

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 771 358**

51 Int. Cl.:

F01N 3/02 (2006.01)

F02D 45/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2009 PCT/JP2009/060571**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.12.2010 WO10140263**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2009 E 09845546 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 2439383**

54 Título: **Dispositivo para estimar la cantidad de carbonilla descargada de un motor de combustión interna**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.07.2020

73 Titular/es:
**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (100.0%)
1, Toyota-cho
Toyota-shi, Aichi 471-8571, JP**

72 Inventor/es:
ONISHI, TOMOMI

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 771 358 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

Dispositivo para estimar la cantidad de carbonilla descargada de un motor de combustión interna

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de estimación de descarga de carbonilla para estimar la cantidad de descarga de carbonilla (partículas finas de carbono, a las que también se hace referencia en adelante como "carbonilla") generada en una cámara de combustión de un motor de combustión interna como resultado de la reacción del combustible.

Técnica anterior

10 La carbonilla es el componente principal del material en partículas (PM) generado en una cámara de combustión de un motor de combustión interna (especialmente un motor diésel). A efectos de controlar de forma precisa la cantidad de descarga de dicha carbonilla para reducir de este modo la misma, la cantidad de descarga de carbonilla debe estimarse de forma precisa.

15 Por ejemplo, un dispositivo de estimación de descarga de carbonilla para un motor de combustión interna descrito en la solicitud de patente japonesa abierta al público (kokai) número 2007-46477 utiliza un método para estimar de forma precisa la cantidad de descarga de carbonilla, incluso cuando el motor de combustión interna está en un estado de funcionamiento de transición, mediante el uso de un modelo de reacción complejo basado en el mecanismo de generación de carbonilla.

JP 2008 057486 A se refiere a la estimación fácil y precisa de la cantidad descargada real de material en partículas en un dispositivo de control de emisiones de escape de un motor de combustión interna.

20 La relación entre un factor de emisión de PM que es proporcional con respecto a la cantidad descargada de material en partículas y más grande cuando una relación de exceso de aire es más pequeña y la relación de exceso de aire se almacena. La cantidad descargada real de material en partículas se calcula multiplicando la cantidad descargada de PM cuando un motor funciona en un estado estándar por la relación del factor de emisión de PM que se obtiene según la relación de exceso de aire real con respecto al factor de emisión de PM que se obtiene según el factor de
25 exceso de aire cuando el motor funciona en el estado estándar.

JP 2007 023959 A se refiere a la mejora de la precisión de la estimación de la cantidad de acumulación de PM de DPF. Se calcula un valor de base de cantidad de emisión de PM a partir de la velocidad N_e de giro del motor y la cantidad Q_f de inyección de combustible. Se usan un factor $t\lambda$ de exceso de aire objetivo y una tasa de error $\Delta\lambda =$
30 (factor $r\lambda$ de exceso de aire real - factor $t\lambda$ de exceso de aire objetivo)/(factor $r\lambda$ de exceso de aire real) como un primer parámetro A y un segundo parámetro B, respectivamente, y se calcula un factor de corrección de cantidad de emisión de PM según los mismos. Se corrige el valor de base de cantidad de emisión de PM multiplicando el mismo por el factor de corrección y se estima la cantidad de emisión de PM después de que la corrección se integra en la cantidad de emisión de PM.

35 US 2008/022972 A describe un purificador de gas de escape de motor que incluye: un controlador de inyección que permite a una válvula de inyección de combustible inyectar combustible junto al punto muerto superior en cada carrera de compresión; un controlador de cantidad de EGR para controlar la cantidad de gas de escape recirculado a una cámara de combustión; un controlador de relación de exceso de aire para controlar la relación de exceso de aire para que la relación de equivalencia local en una etapa de combustión posterior sea más pequeña que la
40 relación de equivalencia según la que se produce la carbonilla; y un controlador de temperatura de aire de admisión para controlar la temperatura del aire de admisión después de su mezcla con el gas de escape. El controlador de temperatura de aire de admisión controla la temperatura del aire de admisión dentro de un intervalo de temperatura más bajo que un límite de temperatura superior debajo del cual es posible asegurar un tiempo de retardo de encendido predeterminado y más alto que un límite de temperatura inferior sobre el cual es posible evitar la
45 producción de HC y CO.

Descripción de la invención

50 En el aparato descrito en la publicación, debido a que se usa un modelo de reacción complejo para la estimación de la cantidad de descarga de carbonilla, la cantidad de cálculo de asociada con la estimación de la cantidad de descarga de carbonilla es bastante grande. Por lo tanto, existe la necesidad de un método para estimar de forma precisa la cantidad de descarga de carbonilla, incluso cuando el motor de combustión interna está en un estado de funcionamiento de transición, reduciendo al mismo tiempo la cantidad de cálculo.

55 La cantidad de descarga de carbonilla depende de una relación de equivalencia. Debido a que la relación de equivalencia es grande, la cantidad de descarga de carbonilla aumenta, de forma general. La relación de equivalencia significa un valor obtenido multiplicando una relación entre una cantidad de combustible y una cantidad de aire por una relación estequiométrica entre aire y combustible. La cantidad de descarga de carbonilla depende en mayor medida de la relación de equivalencia (a la que se hace referencia en adelante como "relación de

equivalencia de pulverización”) en una pulverización de combustible (mezcla aire-combustible) en un instante de encendido inicial que de una relación de equivalencia promedio (a la que se hace referencia en adelante como “relación de equivalencia promedio en todos los cilindros” en todo el motor de combustión. La relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial es bastante grande en comparación con la relación de equivalencia promedio en todos los cilindros. Por lo tanto, al estimar la cantidad de descarga de carbonilla, resulta imaginable que la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial se considere preferiblemente.

La presente invención se ha concebido para resolver el problema anteriormente descrito, y su objetivo consiste en dar a conocer un dispositivo de estimación de descarga de carbonilla para un motor de combustión interna que permite estimar de forma precisa la cantidad de descarga de carbonilla con una cantidad de cálculo pequeña, incluso cuando el motor de combustión interna está en un estado de funcionamiento de transición, y teniendo en cuenta la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial.

En la reivindicación 1 adjunta se define un dispositivo de estimación de descarga de carbonilla según la presente invención.

Los medios de adquisición de cantidad de descarga estable adquieren una cantidad de descarga estable de carbonilla. La “cantidad de descarga estable” es una cantidad de descarga de carbonilla en el caso en donde el motor de combustión interna funciona en un estado de funcionamiento estable a la velocidad de funcionamiento actual y con la cantidad de inyección de combustible actual. Los medios de adquisición de cantidad de descarga estable adquieren la cantidad de descarga estable de carbonilla basándose en una relación almacenada previamente (tabla, mapa) entre la cantidad de descarga de carbonilla descargada desde el motor de combustión interna y al menos la velocidad de funcionamiento y la cantidad de inyección de combustible del motor de combustión interna en el caso en donde el motor de combustión interna está en un estado de funcionamiento estable, y valores actuales respectivos de la velocidad de funcionamiento y la cantidad de inyección de combustible. Esta “relación” puede adquirirse de forma previa mediante un experimento o similar.

Los medios de adquisición de valor estable adquieren un valor estable de una relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial. El “valor estable de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” significa una relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial en el caso en donde el motor de combustión interna funciona en un estado de funcionamiento estable con los valores de parámetro actuales (p. ej., la velocidad de funcionamiento actual y la cantidad de inyección de combustible actual). El “valor estable de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” se adquiere basándose en una relación almacenada previamente (tabla, mapa) entre el valor de un parámetro predeterminado que representa un estado de funcionamiento del motor de combustión interna y la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial”, y un valor actual del parámetro predeterminado. El “parámetro predeterminado” es, por ejemplo, la velocidad de funcionamiento, la cantidad de inyección de combustible, etc. del motor de combustión interna. Esta “relación” también puede adquirirse de forma previa mediante un experimento o similar.

La relación de equivalencia de pulverización es un valor que se basa en la “relación entre la cantidad de combustible y la cantidad de aire” en la pulverización de combustible. Por ejemplo, el mismo es un valor adquirido multiplicando la “relación entre la cantidad de combustible y la cantidad de aire” por la relación estequiométrica entre aire y combustible. La relación de equivalencia de pulverización puede ser un valor local en la pulverización de combustible o puede ser un valor promedio en la pulverización de combustible. La “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” se adquiere basándose en un periodo de retardo de encendido (el periodo desde el inicio de la inyección de combustible hasta el instante de encendido inicial del combustible inyectado). Esto se basa en el concepto de que el instante de encendido inicial y el grado de difusión de la pulverización de combustible se determinan basándose en el periodo de retardo de encendido. De forma específica, cuando el periodo de retardo de encendido es más corto la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” aumenta.

Los medios de adquisición de valor de transición adquieren un valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial, que es un valor actual de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial. Este “valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” se adquiere basándose en al menos el valor actual del periodo de retardo de encendido. El valor actual del periodo de retardo de encendido es, por ejemplo, un valor detectado o estimado mediante medios para detectar o estimar el periodo de retardo de encendido actual.

Los medios de cálculo de valor de corrección de transición calculan un valor de corrección de transición relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla a partir de un valor característico estable y un valor característico de transición. El valor característico estable se obtiene basándose en una característica almacenada previamente relacionada con la cantidad de descarga de carbonilla con respecto a la relación de equivalencia de pulverización, y un valor estable de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial. El valor característico de transición se obtiene basándose en la característica y un valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial.

El “valor de corrección de transición” es, por ejemplo, la diferencia, la relación, etc., entre el valor característico estable y el valor característico de transición. En un estado de funcionamiento de transición, el valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial puede desviarse de su valor estable. El valor de corrección de transición funciona como un valor que representa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla con respecto a la cantidad de descarga estable atribuible a la “desviación del valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial con respecto a su valor estable”, que puede aparecer en el estado de funcionamiento de transición.

Los medios de estimación de cantidad de descarga de carbonilla estiman la cantidad de descarga de carbonilla basándose en la cantidad de descarga estable y el valor de corrección de transición. La cantidad de descarga de carbonilla puede obtenerse, por ejemplo, multiplicando la cantidad de descarga estable por el valor de corrección de transición, o sumando el valor de corrección de transición a la cantidad de descarga estable. En el estado de funcionamiento estable, el valor de corrección de transición se calcula para pasar a ser “1” (en el caso en donde la cantidad de descarga estable se multiplica por el valor de corrección de transición), o se calcula para pasar a ser “0” (en el caso en donde el valor de corrección de transición se suma a la cantidad de descarga estable). Por lo tanto, la cantidad de descarga de carbonilla coincide con la cantidad de descarga estable.

Según la configuración descrita anteriormente, la cantidad de descarga de carbonilla puede estimarse de forma precisa incluso en un estado de funcionamiento de transición mediante un procesamiento que requiere una pequeña cantidad de cálculo; es decir, una búsqueda de tabla para adquirir la cantidad de descarga estable y el cálculo del valor de corrección de transición. De forma adicional, la cantidad de descarga de carbonilla se estima teniendo en cuenta la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial”, lo que afecta en gran medida a la cantidad de descarga de carbonilla, de modo que la cantidad de descarga de carbonilla puede estimarse de forma muy precisa.

La velocidad de generación (velocidad de descarga) de carbonilla se representa mediante la diferencia entre la velocidad de generación de carbonilla (la velocidad a la que la carbonilla es generada como resultado de la reacción del combustible) y la velocidad de oxidación de la carbonilla (la velocidad a la que la carbonilla generada como resultado de la reacción del combustible se oxida). En consecuencia, la cantidad de descarga de carbonilla puede estimarse teniendo en cuenta (uno o una pluralidad de) factores que afectan a la velocidad de generación de carbonilla y/o (uno o una pluralidad de) factores que afectan a la velocidad de oxidación de la carbonilla. La “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” mencionada anteriormente es uno de los factores que afectan a la velocidad de generación de carbonilla. Cuando la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” es más grande, la velocidad de generación de carbonilla (en consecuencia, la velocidad de descarga) aumenta, dando como resultado un aumento de la cantidad de descarga de carbonilla. En otras palabras, cuando el periodo de retardo de encendido es más corto, la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” aumenta, lo que aumenta la cantidad de descarga de carbonilla.

El valor de transición de la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” se ve afectado no solamente por el valor actual del periodo de retardo de encendido, sino también por un valor actual de una concentración de oxígeno de gas en la cámara de combustión (concentración de oxígeno dentro del cilindro). De forma específica, cuando la concentración de oxígeno es más baja, la cantidad de descarga de carbonilla aumenta. Por lo tanto, es preferible que el valor de transición de la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” se obtenga basándose no solamente en el valor actual del periodo de retardo de encendido, sino también en el valor actual de la concentración de oxígeno dentro del cilindro. Esto puede indicar que, cuando la concentración de oxígeno dentro del cilindro es más pequeña, la cantidad de descarga de carbonilla aumenta, en el caso en donde el periodo de retardo de encendido es constante.

