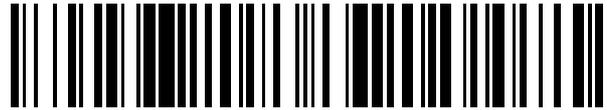


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 632**

51 Int. Cl.:

F02M 31/02 (2006.01)

F02M 31/04 (2006.01)

F02M 13/02 (2006.01)

F02M 13/04 (2006.01)

F02M 25/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2009 E 09722599 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016 EP 2279342**

54 Título: **Método y aparato de combustión**

30 Prioridad:

20.03.2008 EP 08102837

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

01.06.2016

73 Titular/es:

**AQUAFUEL RESEARCH LIMITED (100.0%)
Unit 1020 Heeley Close Kent Science Park
Sittingbourne, Kent ME9 8HL, GB**

72 Inventor/es:

MCNEIL, JOHN

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 572 632 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

Método y aparato de combustión

5 Antecedentes

a. Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un método de combustión del glicerol, en particular la combustión en un motor de combustión interna de encendido por compresión de carga heterogénea.

b. Técnica relacionada

15 El término "motor diesel" se usa en la presente descripción para referirse a un motor de combustión interna de encendido por compresión en el cual la compresión inicia la combustión cuando se inyecta el combustible. Una carga heterogénea de combustible y aire se enciende en una cámara de combustión debido al calor generado en el proceso de compresión rápida. Esto difiere de los motores de ciclo Otto, en donde el combustible y el aire se mezclan juntos antes de que se encienda por una bujía.

20 Un motor diesel difiere de un motor de encendido por compresión de carga homogénea (HCCI), el cual usa encendido por compresión pero con premezcla de combustible y aire para producir una carga homogénea. Cuando la mezcla de combustible/aire se comprime suficientemente esta se enciende espontáneamente. El HCCI es adecuado para un funcionamiento de quema pobre y por lo tanto puede tener una eficiencia mayor que un motor convencional de ciclo Otto, y temperaturas picos más bajas lo cual reduce la formación de NOx. Sin embargo, el HCCI es más difícil de controlar que la combustión en motores convencionales, lo cual puede causar problemas de sincronización. En contraste a un motor diesel, donde el encendido se controla por el tiempo cuando el combustible se inyecta en el aire comprimido, o un motor de ciclo Otto, donde el encendido se controla por tiempo cuando se genera una chispa, con el HCCI no hay un iniciador de la combustión bien definido que pueda controlarse directamente. Además, para lograr la operación dinámica con salida de trabajo variable, el sistema de control debe poder cambiar las condiciones de operación tales como relación de compresión, la temperatura y la presión del gas inducido, y la relación combustible-aire, las cuales pueden añadir complejidad y costo. Para asegurar el encendido y evitar que la pared de los cilindros se humedezca por la condensación de gotas de combustible, el combustible empleado en el HCCI debe tener un punto de ebullición relativamente bajo.

35 La US 5,117,800 describe un método de operación de un motor de encendido de diesel o de chispa el cual incluye enriquecer el suministro de aire de combustión con oxígeno mientras que simultáneamente se ajusta la sincronización del encendido o inyección de combustible del motor para compensar la combustión avanzada provocada por un contenido de oxígeno incrementado en el aire de combustión. Un sobrealimentador se usa como una bomba para separar el aire a través de una membrana que produce oxígeno. El aire enriquecido con oxígeno está en una presión menor, y por lo tanto es más frío que el aire de combustión convencionalmente sobrealimentado, por lo que la necesidad de un refrigerante intermedio se reduce o se elimina.

40 La US 3,794,007 describe el uso de combustible de un suministro de combustible del motor para calentar aire de combustión para un arranque en frío. El aire en una línea de succión o colector de admisión se calienta al quemar el combustible en un calentador de flama de succión de aire durante la operación de arranque del motor bajo carga cuando se usa un combustible pobremente combustionable tal como la gasolina. El motor tiene una relación de compresión relativamente baja. Quemar el combustible de esta manera reduce la eficiencia del combustible, y la reducción en la densidad del aire de admisión disminuye la eficiencia general del motor.

