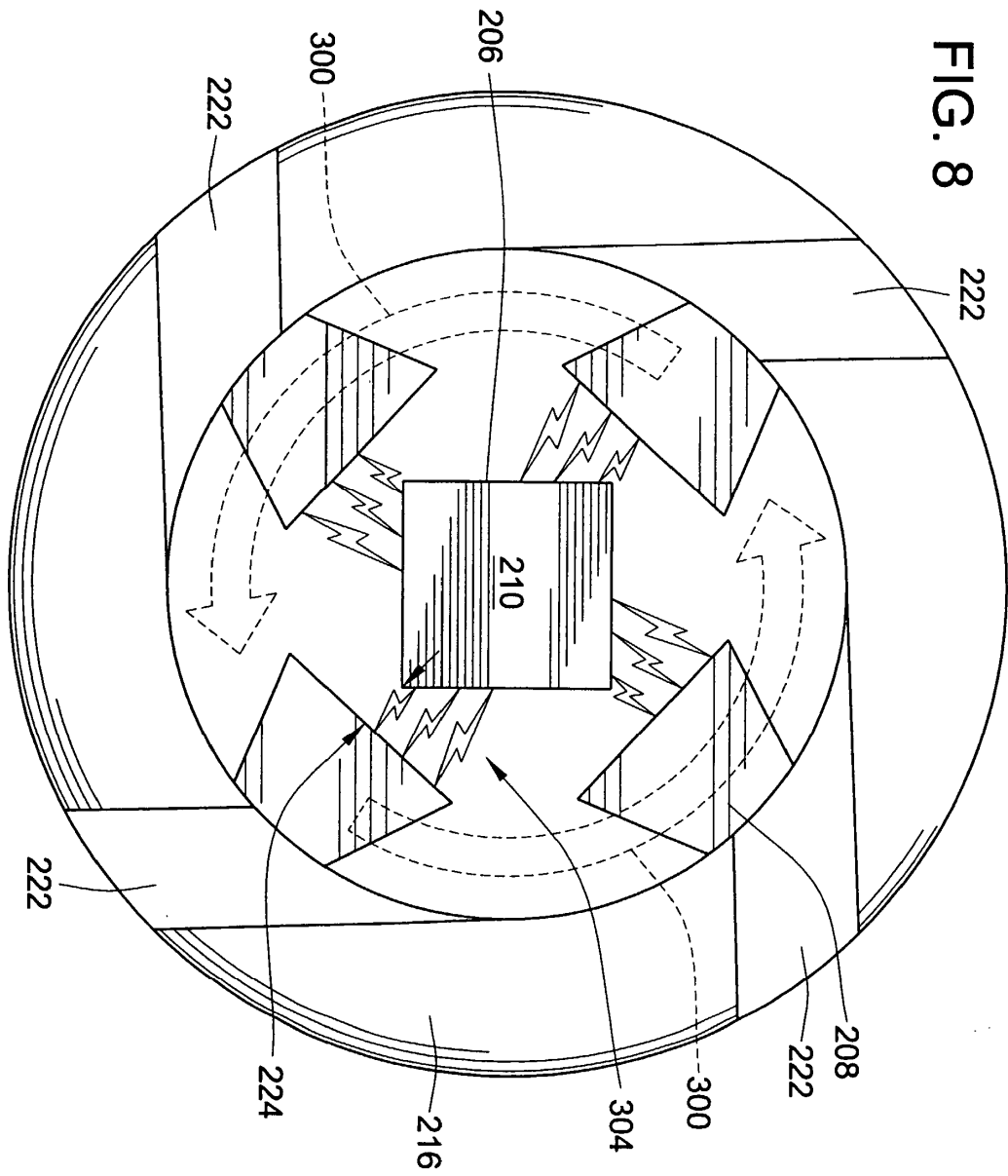


FIG. 9

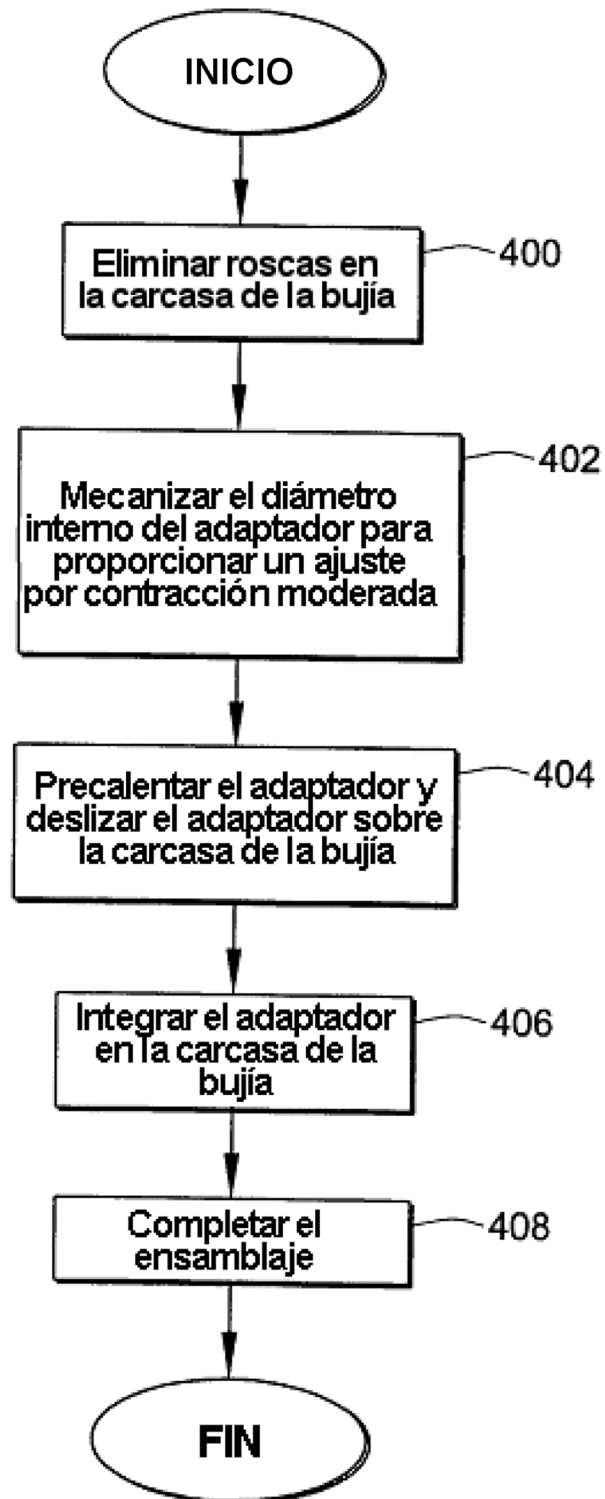