En este caso, es posible adquirir una cantidad de gas de formación de pulverización en el instante de encendido inicial basándose en el valor actual del periodo de retardo de encendido. El gas de formación de pulverización significa un gas que forma la pulverización de combustible en la mezcla del combustible inyectado en la cámara de combustión, y consiste en algunos gases en la cámara de combustión. El valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial puede adquirirse basándose en la cantidad calculada del gas de formación de pulverización en el instante de encendido inicial, el valor actual de la concentración de oxígeno del gas en la cámara de combustión y la cantidad de combustible inyectado.

A continuación, se explica adicionalmente el caso en donde la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” mencionada anteriormente se usa como el factor que afecta a la velocidad de generación de carbonilla. En este caso, preferiblemente, solamente cuando se satisface una condición predeterminada, el valor de corrección de transición se calcula teniendo en cuenta la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial”; y, cuando la condición predeterminada no se satisface, el valor de corrección de transición se calcula sin tener en cuenta la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial”. Con esta configuración, el valor de corrección de transición se calcula sin tener en cuenta la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” bajo la condición de que el grado de influencia de la magnitud de la “relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial” en el grado de generación de carbonilla sea pequeño (es decir, cuando la condición predeterminada no se satisface). Por lo tanto, cuando el valor de corrección de transición se calcula bajo una condición de este tipo, sin disminuir la

precisión del cálculo, es posible evitar un aumento en la cantidad de cálculo, que, de otro modo, sucedería como resultado de tener en cuenta la "relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial".

5 De forma específica, la condición predeterminada se satisface cuando el "valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial" es más grande que un valor predeterminado. Esto se debe a que, cuando el "valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial" es pequeño, es menos probable que se produzca carbonilla, y el grado de influencia de la magnitud de la "relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial" en el grado de generación de carbonilla es pequeño.

10 Además, la condición predeterminada se satisface cuando la temperatura de llama dentro de la cámara de combustión en una carrera de expansión está dentro de un intervalo predeterminado. Esto se debe a que, cuando la temperatura de llama está fuera del intervalo predeterminado, es menos probable la generación de carbonilla, y el grado de influencia de la magnitud de la "relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial" en el grado de generación de carbonilla es pequeño. De forma específica, la temperatura de llama se refiere al valor máximo de la temperatura de llama (temperatura de llama máxima) o similares.

15 Además, en el caso en donde, tal como se ha descrito anteriormente, el valor de corrección de transición se calcula teniendo en cuenta la "relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial" solamente cuando la condición predeterminada se satisface, el valor de corrección de transición puede calcularse teniendo en cuenta la "relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial" solamente cuando el valor de transición de la "relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial" es más grande que su valor estable, es decir, cuando el valor de transición se ha desviado de su valor estable en una dirección tal que la cantidad de descarga de carbonilla aumenta. En este caso, el valor de corrección de transición se calcula sin tener en cuenta la "relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial" cuando el valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial no es superior a su valor estable, es decir, "cuando el valor de transición se ha desviado de su valor estable en una dirección tal que la cantidad de descarga de carbonilla disminuye", lo que apenas constituye un problema asociado a la cantidad de descarga de carbonilla. En tal caso, con esta operación, cuando se calcula el valor de corrección de transición, es posible evitar un aumento en la cantidad de cálculo, lo que, de otro modo, sucedería como resultado de tener en cuenta la "relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial".

Breve descripción de los dibujos

30 La FIG. 1 es un diagrama esquemático que muestra la configuración general de un sistema en donde un dispositivo de estimación de descarga de carbonilla para un motor de combustión interna según una realización de la presente invención se aplica en un motor de combustión interna de cuatro cilindros (motor diésel).

La FIG. 2 es un diagrama esquemático que muestra un estado en donde la generación de carbonilla se produce principalmente en una región de pulverización de combustible en donde la relación de exceso de aire es inferior a 1.

35 La FIG. 3 es un diagrama esquemático que muestra un estado en donde la oxidación de carbonilla se produce principalmente en una región de pulverización de combustible en donde la relación de exceso de aire es superior a 1.

La FIG. 4 es un gráfico que muestra una tabla para obtener una cantidad de descarga estable.

40 La FIG. 5 es un diagrama esquemático que muestra una distribución de temperatura en una pulverización de combustible.

La FIG. 6 es un gráfico que muestra un cambio en un "valor característico A1 relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla" con una temperatura T_f representativa de pulverización.

La FIG. 7 es un gráfico que muestra un cambio en un "valor característico A2 relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla" con una presión P_c dentro del cilindro.

45 La FIG. 8 es un diagrama para describir una relación entre una temperatura de llama, una relación de equivalencia y una región de generación de carbonilla, y una diferencia entre una relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial y una relación de equivalencia promedio en todos los cilindros.

La FIG. 9 es un diagrama para describir una relación entre un periodo de retardo de encendido, la relación de equivalencia promedio de pulverización y la cantidad de descarga de carbonilla.

50 La FIG. 10 es un gráfico que muestra un cambio en un "valor característico A3 relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla" con una relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización.

La FIG. 11 es un diagrama usado para explicar el cálculo de una temperatura T_{o1} representativa de región de oxidación.

La FIG. 12 es un gráfico que muestra un cambio en un “valor característico B1 relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla” con la temperatura To1 representativa de región de oxidación.

La FIG. 13 es un gráfico que muestra un cambio en un “valor característico B2 relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla” con una concentración Roxc de oxígeno dentro del cilindro.

5 La FIG. 14 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de procesamiento para el caso en donde la cantidad de descarga de carbonilla se estima teniendo en cuenta una corrección basada en la relación de equivalencia promedio de pulverización solamente bajo una condición predeterminada.

10 La FIG. 15 es un diagrama de flujo que muestra otro ejemplo de procesamiento para el caso en donde la cantidad de descarga de carbonilla se estima teniendo en cuenta una corrección basada en la relación de equivalencia promedio de pulverización solamente bajo una condición predeterminada.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

A continuación, se describirá una realización de un dispositivo de estimación de descarga de carbonilla para un motor de combustión interna (motor diésel) según la presente invención, haciendo referencia a los dibujos.

15 La FIG. 1 muestra esquemáticamente toda la configuración de un sistema en donde un dispositivo de estimación de descarga de carbonilla según la realización de la presente invención se aplica en un motor de combustión interna de cuatro cilindros (motor diésel) 10. Este sistema comprende un cuerpo 20 principal de motor que incluye un sistema de suministro de combustible; un sistema 30 de admisión para introducir gas en las cámaras de combustión (interiores de los cilindros) de los cilindros individuales del cuerpo 20 principal de motor; un sistema 40 de escape para descargar gas de escape procedente del cuerpo 20 principal de motor; un aparato 50 de EGR para realizar una
20 circulación de gases de escape; y un aparato 60 de control electrónico.

Unas válvulas de inyección de combustible INJ que utilizan cada una una aguja están dispuestas sobre los cilindros individuales del cuerpo 20 principal de motor.

25 El sistema 30 de admisión incluye un colector 31 de admisión, que está conectado a las cámaras de combustión respectivas de los cilindros individuales del cuerpo 20 principal de motor; un conducto 32 de admisión, que está conectado a una parte de ramificación dispuesta corriente arriba del colector 31 de admisión y constituye un paso de admisión en cooperación con el colector 31 de admisión; una válvula 33 de mariposa, que está montada de forma giratoria en el interior del conducto 32 de admisión; un intercambiador 34 de calor, que esta dispuesto en el conducto 32 de admisión para su disposición en el lado dispuesto corriente arriba de la válvula 33 de mariposa; un compresor 35a de un turbocompresor 35, dispuesto en el conducto 32 de admisión para su disposición en el lado dispuesto
30 corriente arriba del intercambiador 34 de calor; y un limpiador 36 de aire, que está dispuesto en una parte de extremo distal del conducto 32 de admisión.

35 El sistema 40 de escape incluye un colector 41 de escape, que está conectado a los cilindros individuales del cuerpo 20 principal de motor; un conducto 42 de escape, que está conectado a una parte de confluencia dispuesta en el lado dispuesto corriente abajo del colector 41 de escape; una turbina 35b del turbocompresor 35 dispuesta en el conducto 42 de escape; y un filtro 43 de partículas diésel (DPNR), que está dispuesto en el conducto 42 de escape. El colector 41 de escape y el conducto 42 de escape constituyen un paso de escape.

40 El aparato 50 de EGR incluye un conducto 51 de circulación de escape, que forma un paso (paso de EGR) para la circulación del gas de escape; una válvula 52 de control de EGR, que está dispuesta en el conducto 51 de circulación de escape; y un refrigerador 53 de EGR. El conducto 51 de circulación de escape establece una comunicación entre un paso de escape (el colector 41 de escape) situado en el lado dispuesto corriente arriba de la turbina 35b, y un paso de admisión (el colector 31 de admisión) situado en el lado dispuesto corriente abajo de la válvula 33 de mariposa. La válvula 52 de control de EGR responde a una señal de control procedente del aparato 60 de control a efectos de cambiar la cantidad de gas de escape a circular (cantidad de circulación de gas de escape, caudal de gas de EGR).

45 El aparato 60 de control electrónico es un microcomputador que incluye una CPU, ROM, RAM, RAM de reserva, una interfaz, etc., conectadas entre sí mediante un bus. La ROM almacena un programa a ejecutar mediante la CPU, tablas (mapas), constantes, etc. La interfaz contiene transformadores A/D.

50 La interfaz está conectada a un caudalímetro 71 de aire de tipo de hilo caliente, un detector 72 de temperatura de gas de admisión, un detector 73 de presión de conducto de admisión, un detector 74 de concentración de oxígeno de gas de admisión, un detector 75 de presión dentro del cilindro, un detector 76 de velocidad de motor, un detector 77 de temperatura de gas de escape, un detector 78 de relación entre aire y combustible, un detector 79 de apertura de acelerador y un detector 81 de presión de gas de escape. La interfaz recibe señales respectivas de estos detectores y suministra las señales recibidas a la CPU.

55 Además, la interfaz está conectada a las válvulas INJ de inyección de combustible, un dispositivo de accionamiento de válvula de mariposa, no ilustrado, y la válvula 52 de control de EGR; y produce unas señales de control

correspondientes para esos componentes según instrucciones de la CPU.

El caudalímetro 71 de aire de tipo de hilo caliente mide el caudal de masa de aire de admisión que pasa a través del paso de admisión (cantidad de aire de admisión por unidad de tiempo, cantidad de aire nuevo por unidad de tiempo). El detector 72 de temperatura de gas de admisión detecta la temperatura del gas que pasa al interior de las cámaras de combustión (cilindros) del motor 10 (temperatura de gas de admisión). El detector 73 de presión de conducto de admisión detecta la presión del gas que pasa al interior de las cámaras de combustión del motor 10 (presión de gas de admisión). El detector 74 de concentración de oxígeno de gas de admisión detecta la concentración de oxígeno del gas que pasa al interior de las cámaras de combustión del motor 10 (concentración de oxígeno de gas de admisión).

- 5
- 10 El detector 75 de presión dentro del cilindro detecta la presión del gas en el interior de cada cámara de combustión (presión dentro del cilindro). El detector 76 de velocidad de motor detecta el ángulo real del cigüeñal y la velocidad del motor; es decir, la velocidad de giro del motor 10. El detector 77 de temperatura de gas de escape detecta la temperatura del gas descargado desde las cámaras de combustión (temperatura de gas de escape). El detector 78 de relación entre aire y combustible detecta la relación entre aire y combustible del gas de escape corriente abajo con respecto al DPNR 43. El detector 79 de apertura de acelerador detecta la cantidad de accionamiento del pedal AP del acelerador (apertura de acelerador). El detector 81 de presión de gas de escape detecta la presión del gas descargado desde las cámaras de combustión (presión de gas de escape).

(Método de estimación de cantidad de descarga de carbonilla)

- 20 A continuación, se describirá un método de estimación de cantidad de descarga de carbonilla según una realización del dispositivo de estimación de descarga de carbonilla configurado tal como se ha descrito anteriormente.