50 La US 4,333,424 describe un motor isotérmico el cual ejecuta un proceso de combustión que requiere un mínimo de dos cilindros. El motor tiene un cilindro de compresión el cual comprime el aire para suministrarlo a través de un intercambiador de calor a un cilindro de expansión. El cilindro de expansión recibe el combustible y el aire comprimidos y, mientras la combustión ocurre durante la carrera de potencia, la presión del aire en el cilindro de expansión se reduce a la atmosférica y el cilindro de expansión acciona un cigüeñal. El proceso es isotérmico, no adiabático, para que la temperatura interna en el cilindro de expansión se mantenga constante o se eleve solamente una pequeña cantidad durante la fase de expansión de la carrera de potencia. Los cilindros adicionales promueven las pérdidas por fricción

60 La calidad de la combustión de un combustible de motor diesel se expresa como un Número de Cetano (CN), el cual se define como el porcentaje por el volumen del cetano normal (n-hexadecano) en una mezcla de cetano normal y 1-metilnaftaleno el cual tiene las mismas características de encendido (retraso de encendido) que el combustible de prueba cuando combustiona en un motor estándar bajo condiciones de prueba específicas. Los combustibles con altos valores de CN tienen bajo retraso de encendido y son adecuados para usar en motores diesel. Los combustibles comerciales para motor diesel típicamente tienen valores de CN en el intervalo de 40-55. Los combustibles con altos valores de CN son típicamente inadecuados para motores de ciclo Otto, donde es deseable la resistencia al autoencendido.

65

La calidad de la combustión de los combustibles de motores de ciclo Otto se expresa como un Número Octano (ON), con combustibles de ON altos siendo los adecuados. Típicamente, los combustibles de CN altos tienen bajos valores de ON y viceversa; por lo tanto poner un combustible de motor diesel en un motor de gasolina (o gasolina en un motor diesel) puede ser una equivocación costosa.

Los combustibles con números de cetano bajos o de cero cetano incluyen hidrocarburos aromáticos tales como tolueno, y alcoholes tales como glicerol. El etanol, por ejemplo, tiene un número de cetano de aproximadamente 8 y el metanol tiene un número de cetano de aproximadamente 3. (M. Murphy, J. Taylor, y R. McCormick. Compendium of Experimental Cetane Numbers Data, National Renewable Energy Laboratory, 2004, NREL/SR-540-36805). El término "material de muy bajo CN" se usa en la presente descripción para referirse a materiales que tienen un número de cetano de entre 0 y 30. En vez del número de cetano se podría utilizar otras características de encendido equivalentes a este. Como materiales de número de cetano bajo entendemos los materiales combustibles que no son capaces de encenderse o mantener una operación estable en modo de ciclo diesel estándar. Los materiales de CN muy bajo no se consideran como adecuados para el uso en motores diesel a menos que se modifiquen mediante la mezcla con un combustible de mayor número de cetano o por la adición de mejoradores del cetano tales como aminas y ésteres de polinitrato. Ver, por ejemplo, la US 4,746,326 y la WO 85/002194. Los mejoradores del cetano son costosos, y los ésteres de polinitrato tienen el inconveniente de que son explosivos.