FIG. 10

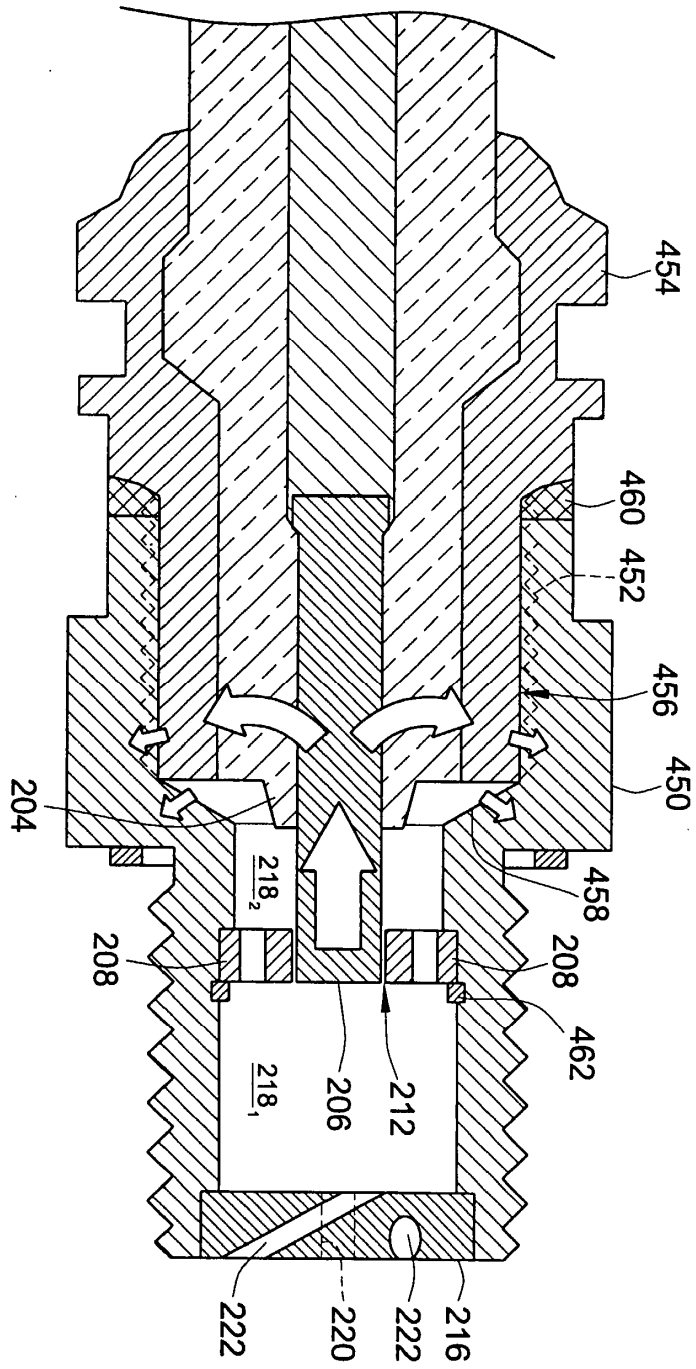


FIG. 11