Dentro de cada cámara de combustión, se genera carbonilla como resultado de la reacción del combustible. Tal como se muestra en la FIG. 2, la generación de carbonilla tiene lugar principalmente en una región de la pulverización de combustible en donde la relación λ de exceso de aire es inferior a 1 (especialmente en una región de alta temperatura en donde $\lambda < 0,5$ y la temperatura es igual o superior a aproximadamente 1500 K). Al mismo tiempo, una parte de la carbonilla generada se oxida. Tal como se muestra en la FIG. 3, la oxidación de la carbonilla generada tiene lugar principalmente en una región de la pulverización de combustible en donde la relación λ de exceso de aire es superior a 1 (especialmente en una región de alta temperatura en donde la temperatura es igual o superior a aproximadamente 1500 K). Una parte de la carbonilla generada que no se oxida es descargada desde la cámara de combustión como carbonilla. En la realización, se estima la cantidad de carbonilla descargada desde la cámara de combustión de esta manera (cantidad de descarga de carbonilla).

En la realización, la “masa de carbonilla descargada desde las cámaras de combustión por unidad de tiempo” se calcula como la cantidad de descarga de carbonilla. Es decir, la unidad de la cantidad de descarga de carbonilla calculada en la realización es, por ejemplo, g/h o g/s.

En la realización, la cantidad de descarga de carbonilla se estima según la Ec. (1) mostrada más adelante. En la Ec. (1), la “cantidad de descarga estable” representa una cantidad de descarga de carbonilla en el caso en donde el motor 10 de combustión interna funciona en un estado de funcionamiento estable a la velocidad de funcionamiento actual y con la cantidad de inyección de combustible actual. El “valor de corrección de transición” es un valor (coeficiente) que representa el grado de desviación de una cantidad de descarga de carbonilla en un estado de funcionamiento de transición con respecto a la “cantidad de descarga estable”. En consecuencia, tal como se indica en la Ec. (1), la cantidad de descarga de carbonilla en el estado de funcionamiento de transición puede calcularse multiplicando la “cantidad de descarga estable” por el “valor de corrección de transición”. La estimación de la cantidad de descarga de carbonilla mediante la Ec. (1) se ejecuta, por ejemplo, cada vez que un instante en donde se determina la cantidad de inyección de combustible está en una carrera de compresión de un cilindro en cuyo interior se inyecta el combustible.

45 Cantidad de descarga de carbonilla

$$= (\text{cantidad de descarga estable}) \cdot (\text{valor de corrección de transición}) \quad (1)$$

La cantidad de descarga estable se adquiere mediante una búsqueda de tabla a partir de la tabla mostrada en la FIG. 4, el valor actual (valor instantáneo) de la velocidad NE del motor, y el valor actual (valor en este momento) de la cantidad q de inyección de combustible. La tabla está adaptada para obtener la cantidad de descarga estable usando al mismo tiempo la velocidad NE del motor y la cantidad q de inyección de combustible como argumentos. Esta tabla puede crearse repitiendo un experimento de medición de la cantidad de descarga de carbonilla en un estado de funcionamiento estable en donde la velocidad del motor y la cantidad de inyección de combustible se mantienen constantes, para cada una de las combinaciones de diferentes valores de la velocidad del motor y la cantidad de inyección de combustible. Tal como se muestra en la FIG. 4, en general, la cantidad de descarga estable se determina de manera que, cuanto mayor es la velocidad NE del motor y mayor es la cantidad q de inyección de combustible, mayor es la cantidad de descarga estable.

En primer lugar, a continuación, se describirá de forma general un método de cálculo del valor de corrección de transición. El valor de corrección de transición se calcula a partir de la siguiente Ec. (2). Tal como se muestra en la Ec. (2), en la presente realización, el valor de corrección de transición se calcula a partir del producto de un término de corrección (coeficiente de corrección) relacionado con la generación de carbonilla y un término de corrección (coeficiente de corrección) relacionado con la oxidación de la carbonilla.

Valor de corrección de transición

$$= \left[\frac{A1t}{A1s} \cdot \frac{A2t}{A2s} \cdot \frac{A3t}{A3s} \right] \left[\frac{B1s}{B1t} \cdot \frac{B2t}{B2s} \right] \dots(2)$$

Para el cálculo del valor de corrección de transición, se introducen una pluralidad de factores (relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización, temperatura Tf representativa de pulverización, presión Pc dentro del cilindro, etc., descritos más adelante) que afectan a la cantidad de descarga de carbonilla. En la siguiente descripción, a efectos de facilitar la explicación, se hace referencia a los factores de forma colectiva como "factor X". Además, para cada factor, se introduce una ecuación característica que representa un cambio en la cantidad de descarga de carbonilla con el valor del factor X (p. ej., en el caso de Tf, ver el gráfico mostrado en la FIG. 6, que se describirá más adelante).

Para cada factor, se adquieren un valor estable Xs del factor X y un valor Xt de transición del factor X. El valor estable Xs es un valor del factor X cuando el motor 10 de combustión interna funciona en un estado de funcionamiento estable a la velocidad de funcionamiento actual y con la cantidad de inyección de combustible actual. Para cada factor, el valor estable Xs se obtiene, mediante una búsqueda de tabla, a partir de una tabla para obtener el valor del factor X, el valor actual (valor instantáneo) de la velocidad NE del motor y el valor actual (valor en este momento) de la cantidad q de inyección de combustible. La tabla está adaptada para obtener el valor del factor X usando al mismo tiempo la velocidad NE del motor y la cantidad q de inyección de combustible como argumentos, tal como en el caso de la "cantidad de descarga estable" descrito anteriormente. La tabla para obtener el valor del factor X puede crearse repitiendo un experimento de medición del valor del factor X en un estado de funcionamiento estable en donde la velocidad del motor y la cantidad de inyección de combustible se mantienen constantes, para cada una de las combinaciones de diferentes valores de la velocidad del motor y la cantidad de inyección de combustible. En la siguiente descripción, a una tabla creada previamente para cada factor a efectos de obtener el valor estable Xs se hará referencia como MapXs (NE, q).

El valor Xt de transición es el valor actual (valor instantáneo) del factor X. Tal como se describirá más adelante, para cada factor, el valor Xt de transición se obtiene a partir del resultado de la detección mediante un detector correspondiente, el resultado de la estimación realizada mediante el uso de un modelo de estimación conocido, etc. En el estado de funcionamiento estable, el valor Xt de transición coincide con el valor estable Xs. En el estado de funcionamiento de transición, el valor Xt de transición puede desviarse del valor estable Xs. Es decir, incluso para la misma combinación del valor actual (valor instantáneo) de la velocidad NE del motor y el valor actual (valor en este momento) de la cantidad q de inyección de combustible, el valor Xt de transición puede desviarse del valor estable Xs. Debido a esta desviación, la cantidad de descarga de carbonilla se desvía de un valor adecuado de estado estable.

Para cada factor, un valor característico estable relacionado con el factor X (por ejemplo, en el caso de Tf, A1s en Ec. (2)) se obtiene a partir del valor estable Xs y la "ecuación característica" descrita anteriormente para el factor X; y un valor característico de transición relacionado con el factor X (por ejemplo, en el caso de Tf, A1t en Ec. (2)) se obtiene a partir del valor Xt de transición y la "ecuación característica" descrita anteriormente para el factor X. El valor característico estable y el valor característico de transición están representados cada uno por una variable (A1, etc.) que representa el valor característico correspondiente y que tiene un sufijo "s" o "t".

Para cada factor, se calcula una relación entre el valor característico estable y el valor característico de transición (por ejemplo, en el caso de Tf, "A1t/A1s" en Ec. (2)). La "relación entre el valor característico estable y el valor característico de transición" para el factor X funciona como un valor que representa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla con respecto a la cantidad de descarga estable atribuible a la "desviación del valor Xt de transición con respecto al valor estable Xs" que puede aparecer en el estado de funcionamiento de transición.

Tal como se muestra en la Ec. (2), el valor de corrección de transición se calcula multiplicando entre sí los valores de la "relación entre el valor característico estable y el valor característico de transición" que se obtienen para los factores respectivos. En consecuencia, el valor de corrección de transición se calcula como un "valor (coeficiente) que representa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla con respecto a la cantidad de descarga estable" teniendo en cuenta toda la influencia de la "desviación del valor Xt de transición con respecto al valor estable Xs" para cada factor en el estado de funcionamiento de transición. A continuación, para cada uno de los términos de corrección mostrados en la Ec. (2), la "relación entre el valor característico estable y el valor característico de transición" para cada factor se describirá de forma detallada individualmente.

<Término de corrección de generación>

En un término de corrección relacionado con la generación de carbonilla (término de corrección de generación), los factores que afectan a la velocidad a la que la carbonilla es generada como resultado de la reacción del combustible (velocidad de generación de carbonilla) se usan como el factor descrito anteriormente. De forma específica, la temperatura Tf representativa de pulverización, la presión Pc dentro del cilindro y la relación φ de equivalencia promedio de pulverización se introducen como el “factor que afecta a la velocidad de generación de carbonilla”. Los valores característicos A1, A2 y A3 en la Ec. (2) se corresponden con la temperatura Tf representativa de pulverización, la presión Pc dentro del cilindro y la relación φ de equivalencia promedio de pulverización, respectivamente. Los factores se describirán factor a factor.

<<A1/A1s basándose en temperatura Tf representativa de pulverización>>

La temperatura Tf representativa de pulverización es una temperatura que representa diferentes temperaturas en diferentes posiciones en la pulverización de combustible (de forma específica, en una región en donde la relación λ de exceso de aire es inferior a 1 y se genera carbonilla). Tal como se muestra en la FIG. 5, en la región de la pulverización de combustible inyectado desde un orificio de inyección en donde λ < 1, se produce una distribución de temperatura tal que la temperatura aumenta gradualmente de una temperatura Tcomp extrema de compresión a una temperatura Tmax de llama máxima a medida que la distancia al orificio de inyección (el origen de la pulverización; λ=0) aumenta (es decir, a medida que la relación λ de exceso de combustible aumenta de 0 a 1).

En el presente ejemplo, una temperatura promedio, que es el promedio de la temperatura Tcomp extrema de compresión y la temperatura Tmax de llama máxima, una temperatura centroide, que es una temperatura obtenida ponderando la temperatura correspondiente a cada valor de λ mediante la cantidad de pulverización (mezcla de gas) con una distribución en función de λ o similares pueden utilizarse como la temperatura Tf representativa de pulverización.

Tal como se ha descrito anteriormente, el valor estable Tfs de la temperatura Tf representativa de pulverización se obtiene, mediante una búsqueda de tabla, a partir de una tabla MapTfs creada previamente (NE, q), el valor actual (valor instantáneo) de la velocidad NE del motor y el valor actual (valor en este momento) de la cantidad q de inyección de combustible.

El valor Tft de transición de la temperatura Tf representativa de pulverización puede obtenerse a partir del valor actual (valor en este momento) de la temperatura Tcomp extrema de compresión y el valor actual (valor en este momento) de la temperatura de llama máxima Tmax. Las temperaturas Tcomp y Tmax pueden obtenerse, mediante el uso de un método conocido, a partir de la temperatura de gas de admisión, la presión de gas de admisión y la concentración de oxígeno de gas de admisión, pudiendo ser detectadas mediante los detectores descritos anteriormente; toda la cantidad de gas en la cámara de combustión (cantidad de gas dentro del cilindro); etc. La cantidad de gas dentro del cilindro puede determinarse a partir de la temperatura de gas de admisión, la presión de gas de admisión, el volumen de la cámara de combustión al inicio de la compresión y una ecuación de estado de gas.

En el presente ejemplo, una ecuación característica para obtener un “valor característico A1 relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla” para la temperatura Tf representativa de pulverización se representa mediante el uso de una función Gaussiana, tal como se muestra en la siguiente Ec. (3) y la FIG. 6. El motivo de usar la función Gaussiana consiste en que la cantidad de generación de carbonilla (velocidad de generación) pasa a ser la máxima a una temperatura Tp determinada (p. ej., aproximadamente 1895 K), y disminuye a medida que la temperatura se desvía de Tp.

$$A1 = \exp \left\{ -\frac{(Tf - Tp)^2}{2\sigma^2} \right\} \quad \dots(3)$$

En el presente ejemplo, la desviación estándar σ (ver FIG. 6) usada en la Ec. (3) puede obtenerse a partir de la relación según la que un valor obtenido multiplicando entre sí “0,68” y la mitad (= Δt/2) de la diferencia ΔT (ver FIG. 5) entre la temperatura Tcomp extrema de compresión y la temperatura Tmax de llama máxima es igual a 2σ. El valor “0,68” es la “probabilidad según la que un valor observado de una variable aleatoria que sigue una distribución Gaussiana cae dentro de un intervalo del valor promedio ± (1 x la desviación estándar)”. Por ejemplo, cuando ΔT = 1200 K, σ es aproximadamente 200 K.