El glicerol se forma industrialmente en cantidades crecientes como un subproducto en la fabricación de biocombustibles para motores diesel. Sería ventajoso ser capaz de utilizarlo, y otros materiales de muy bajo CN, como un combustible para un motor diesel. Sin embargo, es problemático el uso de alcoholes más pesados como combustibles para motor diesel. Una revisión reciente, por Mario Pagliaro, Rosaria Ciriminna, Horoshi Kimura, Michele Rossi y Cristina Della Pina: From Glycerol to Value-Added Products, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2007, 46, 4434-4440 establece que el glicerol "no puede añadirse directamente al combustible, ya que a altas temperaturas se polimeriza - y de esta manera obstruye el motor - y se oxida parcialmente en acroleína tóxica". En una revisión reciente por Thomas Stenhede: Wartsila Green Solutions - Running Large Engines on Alternative Fuels, presentado en el International Seminar on Gasification, Malmö, Suecia, el 10 de Octubre de 2008, el autor resume el estado de la técnica: "la glicerina tiene muy pobres características de encendido y combustión, [y] no se enciende en un motor diesel." La alta viscosidad del glicerol requiere calentarse a aproximadamente 130 °C para que coincida con la viscosidad para una buena atomización de combustibles para motor diesel convencionales. Sin embargo, esto excluye el uso de cetano o aditivos que modifican el encendido, los cuales típicamente se descomponen o son inestables por debajo de esta temperatura. Por ejemplo, el mejorador de cetano predominante 2-etilhexilo nitrato se descompone a los 120 °C, lo cual excluye combinar las etapas necesarias de ajuste de la viscosidad y modificación del cetano. Por lo tanto, los intentos hasta la fecha para usar glicerol como un combustible de motor diesel han probado ser insatisfactorios.

Resumen de la invención

Los aspectos de la invención se especifican en la reivindicación independiente. Las características preferentes se especifican en las reivindicaciones dependientes.

Se ha encontrado sorprendentemente que los materiales de muy bajo CN pueden combustionarse eficientemente en un motor de encendido por compresión, sin la necesidad de modificación química o el uso de aditivos, al suministrar aire de combustión al motor a una temperatura sustancialmente por encima de la ambiental. La gasolina (nafta) puede combustionarse, e incluso el 1-metilnaftaleno, el cual tiene un número de cetano cero por definición.

La temperatura mínima necesaria para el encendido y la temperatura mínima necesaria para la una operación estable variarán de acuerdo con la naturaleza del material y la construcción del motor. Se aplica un múltiple el cual es dependiente de la eficiencia adiabática, el factor gamma (la relación entre el calor específico del gas a volumen constante y el calor específico a presión constante) y la relación de compresión. La relación de compresión es un factor particularmente importante en cuanto a la eficiencia termodinámica total del motor; sin embargo existen límites prácticos en la relación de compresión máxima que puede emplearse debido a las limitaciones estructurales, embalaje del material y las pérdidas por fricción. Los motores de ciclo diesel cargados sin presión tienden a limitarse a ~ 22:1 y motores cargados con presión ~ 16:1. Los motores de ciclo Otto, debido a la detonación de la carga, normalmente usarán un intervalo de relaciones de compresión mucho más bajas que para los motores de ciclo diesel en el intervalo de ~ 8:1 - 10:1. Relaciones de compresión más altas producirán mayores aumentos de temperatura después de la compresión adiabática del aire de combustión. Sin embargo la temperatura final del gas lograda por el aumento de relación de compresión unitaria es relativamente baja; por ejemplo la relación de compresión de un motor de prueba dado tendría que elevarse de 22:1 a ~ 36:1 para alcanzar la misma temperatura final del gas que la producida al elevar la temperatura de la carga de entrada por ~ 65 °C. Los cálculos sugieren que un aumento de 1 °C en la temperatura de entrada del aire de combustión puede producir aproximadamente un aumento de temperatura de 3 °C o mayor después de la compresión. A diferencia de los sistemas de arranque en frío, el aire de combustión se mantiene a una temperatura elevada y preferentemente se corrige la presión para sustancialmente todo el tiempo en que el motor está funcionando, es decir para sustancialmente todo el intervalo de operación del motor.

A pesar de que el glicerol puede requerir calentarse para lograr una viscosidad apropiada para la inyección en los

cilindros del motor, esto puede hacerse inmediatamente antes de la inyección para que el material no permanezca a una temperatura elevada por mucho tiempo antes de que se queme. Hemos encontrado que usar el método de la presente invención permite la combustión limpia y eficiente del glicerol sin que los productos de la polimerización obstruyan el motor.