Una línea continua de la FIG. 6 muestra un cambio ilustrativo en el valor característico A1 con Tf, que se obtiene mediante el uso de la desviación estándar σ determinada tal como se ha descrito anteriormente. Mientras tanto, una línea discontinua de la FIG. 6 muestra una característica física (real) de la cantidad de descarga de carbonilla en una región local (una región en donde la temperatura es uniforme) con la temperatura. Esta característica física puede obtenerse mediante un experimento o similar. Tal como resultará comprensible mediante comparación entre la línea continua y la línea discontinua de la FIG. 6, la desviación estándar σ determinada tal como se ha descrito anteriormente es más grande que la desviación estándar correspondiente a la característica física descrita anteriormente.

Tal como se muestra en la FIG. 6, el valor A1s característico estable se obtiene a partir del valor estable Tfs y la Ec.

(3) (es decir, a través de la sustitución de Tfs por Tf de la Ec. (3)) (ver el círculo blanco grande); y el valor característico de transición A1t se obtiene a partir del valor Tft de transición y la Ec. (3) (es decir, a través de la sustitución de Tft por Tf de la Ec. (3)) (ver el círculo negro grande).

De este modo, "A1t/A1s", que es la "relación entre el valor característico estable y el valor característico de transición" se calcula (ver Ec. (2)). Esta "A1t/A1s" representa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla (valor instantáneo) con respecto a la cantidad de descarga estable atribuible a la "desviación del valor Tft de transición con respecto al valor estable Tfs" en el estado de funcionamiento de transición.

Tal como se ha descrito anteriormente, las diferentes temperaturas en diferentes partes dentro de una región de pulverización de combustible en donde la relación λ de exceso de aire es inferior a 1 se representan mediante una única temperatura Tf, y la desviación estándar σ usada en una ecuación característica (función Gaussiana) para obtener el "valor característico A1 relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla" para Tf se ajusta a un valor más grande que la desviación estándar en correspondencia con la característica física descrita anteriormente. Mediante este procedimiento, sin aumentar la cantidad de cálculo, "A1t/A1s" puede calcularse como un valor que representa de forma precisa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla (valor instantáneo) con respecto a la cantidad de descarga estable atribuible a la "desviación del valor estable Tft con respecto al valor estable Tfs" en un estado de funcionamiento de transición.

<<A2t/A2s basándose en presión Pc dentro de cilindro>>

La presión Pc dentro del cilindro es la presión en el interior de la cámara de combustión en un instante predeterminado. En el presente ejemplo, la presión dentro de la cámara de combustión en el instante en donde la válvula de admisión está cerrada o similar puede utilizarse como la presión Pc dentro del cilindro. Debido a que la presión dentro de la cámara de combustión en el instante en donde la válvula de admisión está cerrada se considera que es aproximadamente igual a la presión del gas de admisión, es posible su obtención a partir del detector 73 de presión de conducto de admisión. De forma alternativa, la presión extrema de compresión puede utilizarse como la presión Pc dentro del cilindro. La presión extrema de compresión puede obtenerse, por ejemplo, a partir del detector 75 de presión dentro del cilindro.

Tal como se ha descrito anteriormente, el valor estable Pcs de la presión Pc dentro del cilindro puede obtenerse, mediante una búsqueda de tabla, a partir de la tabla MapPcs (NE, q) creada previamente, el valor actual (valor instantáneo) de la velocidad NE del motor, y el valor actual (valor en este momento) de la cantidad q de inyección de combustible.

Tal como se ha descrito anteriormente, el valor Pct de transición de la presión Pc dentro del cilindro puede obtenerse a partir del detector 73 de presión de conducto de admisión, el detector 75 de presión dentro del cilindro, etc.

En el presente ejemplo, una ecuación característica para obtener el "valor característico A2 relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla" para la presión Pc dentro del cilindro se representa mediante la siguiente Ec. (4). La FIG. 7 muestra un cambio en el valor característico A2 con la Pc. El motivo de usar la Ec. (4) consiste en que la cantidad de generación de carbonilla (velocidad de generación) cambia de forma proporcional con respecto a la raíz cuadrada de la presión.

$$A2 = \sqrt{Pc} \quad \dots(4)$$

Tal como se muestra en la FIG. 7, el valor A2s característico estable se obtiene a partir del valor estable Pcs y la Ec. (4) (es decir, a través de la sustitución de Pcs por Pc de la Ec. (4)) (ver el círculo blanco grande); y el valor A2t característico de transición se obtiene a partir del valor Pct de transición y la Ec. (4), es decir, a través de la sustitución de Pct por Pc de la Ec. (4)) (ver el círculo negro grande).

De este modo, "A2t/A2s", que es la "relación entre el valor característico estable y el valor característico de transición" se calcula (ver Ec. (2)). Esta "A2t/A2s" representa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla (valor instantáneo) con respecto a la cantidad de descarga estable atribuible a la "desviación del valor Pct de transición con respecto al valor estable Pcs" en el estado de funcionamiento de transición.

<<A3t/A3s basándose en relación ϕ equivalencia promedio de pulverización en instante de encendido inicial>>

La relación de equivalencia promedio de pulverización es una relación promedio de una relación de equivalencia en la pulverización de combustible, que se difunde temporalmente (extiende) en la cámara de combustión después de la inyección del combustible. La relación de equivalencia es un valor obtenido multiplicando la relación entre cantidad de combustible y cantidad de aire por la relación estequiométrica entre aire y combustible. Parte del gas en la cámara de combustión, que es gas mezclado con el combustible inyectado para formar la pulverización de combustible, se define como "gas de formación de pulverización" en adelante. La relación de equivalencia promedio de pulverización es un valor obtenido multiplicando una relación entre la cantidad total (masa total) del combustible inyectado y una cantidad (masa) de aire que contiene oxígeno en una cantidad aproximadamente igual a la cantidad de oxígeno contenido en el gas de formación de pulverización por la relación estequiométrica entre aire y

combustible. La situación en donde la pulverización de combustible se extiende temporalmente después de la inyección del combustible significa que la cantidad del gas de formación de pulverización aumenta, es decir, la relación de equivalencia promedio de pulverización disminuye, después de la inyección del combustible.

5 A continuación, se describirá brevemente el cálculo de la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial. La cantidad (masa) del gas de formación de pulverización, que aumenta temporalmente después del inicio de la inyección de combustible, puede expresarse como una función del tiempo transcurrido después del inicio de la inyección de combustible basándose, por ejemplo, en una ecuación experimental presentada en "Studies on the Penetration of Fuel Spray of Diesel Engine", Yutaro Wakuri, Masaru Fujii, Tatsuo Amitani, Reijiro Tsuneya, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, 25-156 (1959),
10 pág. 820 (al que se hace referencia en adelante como "documento no patente 2"). Este método de cálculo también se describe de forma detallada en la solicitud de patente japonesa abierta al público (kokai) número 2007-46477, por ejemplo.

15 El periodo de retardo de encendido se especifica como un periodo (ángulo o instante del cigüeñal) entre un punto en el tiempo en donde la inyección de combustible empieza (en el caso en donde una inyección piloto se lleva a cabo antes de la inyección principal, un punto en el tiempo en donde la inyección principal empieza) y un punto en el tiempo en donde el encendido empieza. El periodo de retardo de encendido puede calcularse usando el instante de encendido inicial especificado basándose en el cambio en la presión dentro del cilindro que se detecta mediante el detector 75 dentro del cilindro, por ejemplo. El periodo de retardo de encendido también puede estimarse basándose en uno de los métodos de estimación conocidos.

20 En consecuencia, el tiempo igual al periodo de retardo de encendido es sustituido por la "función para obtener la cantidad del gas de formación de pulverización a partir del tiempo transcurrido después del inicio de la inyección de combustible" mencionada anteriormente, de modo que es posible obtener la cantidad G_s del gas de formación de pulverización en el instante de encendido inicial.

25 La cantidad (masa) G_{O_2} del oxígeno contenido en el gas de formación de pulverización en el instante de encendido inicial puede representarse mediante la siguiente Ec. (5). En la Ec. (5), R_{O_2c} es la concentración de oxígeno dentro del cilindro (la concentración de oxígeno en el gas que entra en la cámara de combustión). Una cantidad (masa) G_{air} de aire que contiene oxígeno en una cantidad igual a G_{O_2} puede representarse mediante la siguiente Ec. (6). El valor 0,232 es una relación (relación de masa) (fracción de oxígeno en el aire) del oxígeno contenido en el aire. La relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial puede calcularse según la
30 siguiente Ec. (7) usando G_{air} , la cantidad total q del combustible inyectado y la relación estequiométrica AF_{th} entre aire y combustible.

$$G_{O_2} = G_s \cdot R_{O_2c} \quad \dots(5)$$

$$G_{air} = \frac{G_{O_2}}{0.232} \quad \dots(6)$$

$$\phi = \frac{q}{G_{air}} \cdot AF_{th} \quad \dots(7)$$

40 Tal como se muestra en la FIG. 8, resulta ampliamente conocido que la carbonilla puede producirse en una región (ver la región sombreada) en donde la temperatura T_{max} de llama relacionada con la combustión del combustible cae dentro de un intervalo predeterminado (T_{max} no es superior a aproximadamente 1600 K y no es inferior a aproximadamente 2200 K), y en donde la relación de equivalencia no es inferior a un valor predeterminado (aproximadamente 2 o más), y que la carbonilla no puede producirse fuera de esta región. A esta región se hace referencia como "región de generación de carbonilla" en adelante.

45 El valor obtenido multiplicando la relación entre la "cantidad total del combustible inyectado" y la "cantidad total de aire que entra en la cámara de combustión" por la relación estequiométrica entre aire y combustible" se define como "relación de equivalencia promedio en todos los cilindros". La cantidad de descarga de carbonilla depende en mayor medida de la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial que de la relación de equivalencia promedio en todos los cilindros, y debido a que la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial es grande (en la región de generación de carbonilla), la cantidad de descarga de carbonilla aumenta.

50 La relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial es significativamente grande en comparación con la relación de equivalencia promedio en todos los cilindros. Tal como se muestra en la FIG. 8, cuando la relación de equivalencia promedio en todos los cilindros es más pequeña que 2 (en la región fuera de la región de generación de pulverización), la situación en donde la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial pasa a ser más grande que 2 (la situación en donde la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial cae dentro de la región de generación de
55 carbonilla) puede suceder. En consecuencia, cuando la cantidad de descarga de carbonilla se estima teniendo en cuenta la relación de equivalencia promedio en todos los cilindros, se estima que la cantidad de descarga de

carbonilla es ligeramente inferior, lo que significa que la precisión en la estimación de la cantidad de descarga de carbonilla se deteriora. Por el contrario, en el presente ejemplo, la cantidad de descarga de carbonilla se estima teniendo en cuenta la "relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial", que depende en gran medida de la cantidad de descarga de carbonilla.

5 Tal como se muestra en la FIG. 9, debido a que el periodo de retardo de encendido es corto, la magnitud (es decir, la cantidad Gs del gas de formación de pulverización en el instante de encendido inicial) de la pulverización de combustible en el instante de encendido inicial disminuye. Con esto, la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial aumenta. En consecuencia, la carbonilla se genera fácilmente. Tal como se ha descrito anteriormente, la "relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial" pasa a ser el "factor que afecta a la velocidad de generación de carbonilla".

Tal como se ha descrito anteriormente, el valor estable ϕ_s de la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial se obtiene, mediante una búsqueda de tabla, a partir de una tabla Map ϕ_s (NE, q) creada previamente, el valor actual (valor instantáneo) de la velocidad NE del motor y el valor actual (valor en este momento) de la cantidad q de inyección de combustible.

15 El valor ϕ_t de transición de la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial (el valor para el combustible inyectado en este momento en el instante de encendido inicial) puede obtenerse según la Ec. (7).

Una ecuación característica para obtener el "valor característico A3 relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla" para la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial se representa mediante la siguiente Ec. (8) en el presente ejemplo. a y b son constantes positivas. La FIG. 10 muestra un cambio en el valor característico A3 con ϕ . El motivo por el que la Ec. (8) se utiliza consiste en que la carbonilla se genera fácilmente cuando ϕ aumenta. De forma específica, es posible utilizar una ecuación característica (que representa una curva convexa hacia arriba o una característica lineal) diferente de la Ec. (8), siempre que la ecuación característica utilizada sea tal que, cuanto mayor es el valor ϕ , mayor es el valor característico.

$$A3 = a \cdot \phi^2 + b \quad \dots(8)$$

Tal como se muestra en la FIG. 10, el valor A3s característico estable se obtiene a partir del valor estable ϕ_s y la Ec. (8) (es decir, mediante la sustitución de ϕ_s por ϕ de la Ec. (8)) (ver el círculo blanco grande); y el valor A3t característico de transición se obtiene a partir del valor ϕ_t de transición y la Ec. (8) (es decir, mediante la sustitución de ϕ_t por ϕ de la Ec. (8)) (ver el círculo negro grande).