5 En la presente invención, el aire de combustión preferentemente se comprime antes de su suministro a los cilindros del motor. Esto aumenta el flujo de masa y mejora la eficiencia. Aumentar el flujo de masa además tiene el efecto de reducir las presiones y temperaturas pico, lo cual tiende a reducir la producción de gases NOx. Por supuesto, el aire de combustión se comprime además en el cilindro, donde tiene lugar la combustión de encendido por compresión.

10 La compresión puede fácilmente proporcionarse por un sobrealimentador propulsado por los gases de escape. El calor residual de los gases de escape, el calor generado por la ineficiencia inherente del turbocompresor o cualquier otro método para calentar el aire o combinación de fuentes de calor pueden usarse para calentar el aire de combustión. Este enfoque, con aire de combustión comprimido calentado, es el opuesto a los sistemas sobrealimentados convencionales, en donde el aire turbopresurizado se enfría, (enfriamiento intermedio o posterior), para aumentar el flujo de masa.

15 En una modalidad, el contenido de oxígeno del aire de combustión puede enriquecerse para ayudar a la combustión. El enriquecimiento del oxígeno puede opcionalmente emplearse en combinación con la compresión del aire de combustión.

20 En términos generales, la invención involucra el calentamiento del aire de combustión hasta una temperatura que permita y/o optimice la combustión de glicerol fuera del balance de propiedades y condiciones de glicerol y la combustión convencionalmente conocida en la técnica. La invención permite la combustión del glicerol en el motor de encendido por compresión, cuyo material hasta ahora no ha sido considerado como un combustible de motor de encendido por compresión.

Resultados experimentales

30 El glicerol y varios materiales comparativos de muy bajo CN se combustionaron en un aparato experimental que comprendía un motor diesel de dos cilindros de inyección directa Lister-Petter y un motor sobrealimentado de 4 cilindros de inyección directa Lister-Petter. Los motores funcionaron a una velocidad y potencia constante (condiciones típicas de generación de potencia). La relación de compresión fue de 22:1 para el motor de aspiración normal y 16:1 para el motor sobrealimentado.

35 La combustión se inició usando gasóleo como combustible, seguido por el cambio al material de prueba una vez que el motor se había calentado. El dimetil éter (DME) se usó inicialmente para introducir el material de prueba solamente para permitir la variación de temperatura del aire de entrada sin calado del motor durante la fase investigativa; el flujo de DME a continuación se interrumpió y el motor funcionó solamente con el material de prueba. El aire de entrada (combustión) se calentó y la temperatura de este aire se varió para determinar el valor mínimo al cual la combustión era estable y se observó el efecto de aumentar el flujo de masa con caídas de temperatura de entrada. Esta prueba se condujo usando el motor de dos cilindros con aspiración normal. La combustión se hace inestable y falla completamente por debajo de los 90 °C. Los resultados para el glicerol (grado puro de pureza 98.0 % obtenido de Sigma Aldrich) se dan en la Tabla 1.

45 En la tabla: Ej. T = temperatura de escape; Th% = regulación del la corredera de combustible (acelerador); KW = potencia de salida eléctrica del generador; NOx = óxidos de nitrógeno (ppm); CO = monóxido de carbono (ppm); O2 en combustión = nivel de oxígeno % volumétrico de los gases de escape; Iny. T = temperatura 'supercaliente' del inyector; T del aire = temperatura del aire del puerto de entrada.

50 Tabla 1

Ej. T	Th%	RPM	KW	NOx	CO	O2 en la combustión	Iny. T	T del aire
	Calentar el gasóleo							
426	26.3	2322	9.08	1383	212		88	
	Parada		Ajustar calentamiento de la entrada					
	Iniciar con DME - Alimentar el Glicerol							
	Calentador del inyector encendido			DME APAGADO				
433	MÁX.	2340	7.00	918	781	9.3	148	236
435	MÁX.	2380	7.23	883	722	9.6	147	184

ES 2 572 632 T3

Ej. T	Th%	RPM	KW	NOx	CO	O2 en la combustión	Iny. T	T del aire
420	MÁX.	2374	7.15	750	744	9.8	144	172
414	MÁX.	2343	7.34	687	925	10.0	145	142
407	MÁX.	2410	7.65	606	1193	10.4	144	101
406	MÁX.	2344	7.62	515	1999	10.6	142	91

Experimentos similares se llevaron a cabo para varios otros materiales de muy bajo CN usando el mismo equipo, los resultados de la temperatura crítica de encendido se resumen en la Tabla 2.