De este modo, "A3t/A3s", que es la "relación entre el valor característico estable y el valor característico de transición", se calcula (ver Ec. (2)). Esta "A3t/A3s" representa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla (valor instantáneo) con respecto a la cantidad de descarga estable atribuible a la "desviación del valor ϕ_t de transición con respecto al valor estable ϕ_s " en el estado de funcionamiento de transición.

35 Tal como se ha descrito anteriormente, debido a que "A3t/A3s" se añade al término de corrección de generación, es posible expresar que la carbonilla se produce fácilmente y, de este modo, la cantidad de descarga de carbonilla aumenta, ya que la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial aumenta debido a diversos motivos. Tal como resultará comprensible a partir de las Ecs. (5) a (7), cuando la concentración Roxc de oxígeno dentro del cilindro es pequeña, la "relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial" aumenta, incluso si el periodo de retardo de encendido es fijo (en consecuencia, incluso si la cantidad Gs del gas de formación de pulverización en el instante de encendido inicial es fija). En consecuencia, es posible expresar que, en una situación en donde el periodo de retardo de encendido es fijo, la cantidad de descarga de carbonilla aumenta, a medida que la concentración Roxc de oxígeno dentro del cilindro es más pequeña.

45 En el presente ejemplo, la "relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial" se utiliza como el "factor que afecta a la velocidad de generación de carbonilla" para la "A3t/A3s" en la Ec. (2). No obstante, es posible utilizar "q/Gair", es decir, la "relación entre la cantidad de combustible y la cantidad de aire en la pulverización de combustible en el instante de encendido inicial".

<Término de corrección de oxidación>

50 En un término de corrección relacionado con la oxidación de carbonilla (término de corrección de oxidación), los factores que afectan a la velocidad a la que la carbonilla generada se oxida (velocidad de oxidación de carbonilla) se usan como el "factor" descrito anteriormente. De forma específica, una temperatura To1 representativa de región de oxidación y la concentración Roxc de oxígeno dentro del cilindro se introducen como el "factor que afecta a la velocidad de oxidación de carbonilla". Los valores característicos B1 y B2 en la Ec. (2) descrita anteriormente se corresponden con la temperatura To1 representativa de región de oxidación y la concentración Roxc de oxígeno dentro del cilindro, respectivamente. Los factores se describirán factor a factor.

<<B1s/B1t basándose en temperatura To1 representativa región oxidación>>

La temperatura To1 representativa de región de oxidación es una temperatura que representa diferentes temperaturas en diferentes ubicaciones dentro de la pulverización de combustible (de forma específica, dentro de una región en donde la relación λ de exceso de aire es más grande que 1, y la carbonilla se oxida); de forma específica, una temperatura representativa dentro de una región de la pulverización de combustible en donde la relación λ de exceso de aire es más grande que 1 en la primera mitad de la combustión de combustible; es decir, una etapa intermedia en donde la pulverización de combustible se dispersa (un estado de pulverización de alta temperatura en donde la combustión continúa).

Tal como se muestra en la FIG. 11, en una región en la pulverización de combustible en donde $\lambda > 1$, se produce una distribución de temperatura tal que la temperatura disminuye gradualmente desde la temperatura Tmax de llama máxima con la separación con respecto a una parte que se corresponde con la temperatura Tmax de llama máxima ($\lambda = 1$) hacia el extremo delantero de la pulverización (es decir, cuando la relación λ de exceso de aire aumenta desde 1). Además, la mayor parte de la oxidación de la carbonilla se produce a temperaturas iguales o superiores a 1500 K.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, en el presente ejemplo, por ejemplo, el promedio entre la temperatura Tmax de llama máxima y 1500 K o similar se utiliza como la temperatura To1 representativa de región de oxidación, tal como se muestra en la siguiente Ec. (9).

$$To1 = (Tmax + 1500) / 2 \quad \dots(9)$$

Tal como se ha descrito anteriormente, se obtiene el valor estable To1s de la temperatura To1 representativa de región de oxígeno, mediante una búsqueda de tabla, a partir de una tabla MapTo1s (NE, q) creada previamente, el valor actual (valor instantáneo) de la velocidad NE del motor, y el valor actual (valor en este momento) de la cantidad q de inyección de combustible.

El valor To1t de transición de la temperatura To1 representativa de región de oxidación puede obtenerse a partir de la Ec. (9) descrita anteriormente. Tal como se ha descrito anteriormente, Tmax puede obtenerse, mediante el uso de un método conocido, a partir de la temperatura de gas de admisión, la presión de gas de admisión y la concentración de oxígeno de gas de admisión, que pueden detectarse mediante los detectores descritos anteriormente; la cantidad de gas dentro del cilindro descrita anteriormente; etc. De forma específica, Tmax disminuye a medida que Roxc disminuye.

En el presente ejemplo, una ecuación característica para obtener el "valor característico B1 relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla" para la temperatura To1 representativa de región de oxidación se representa mediante la siguiente Ec. (10). q1, q2, h1 y h2 son constantes positivas ($q2 > q1$). La FIG. 12 muestra un cambio en el valor característico B1 con To1. Tal como se muestra en la FIG. 12, el valor característico B1 es muy pequeño cuando To1 es más pequeña que 1500 K, y aumenta sustancialmente con To1 cuando To1 pasa a ser igual o superior a 1500 K. El motivo de utilizar una característica de este tipo consiste en que, tal como se ha descrito anteriormente, la mayor parte de las reacciones de oxidación de carbonilla sucede a temperaturas iguales o superiores a 1500 K, y la velocidad de reacción de oxidación de carbonilla aumenta con la temperatura cuando la temperatura es igual o superior a 1500 K.

$$B1 = \begin{cases} q1 \cdot To1 + h1 & (To1 \leq 1500K) \\ q2 \cdot To1 - h2 & (To1 > 1500K) \end{cases} \quad \dots(10)$$

Tal como se muestra en la FIG. 12, el valor B1s característico estable se obtiene a partir del valor estable To1s y la Ec. (10) (es decir, mediante la sustitución de To1s por To1 de la Ec. (10)) (ver el círculo blanco grande); y el valor B1t característico de transición se obtiene a partir del valor To1t de transición y la Ec. (10) (es decir, mediante la sustitución de To1t por To1 de la Ec. (10)) (ver el círculo negro grande).

De este modo, "B1t/B1s", que es la "relación entre el valor característico estable y el valor característico de transición", se calcula (ver Ec. (2)). Esta "B1t/B1s" representa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla (valor instantáneo) con respecto a la cantidad de descarga estable atribuible a la "desviación del valor To1t de transición con respecto al valor estable To1s" en el estado de funcionamiento de transición.

De forma específica, a medida que la oxidación de carbonilla continúa, la cantidad de descarga de carbonilla disminuye. En consecuencia, en el término de corrección de oxidación, cuando se usa un valor característico que aumenta con el progreso de la oxidación de carbonilla, a diferencia del término de corrección de generación descrito anteriormente (= "el valor característico de transición/el valor característico estable"), una fracción del "valor característico estable/el valor característico de transición" en donde los valores del numerador y el denominador se invierten se usa como la relación entre el "valor característico estable y el valor característico de transición".

Tal como se ha descrito anteriormente, las diferentes temperaturas en diferentes partes dentro de una región de pulverización de combustible en donde la relación λ de exceso de aire es más grande que 1 (de forma específica, en

la primera mitad de combustión) se representan mediante una única temperatura To1. Mediante este procedimiento, sin aumentar la cantidad de cálculo, "B1t/B1s" puede calcularse como un valor que representa de forma precisa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla (valor instantáneo) con respecto a la cantidad de descarga estable atribuible a la "desviación del valor To1t de transición con respecto al valor estable To1s" en un estado de funcionamiento de transición.

Además, es posible expresar que, cuando la temperatura Tmax de llama máxima (en consecuencia, la temperatura To1 representativa de región de oxidación) disminuye como resultado de una disminución de la concentración Roxc de oxígeno dentro del cilindro, el grado de oxidación de carbonilla disminuye (en consecuencia, la cantidad de descarga de carbonilla aumenta).

<<B2s/B2t basándose en concentración Roxc de oxígeno dentro de cilindro>>

La concentración Roxc de oxígeno dentro del cilindro es la concentración de oxígeno de gas dentro de la cámara de combustión. Debido a que se considera que la concentración de oxígeno de gas dentro de la cámara de combustión es aproximadamente igual a la concentración de oxígeno de gas que entra en la cámara de combustión, la misma puede obtenerse a partir del detector 74 de concentración de oxígeno de gas de admisión.

Tal como se ha descrito anteriormente, se obtiene el valor Roxcs estable de la concentración Roxc de oxígeno dentro del cilindro, mediante una búsqueda de tabla, a partir de una tabla MapRoxcs (NE, q) creada previamente, el valor actual (valor instantáneo) de la velocidad NE del motor y el valor actual (valor en este momento) de la cantidad q de inyección de combustible.

El valor Roxct de transición de la concentración Roxc de oxígeno dentro del cilindro puede obtenerse a partir del detector 74 de concentración de oxígeno de gas de admisión, tal como se ha descrito anteriormente.

En el presente ejemplo, una ecuación característica para obtener el "valor característico B2 relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla" para la concentración Roxc de oxígeno dentro del cilindro se representa mediante la siguiente Ec. (11). La FIG. 13 muestra un cambio en el valor característico B2 con Roxc. El motivo de utilizar la Ec. (11) consiste en que la velocidad de oxidación de carbonilla cambia en proporción con respecto a la concentración de oxígeno dentro del cilindro.

$$B2 = Roxc \quad \dots(11)$$

Tal como se muestra en la FIG. 13, el valor B2s característico estable se obtiene a partir del valor estable Roxcs y la Ec. (11) (es decir, mediante la sustitución de Roxcs por Roxc de la Ec. (11)) (ver el círculo blanco grande); y el valor B2t característico de transición se obtiene a partir del valor Roxct de transición y la Ec. (11) (es decir, mediante la sustitución de Roxct por Roxc de la Ec. (11)) (ver el círculo negro grande).

De este modo, "B2s/B2t", que es la "relación entre el valor característico estable y el valor característico de transición" se calcula (ver Ec. (2)). Esta "B2s/B2t" representa de forma precisa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla (valor instantáneo) con respecto a la cantidad de descarga estable atribuible a la "desviación del valor Roxct de transición con respecto al valor estable Roxcs" en el estado de funcionamiento de transición.

Tal como se ha descrito anteriormente, según la realización del dispositivo de estimación de descarga de carbonilla de la presente invención, es posible calcular la cantidad de descarga de carbonilla multiplicando la "cantidad de descarga estable" por el "valor de corrección de transición" (ver Ec. (1)). La "cantidad de descarga estable" es una cantidad de descarga de carbonilla en el caso en donde el motor de combustión interna funciona en un estado de funcionamiento estable a la velocidad de funcionamiento actual y con la cantidad de inyección de combustible actual, y se obtiene mediante una búsqueda de tabla. El "valor de corrección de transición" es un coeficiente que representa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla en un estado de funcionamiento de transición con respecto a la "cantidad de descarga estable". Cuando el "valor de corrección de transición" se calcula, para cada uno de una pluralidad de factores que afectan a la cantidad de descarga de carbonilla, un valor estable (valor obtenido a través de una búsqueda de tabla) y un valor de transición (valor actual) de cada factor se sustituyen por una ecuación característica correspondiente relacionada con la cantidad de descarga de carbonilla para el factor, de modo que se obtienen un valor característico estable y un valor característico de transición. De este modo, la "relación entre el valor característico estable y el valor característico de transición" se calcula. El "valor de corrección de transición" se calcula a partir del producto de los valores de la "relación entre el valor característico estable y el valor característico de transición" que se obtienen para los factores respectivos (ver Ec. (2)).

Por lo tanto, el "valor de corrección de transición" se calcula como un "coeficiente que representa el grado de desviación de la cantidad de descarga de carbonilla con respecto a la cantidad de descarga estable" teniendo en cuenta la totalidad de la influencia de la "desviación del valor de transición con respecto al valor estable" para cada factor en un estado de funcionamiento de transición. En consecuencia, en un estado de funcionamiento de transición, la cantidad de descarga de carbonilla puede estimarse de forma precisa a través de un procesamiento que requiere una pequeña cantidad de cálculo por parte de la CPU; es decir, una búsqueda de tabla para la adquisición de la "cantidad de descarga estable" y un cálculo del "valor de corrección de transición".