5

Tabla 2

Material de prueba	Temperatura crítica/°C
glicerol	90
metanol	115
etanol	150
butanol	115
gasolina (nafta) octano 98, sin plomo	100
tolueno	178
1-metilnaftaleno	185

10

Los valores de temperatura crítica dados en la Tabla 2 son las temperaturas aproximadas del aire de combustión por debajo de las cuales la combustión cesa en el motor experimental. En el caso del 1-metilnaftaleno, la temperatura crítica del aire de entrada puede ser un poco menor que la de 185 °C fijada. El motor funciona de manera estable a esta temperatura pero empieza a funcionar mal (fallo de encendido) a menores temperaturas

15

Hay que enfatizar que las temperaturas críticas fijadas son para la temperatura del aire de combustión inmediatamente antes de su entrada a los cilindros del motor. La temperatura real del aire de combustión después de la compresión en el cilindro, y antes del encendido, será considerablemente alta.

20

La Tabla 3 ofrece los resultados para la combustión del glicerol (98.0 % de pureza) cuando se compara con el gasóleo de acuerdo con las modalidades de la invención. Estos experimentos se llevaron a cabo a velocidades de motor y potencias de salida emparejadas usando el motor sobrealimentado de 4 cilindros. La temperatura de entrada se optimizó a alrededor de 144 C para este tipo de motor que quema glicerol. La corrección del flujo de masa de aire se hizo al ajustar la presión suministrada al colector de entrada de tal manera que el nivel volumétrico de oxígeno en el gas de escape fue igual en ambas evaluaciones. También se observa que el nivel de NOx cuando el motor está funcionando con glicerol fue sustancialmente menor que con el gasóleo bajo una combustión normal debido a que la temperatura de combustión pico era menor. Se puede observar que con el aire de entrada del puerto a alrededor de 144 °C y a niveles de oxígeno del gas de combustión volumétrico emparejados, la combustión del glicerol de acuerdo con las modalidades de esta invención es más eficiente que la combustión del gasóleo con la especificación para este tipo de motor. La eficiencia se calculó usando muestras de masas cronometradas y calculando la conversión de energía por medio del valor calorífico neto de cada combustible.

30

Tabla 3

Ej. T	Th%	RPM	KW	NOx ppm	CO ppm	O2 en la Combustión	T del aire
	Cambiar a Glicerol						
291	máx.	2317	15.88	311	565	12.82	134.3
296	máx.	2320	15.91	352	421	12.65	139.6
298	máx.	2317	15.91	373	404	12.57	143.6
299	máx.	2325	15.91	383	393	12.53	143.1
299	máx.	2319	15.86	388	391	12.55	143.2

ES 2 572 632 T3

Ej. T	Th%	RPM	KW	NOx ppm	CO ppm	O2 en la Combustión	T del aire
300	máx.	2328	15.82	392	389	12.55	144.2
300	máx.	2324	15.91	398	389	12.53	144.2
						Ef. = 29.37 %	
	Cambiar a Gasóleo						
341	26.7	2355	16.22	600	201	12.48	70.4
342	26.4	2357	16.16	592	205	12.51	69.9
341	26.4	2339	16.01	594	203	12.51	70.4
340	26.4	2352	16.08	588	200	12.55	70.5
339	28.7	2368	16.05	581	202	12.61	71.7
						Ef. = 28.67 %	