De forma específica, la “relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial” que afecta de forma considerable y directamente a la “velocidad de generación de carbonilla” se incluye como uno de los “factores” (ver la “A3t/A3s” en la Ec. (2)). Por lo tanto, es posible expresar que la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial aumenta por diversos motivos y, por lo tanto, la carbonilla se produce fácilmente, y la cantidad de descarga de carbonilla aumenta.

A continuación, se muestra una explicación adicional para el caso en donde la “A3t/A3s” basándose en la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial se añade al término de corrección de generación (es decir, el caso en donde se considera la corrección basada en ϕ), tal como se muestra en la Ec. (2) descrita anteriormente. En este caso, tal como se ha descrito anteriormente, el valor de corrección de transición puede calcularse mientras la corrección basada en ϕ siempre se lleva a cabo (ver Ec. (2)). Por otro lado, el valor de corrección de transición puede calcularse teniendo en cuenta la corrección basada en ϕ , solamente cuando se satisface una condición predeterminada (ver la Ec. (2)), y puede calcularse según la siguiente Ec. (12) (que es una ecuación obtenida retirando el término “A3t/A3s” de la Ec. (2)), en donde la corrección basada en ϕ no se tiene en cuenta, cuando no se satisface la condición predeterminada. A continuación, se describirá un ejemplo de procesamiento para diversos casos en donde el valor de corrección de transición se calcula teniendo en cuenta la corrección basada en ϕ solamente cuando se satisface la condición predeterminada, haciendo referencia a las FIGS. 14 y 15.

Valor de corrección de transición

$$= \frac{A1t}{A1s} \cdot \frac{A2t}{A2s} \cdot \frac{B1s}{B1t} \cdot \frac{B2t}{B2s} \quad \dots(12)$$

En primer lugar, se describirá un ejemplo mostrado en la FIG. 14. En este ejemplo, en primer lugar, en la etapa 1405, se realiza una determinación sobre si un valor relacionado con la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial es o no es más grande que un valor predeterminado. En este caso, la “relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial” mencionada anteriormente, la “relación (q/Gair) entre la cantidad de combustible y la cantidad de aire en la pulverización de combustible en el instante de encendido inicial”, etc., pueden utilizarse como el valor relacionado con la relación de equivalencia de pulverización.

Cuando se realiza una determinación “Sí” en la etapa 1405, en la etapa 1410, se realiza una determinación sobre si el valor ϕ_t de transición de la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial es más grande o no que el valor estable ϕ_s (es decir, si ϕ_t se ha desviado o no con respecto a ϕ_s en una dirección tal que la cantidad de descarga de carbonilla aumenta).

En el caso en donde se realiza una determinación “Sí” en ambas etapas 1405 y 1410, el valor de corrección de transición se calcula usando la Ec. (2) en la etapa 1415. Es decir, la cantidad de descarga de carbonilla se estima teniendo en cuenta la corrección basada en la “relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial”. Mientras tanto, en el caso en donde se realiza una determinación “No” en la etapa 1405 o 1410, el valor de corrección de transición se calcula usando la Ec. (12) en la etapa 1420. Es decir, la cantidad de descarga de carbonilla se estima sin tener en cuenta la corrección basada en la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial.

Tal como se ha descrito anteriormente, en el ejemplo mostrado en la FIG. 14, la cantidad de descarga de carbonilla se estima sin tener en cuenta la corrección basada en la “relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial” cuando el valor relacionado con la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial es igual o similar a un valor predeterminado. Esto se basa en el hecho de que, cuando la relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial es pequeña, (p. ej., cuando ϕ es más pequeña que 2), es menos probable que se produzca carbonilla, y el grado de influencia de la magnitud de ϕ en el grado de generación de carbonilla es pequeño. Con esta operación, cuando se calcula la cantidad de descarga de carbonilla, pasa a ser posible evitar un aumento en la cantidad de cálculo, lo que, de otro modo, sucedería cuando ϕ se tiene en cuenta (es decir, la relación “A3t/A3s” se añade al término de corrección de generación), sin disminuir la precisión del cálculo, en el caso en donde la “relación ϕ de equivalencia promedio de pulverización en el instante de encendido inicial” es pequeña.

A continuación, se describirá un ejemplo mostrado en la FIG. 15. Este ejemplo difiere del ejemplo mostrado en la FIG. 14 solamente por el hecho de que la etapa 1405 descrita anteriormente del ejemplo de la FIG. 14 es sustituida por la etapa 1505. En la etapa 1505 se realiza una determinación sobre si la temperatura Tmax de llama (máxima) mencionada anteriormente cae o no cae dentro de un intervalo predeterminado (entre T1 y T2). De forma específica, T1 es 1600 K, y T2 es 2200 K, por ejemplo. Es decir, cuando la temperatura Tmax de llama está fuera del intervalo predeterminado (igual o inferior a T1, o igual o superior a T2), la cantidad de descarga de carbonilla se estima sin tener en cuenta la corrección basada en la “relación ϕ de equivalencia en el instante de encendido inicial”. Esto se basa en el hecho de que, cuando la temperatura Tmax de llama está fuera de la región de generación de carbonilla, la producción de carbonilla es menos probable, y el grado de influencia de la magnitud de ϕ en el grado de generación de carbonilla es pequeño. Con esta operación, cuando se calcula la cantidad de descarga de carbonilla,

pasa a ser posible evitar un aumento en la cantidad de cálculo, lo que, de otro modo, sucedería cuando ϕ se tiene en cuenta (es decir, la relación "A3t/A3s" se añade al término de corrección de generación), sin disminuir la precisión del cálculo, en el caso en donde la temperatura Tmax de llama está fuera del intervalo predeterminado.

5 Anteriormente se han descrito diversos casos en donde el valor de corrección de transición se calcula teniendo en cuenta la corrección basada en ϕ solamente cuando se satisface la condición predeterminada.

Las ecuaciones (2) y (12) descritas anteriormente para calcular el valor de corrección de transición pueden modificarse por la omisión de una parte (arbitrariamente, uno o más términos) de una pluralidad de términos contenidos en cada ecuación (excluyendo el término "A3t/A3s" en la Ec. (2)).

10

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de estimación de descarga de carbonilla para un motor (20) de combustión interna, que comprende:

medios (60) de adquisición de cantidad de descarga estable configurados para adquirir una cantidad de descarga estable de carbonilla usando valores actuales respectivos de la velocidad de funcionamiento y la cantidad de inyección de combustible con una relación almacenada previamente entre cantidades de descarga de carbonilla descargada desde el motor (20) de combustión interna y al menos velocidades de funcionamiento y cantidades de inyección de combustible del motor (20) de combustión interna cuando el motor (20) de combustión interna está en un estado de funcionamiento estable;

medios (60) de adquisición de valor estable configurados para adquirir un valor estable de una relación de equivalencia de pulverización en un instante de encendido inicial, en donde la relación de equivalencia de pulverización es el producto de una relación entre una cantidad de combustible y una cantidad de aire en una pulverización de combustible y una relación estequiométrica entre aire y combustible, en donde los medios de adquisición de valor estable están configurados para adquirir el valor estable usando valores actuales respectivos de la velocidad de funcionamiento y la cantidad de inyección de combustible con una relación almacenada previamente entre valores de velocidades de funcionamiento y cantidades de inyección de combustible que representan estados de funcionamiento del motor (20) de combustión interna y las relaciones de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial cuando el motor (20) de combustión interna está en un estado de funcionamiento estable, y en donde el valor de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial se obtiene para un periodo de retardo de encendido que es un periodo entre un instante de inyección de combustible inicial y el instante de encendido inicial;

medios (60) de adquisición de valor de transición configurados para adquirir un valor actual del periodo de retardo de encendido, y para adquirir un valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial usando al menos el valor actual adquirido del periodo de retardo de encendido, en donde el valor de transición es un valor actual de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial;

medios (60) de cálculo de valor de corrección de transición configurados para obtener el valor característico estable a partir del valor estable de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial y una relación característica almacenada previamente, representando la relación característica cambios en la cantidad de descarga de valores de carbonilla de la relación de equivalencia de pulverización, para obtener el valor característico de transición a partir del valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial y la relación característica, y para calcular un valor de corrección de transición relacionado con la cantidad de descarga de carbonilla usando una relación del valor característico estable y un valor característico de transición; y

medios (60) de estimación de cantidad de descarga de carbonilla configurados para estimar la cantidad de descarga de carbonilla multiplicando la cantidad de descarga estable y el valor de corrección de transición.

2. Dispositivo de estimación de descarga de carbonilla para un motor (20) de combustión interna según la reivindicación 1, en donde un valor promedio de la relación entre la cantidad de combustible y la cantidad de aire en la pulverización de combustible se utiliza como la relación de equivalencia de pulverización.

3. Dispositivo de estimación de descarga de carbonilla para un motor (20) de combustión interna según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde los medios (60) de adquisición de valor de transición están configurados para adquirir un valor actual de una concentración de oxígeno de gas en la cámara de combustión del motor de combustión interna, y para adquirir el valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial usando el valor actual adquirido de la concentración de oxígeno.

4. Dispositivo de estimación de descarga de carbonilla para un motor (20) de combustión interna según la reivindicación 3, en donde los medios (60) de adquisición de valor de transición están configurados para calcular, usando el valor actual del periodo de retardo de encendido, una masa de gas de formación de pulverización en el instante de encendido inicial, siendo el gas de formación de pulverización gas que se mezcla con el combustible inyectado en la cámara de combustión para formar la pulverización de combustible, y para adquirir el valor de transición de la relación de equivalencia de pulverización en el instante de encendido inicial usando la masa calculada del gas de formación de pulverización en el instante de encendido inicial, el valor actual adquirido de la concentración de oxígeno del gas en la cámara de combustión, y la cantidad del combustible inyectado.

FIG.1

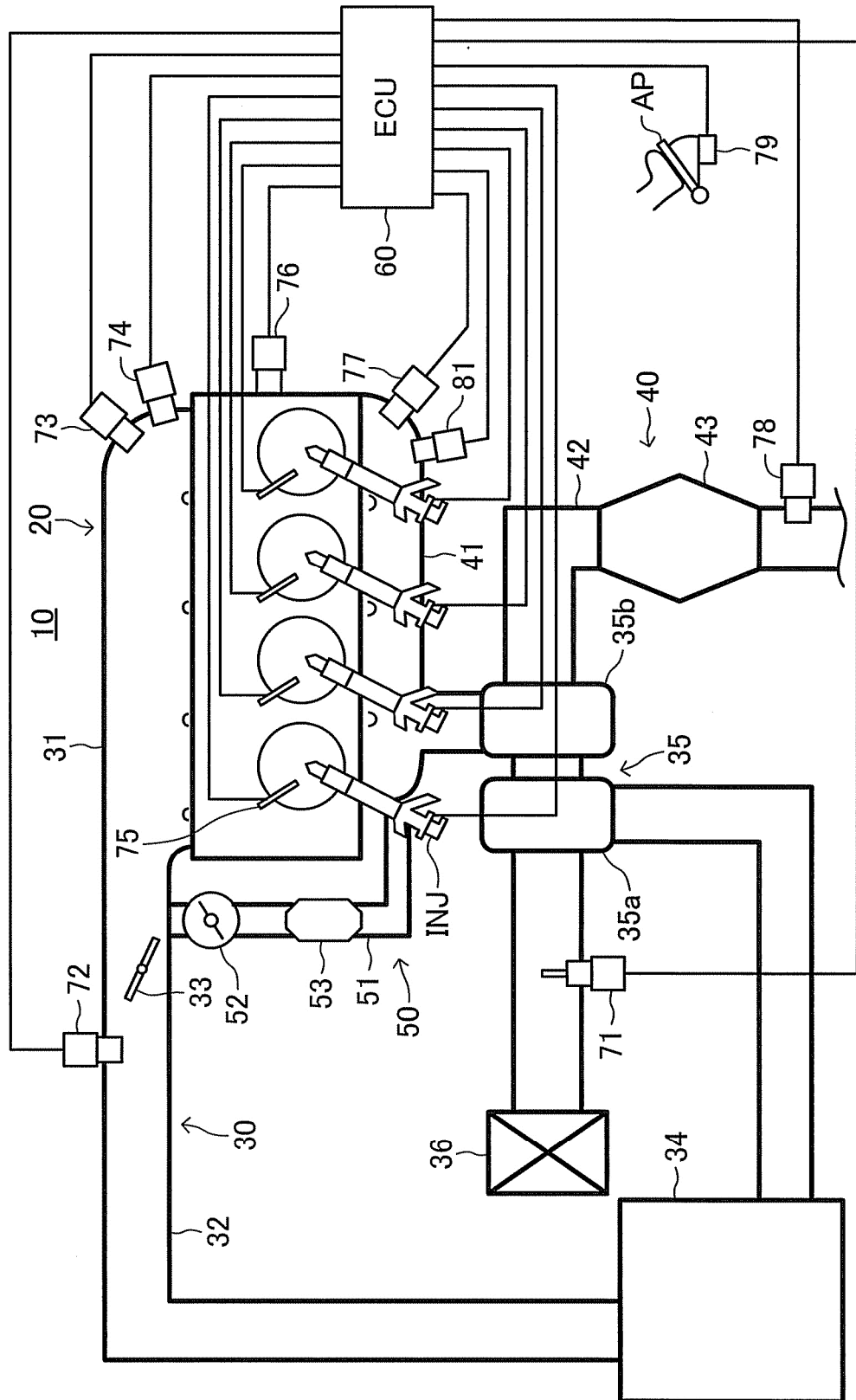


FIG.2

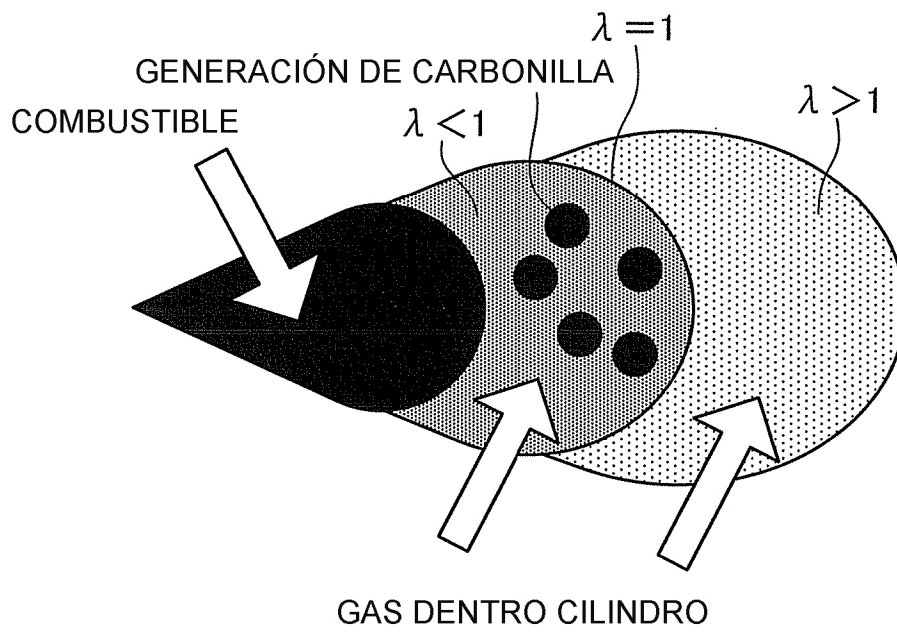


FIG.3

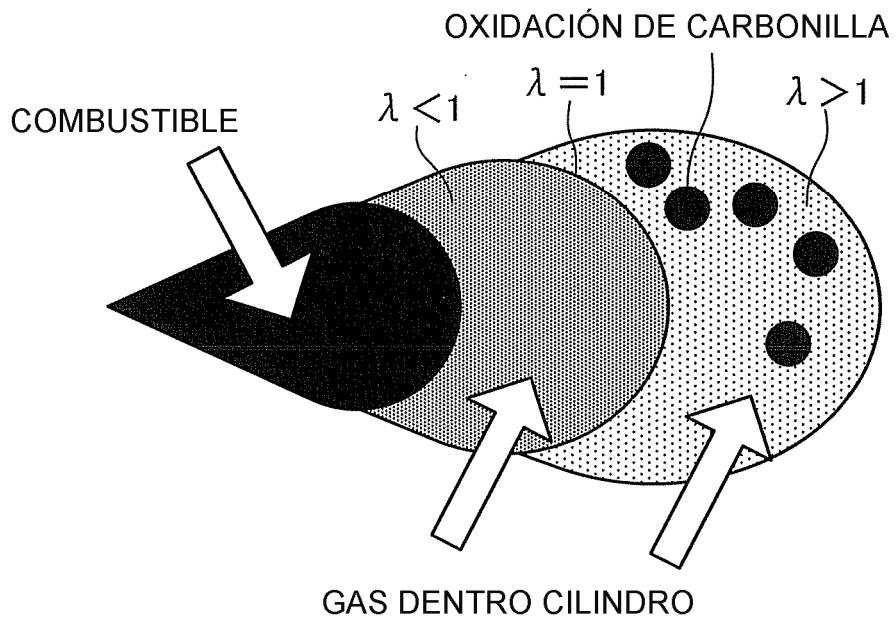


FIG.4

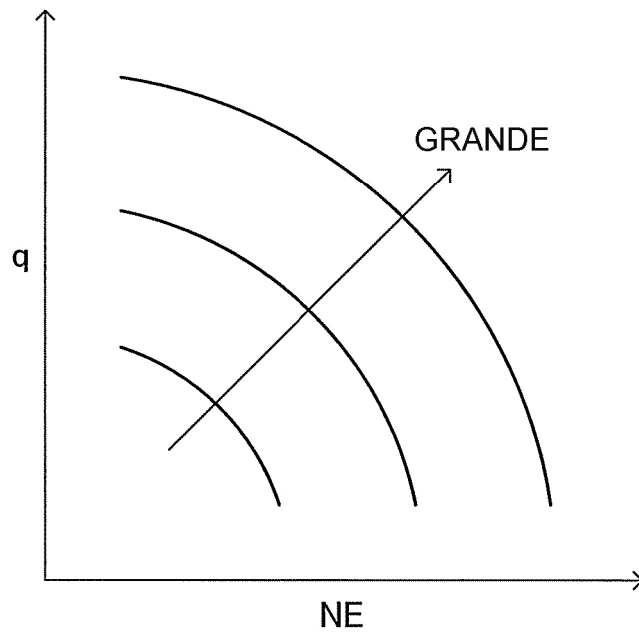


FIG.5

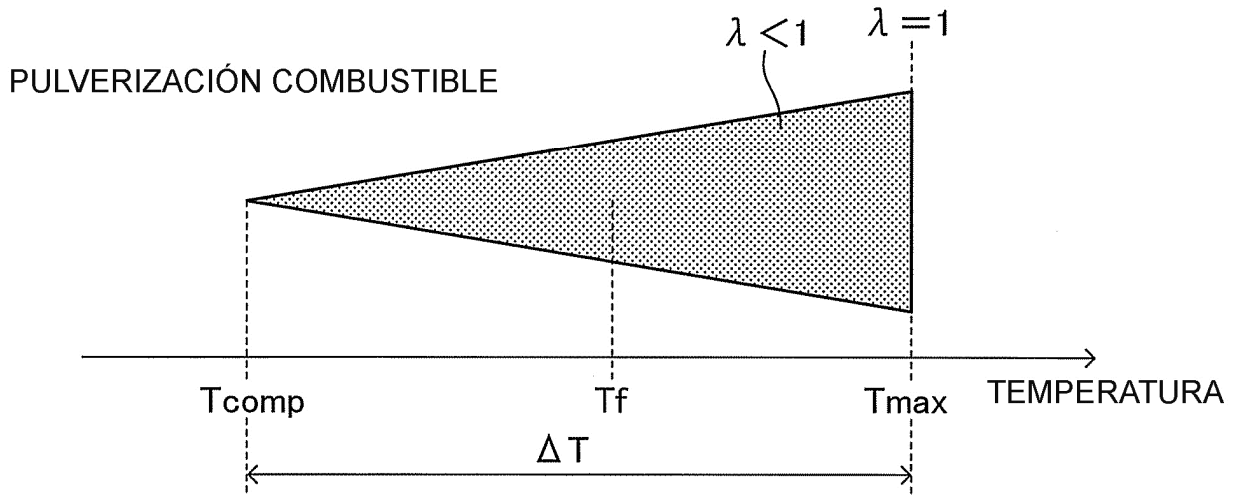


FIG.6

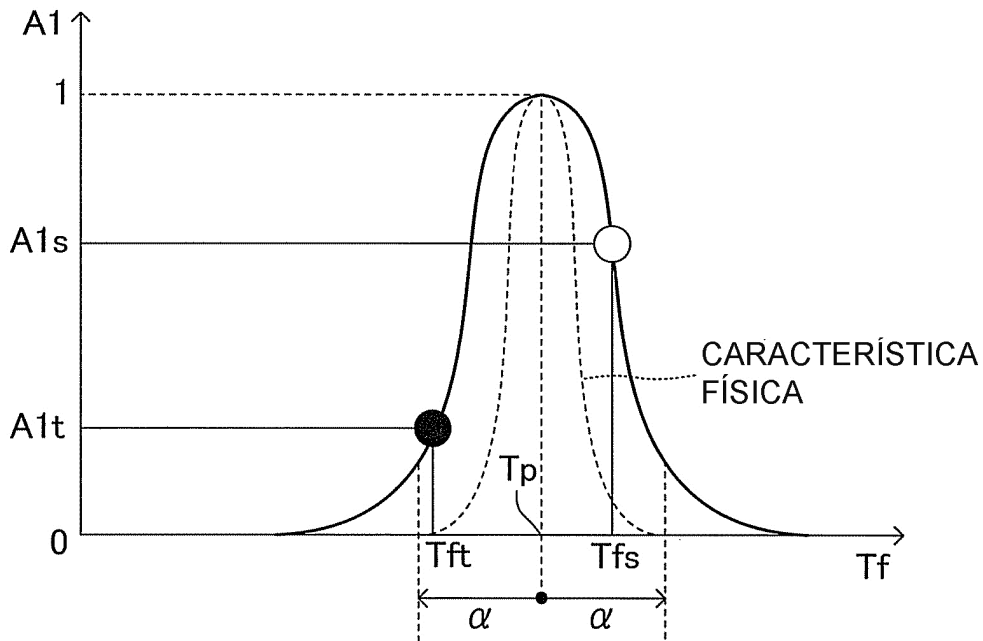


FIG.7

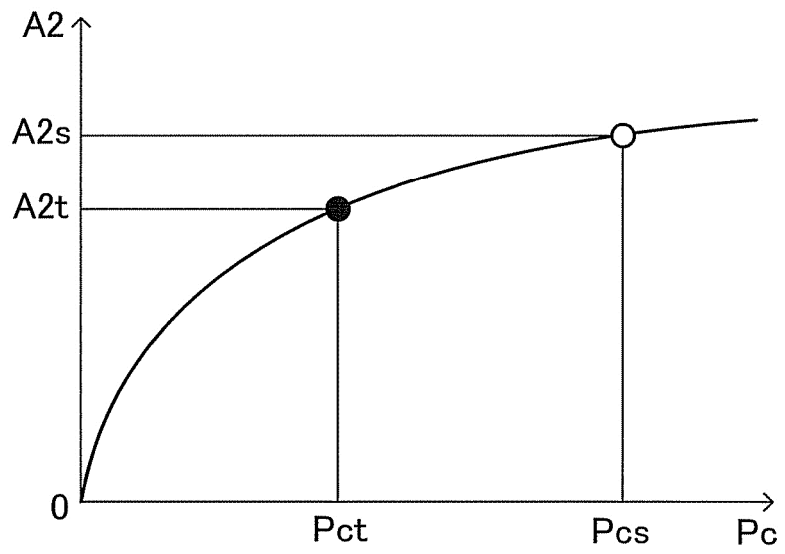


FIG.8

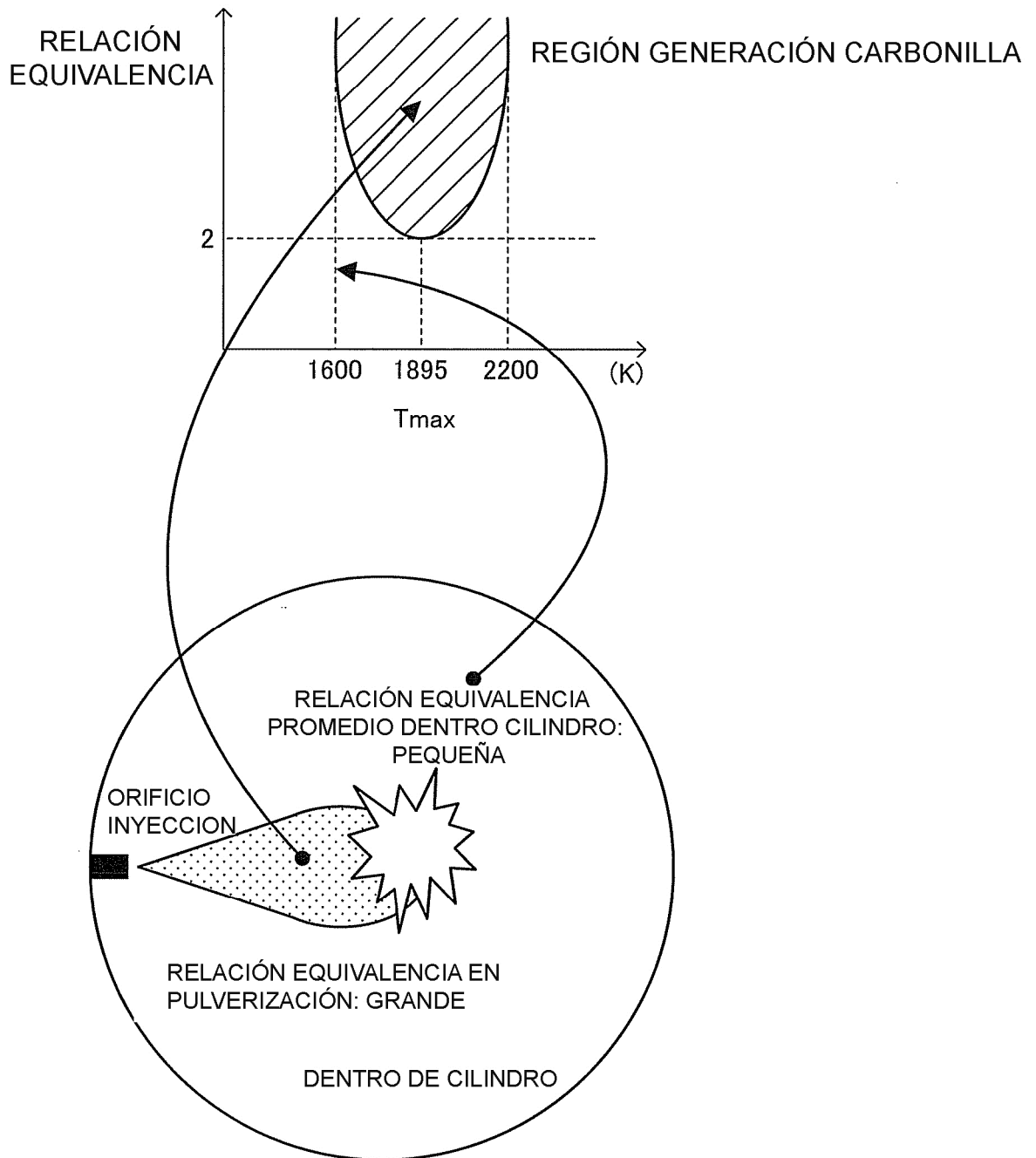
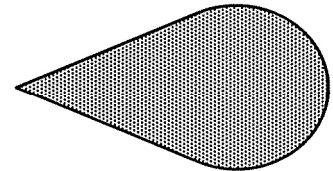
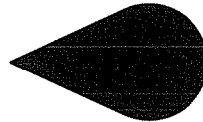