5

La Tabla 4 ofrece los resultados de la combustión para el destilado de neumáticos usados (UTD), otro material de bajo CN. Los símbolos son como para la Tabla 1. Aceleración Barg = presión del colector de entrada medida en Bar manométrico. Se observa que la desconexión de los calentadores del aire de entrada cuando el motor está funcionando con UTD resulta en el calado del motor. Bajo las condiciones de acuerdo con una modalidad de la invención, el nivel de CO en el escape cae bruscamente y la combustión se realiza sin problemas. El encendido falló a una temperatura de aire de aproximadamente 86 °C, en cuyo punto las emisiones fueron extremadamente altas. La mejor temperatura para emisiones reducidas fue de aproximadamente 145 °C.

10

Tabla 4

Ej. T	Th%	RPM	KW	NOx	CO	FT	O2 en la combustión	Iny. T	Aceleración Barg	
	Calentar el gasóleo									
256	20.3	2327	12.62	387	159	24.6	15.11	83.1	1.61	
259	20.4	2318	12.61	390	158	25.7	15.04	84.7	1.61	
261	20.4	2306	12.32	396	168	29.5	15.09	86.8	1.57	
	Calentador de entrada encendido									
320	21.5	2338	12.78	666	183	31.1	13.45	138.8	1.47	
	Cambiar a UTD									
327	18.9	2325	12.53	1006	246	29.4	13.49	141.1	1.43	
	Apagar calentador de entrada							142.1		
				895	255			138.2		
				783	327			121.7		
				722	414			108.6		
			12.18	701	516			101.6		
			12.01	663	662			95.3		
			12.15	659	745			92.1		
			Calado							
	Calentadores de entrada encendido / apagado/ encendido - varias pruebas para el punto de calado alrededor de los 86 °C									
Calentadores		Regulación normal de la válvula de				Combustible = 10.35 kg				

ES 2 572 632 T3

Ej. T	Th%	RPM	KW	NOx	CO	FT	O2 en la combustión	Iny. T	Aceleración Barg
encendido		descarga							
320	20.3	2349	13.26	1001	238	33.1	13.08	145	1.46
341	20.4	2323	13.04	1038	245	33.3	12.94	151	1.45
340	20.4	2314	12.94	993	235	34.3	13.27	143	1.48
339	20.4	2310	12.82	956	253	34.9	13.31	142	1.47
336	20.4	2323	12.89	957	254	35.5	13.42	141	1.49
						Combustible = 8.082 kg			

El uso de aire de combustión a alta temperatura, opcionalmente con presurización y/o presión parcial aumentada de oxígeno ayuda a asegurar la combustión completa.

5 La invención es adecuada para la aplicación en motores de combustión interna tales como motores generadores de potencia, motores para el transporte marino, motores de aviones y motores de automóviles, turbinas de gas, motores de combustión externa y o calderas de horno. Se prevé que la invención puede ser de particular aplicación en un motor de combustible dual, en el cual la combustión puede iniciarse usando un combustible de motor diesel convencional, hasta que el motor y el aire de la combustión se hayan calentado suficientemente, después de lo cual el suministro de combustible puede cambiarse a glicerol. La invención también es particularmente adecuada para sistemas de generación de potencia accionados por motores y sistemas de potencia y calor combinados accionados por motor cuando la mayoría de la energía usada para aumentar la temperatura de carga de admisión se recicla al sistema de recuperación de calor mediante el escape del motor. La invención proporciona beneficios sobre la tecnología convencional CHP. El uso de glicerol con el mejorador de cetano para permitir el encendido por ejemplo produciría una temperatura de escape muy baja que limita la cantidad de calor recuperable y reduce la eficiencia CHP. Al añadir calor a la entrada el material puede combustionarse eficientemente mientras que mantiene una alta eficiencia CHP.

Para ayudar al calentamiento del motor, los gases calientes de escape pueden recircularse al colector de aire de combustión. Tal recirculación de los gases de escape (EGR) se conoce por sí mismo para reducir el contenido de oxígeno de aire de combustión y reducir las emisiones de NOx. Sin embargo, el propósito primario de hacer esto en la presente invención es calentar la carga de admisión del motor.

El operador del motor puede manualmente ajustar las condiciones del proceso para optimizar estas por un combustible particular que se combustiona. Sin embargo, en una modalidad preferida, el sistema del motor reconocerá el tipo de combustible que se usa, y automáticamente ajusta las condiciones de combustión para ese tipo de combustible.

Aunque la temperatura mínima preferida para el aire de combustión diferirá para diferentes tipos de motores y relación de compresión, se prevé que este mínimo no será menos de 60 °C. Los límites de temperatura superiores son más teóricos que prácticos, con temperaturas más altas que son más costosas de lograr y mantener. Los componentes tales como las válvulas de escape y turbo entradas pueden clasificarse solamente a una temperatura específica, y mantener las temperaturas dentro del intervalo de operación para esos componentes impondrá un límite práctico superior. Sin embargo, el calor latente inherente de la vaporización del glicerol naturalmente reduce la temperatura pico de combustión y permite una operación de potencia máxima nominal dentro de los intervalos específicos para estos componentes. (Ver las temperaturas de escape de la combustión del glicerol). Sin desear limitar el alcance de la invención, se espera que un límite superior de 250 °C deberá ser suficiente para propósitos prácticos.

Los artículos 'un' y 'una' se usan en la presente descripción con el significado de 'al menos uno' a menos que el contexto requiera otra cosa.

Se aprecia que ciertas características de la invención, las cuales, por claridad, se describen en el contexto de modalidades separadas, pueden además proporcionarse en combinación en una sola modalidad. De forma inversa, varias características de la invención las cuales, por brevedad, se describen en el contexto de una sola modalidad, pueden además proporcionarse separadamente, o en cualquier combinación adecuada.

Aunque la invención, por propósitos de ilustración, se ha descrito con referencia a ejemplos específicos, se debe entender que la invención no se limita a esos ejemplos. Se exponen en las reivindicaciones varias alteraciones, modificaciones, y/o adiciones pueden introducirse en las construcciones y arreglos descritos anteriormente sin apartarse del ámbito de la presente invención.

50

Reivindicaciones

- 5 1. Un método de encender y combustionar el glicerol en un cilindro de combustión de un motor de encendido por compresión de carga heterogénea, el método comprende suministrar al puerto de entrada del cilindro aire de combustión a una temperatura de al menos 60 °C por sustancialmente todo el tiempo que el motor está funcionando, e inyectar dicho glicerol en el cilindro de combustión después que la compresión del aire de combustión ha calentado el aire de combustión hasta una temperatura en la cual el glicerol se enciende.
- 10 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el aire de combustión se suministra al puerto de entrada del cilindro a una temperatura en el intervalo 90-250 °C.
- 15 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el aire de combustión se suministra al puerto de entrada del cilindro a una presión tal que el flujo de masa que entra en el cilindro mediante el puerto de entrada se corrige para sustancialmente igualar aquella que entraría en el cilindro en condiciones de funcionamiento estándares.
- 20 4. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que además comprende calentar el glicerol antes de inyectarlo en la cámara de combustión.
- 25 5. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde al menos algo del aire de combustión se calienta usando el calor residual del motor.
6. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el aire de combustión se presuriza por medio de un sobrealimentador accionado por el flujo del gas de escape del motor.
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde al menos parte del aire de combustión se calienta por la ineficiencia inherente del sobrealimentador accionado por el flujo del gas de escape del motor.
- 30 8. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el aire de combustión tiene un contenido de oxígeno enriquecido.
- 35 9. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el glicerol se calienta y se inyecta en el cilindro a una temperatura en el intervalo de 60-160 °C.
10. Un método de generar potencia y calor combinados (CHP), que incluye encender y combustionar el glicerol usando un método como se especifica en cualquier reivindicación precedente y usar calor reciclado del aire de entrada para mantener o aumentar la energía del calor residual del gas de escape que se puede usar para la recuperación.