FIG.9

PULVERIZACIÓN COMBUSTIBLE



RETARDO ENCENDIDO

PEQUEÑO

LARGO

RELACIÓN EQUIVALENCIA
PROMEDIO EN
PULVERIZACIÓN Ø

GRANDE

PEQUEÑA

CANTIDAD DESCARGA
CARBONILLA

GRANDE

PEQUEÑA

FIG.10

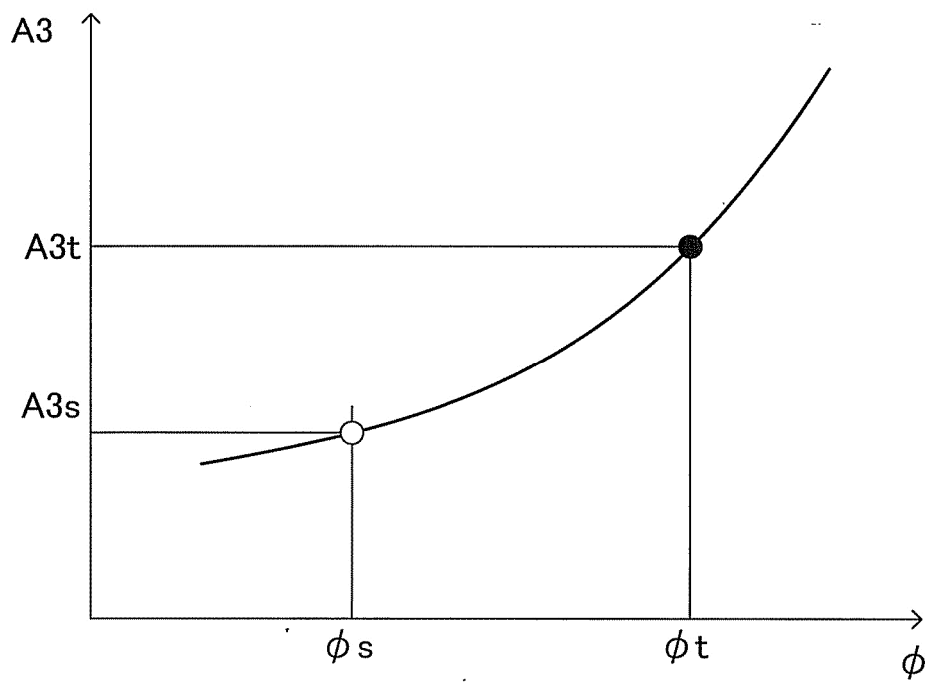


FIG.11

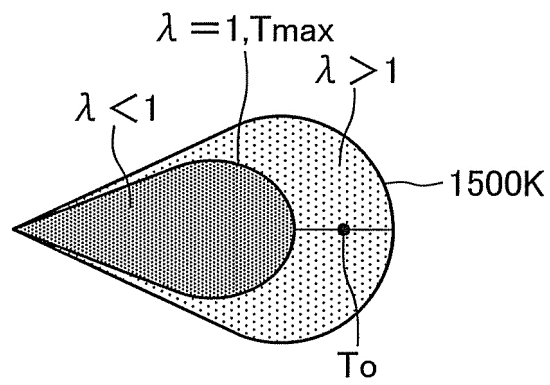


FIG.12

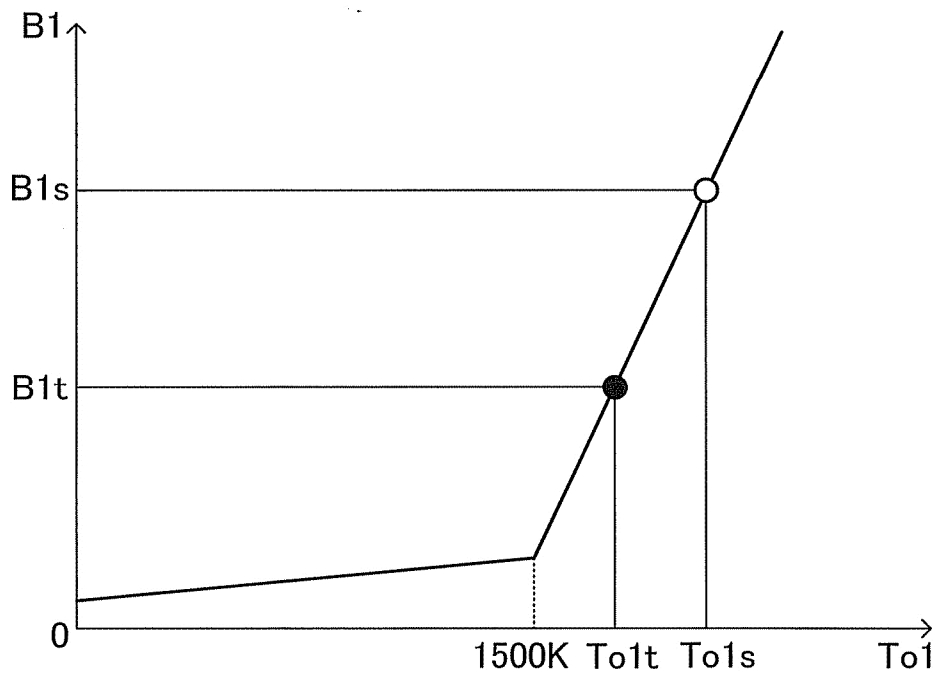


FIG.13

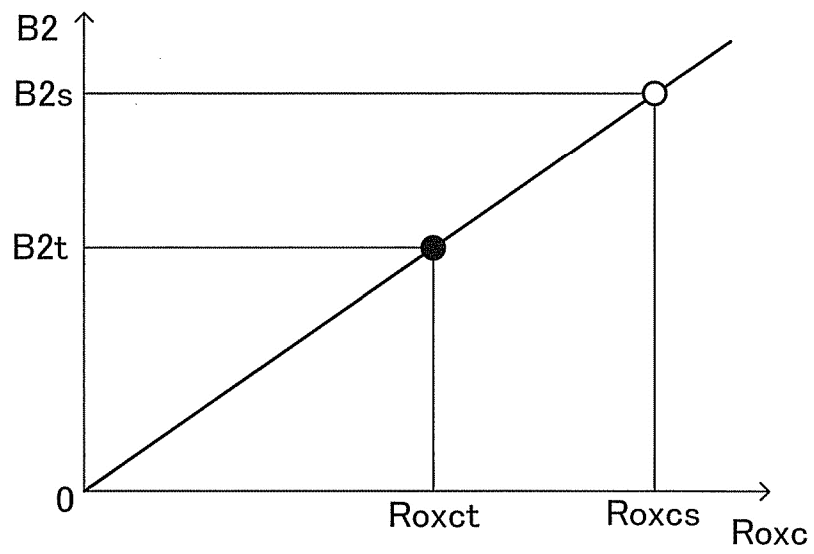


FIG.14

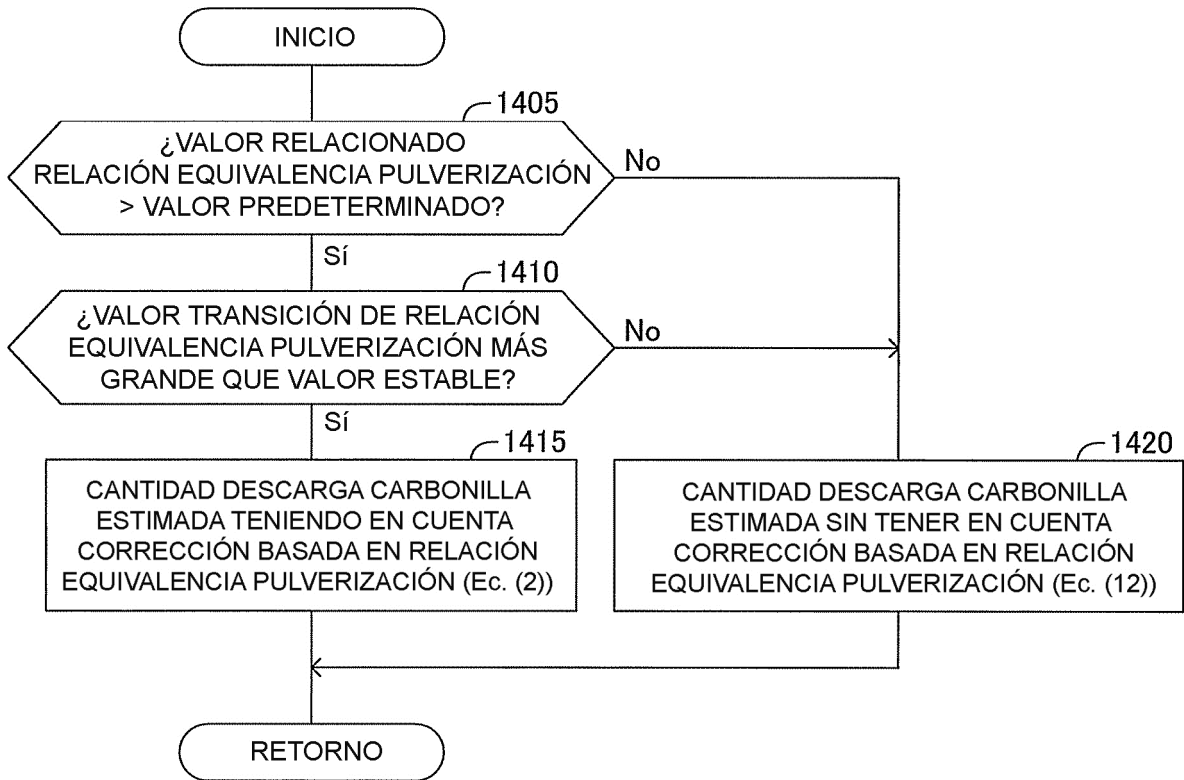


FIG.15

