



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0908732-0 B1



(22) Data do Depósito: 19/03/2009

(45) Data de Concessão: 19/01/2021

(54) Título: MÉTODOS PARA IGNIÇÃO E COMBUSTÃO DE GLICEROL, E PARA GERAR CALOR E ENERGIA COMBINADOS

(51) Int.Cl.: F02M 31/02; F02M 31/04; F02M 13/02; F02M 13/04; F02M 25/10.

(30) Prioridade Unionista: 20/03/2008 EP 08102837.5.

(73) Titular(es): AQUAFUEL RESEARCH LIMITED.

(72) Inventor(es): JOHN MCNEIL.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009053274 de 19/03/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/115589 de 24/09/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 17/09/2010

(57) Resumo: MÉTODOS PARA IGNIÇÃO E COMBUSTÃO DE PELO MENOS UM MATERIAL COM NÚMERO DE CETANO MUITO BAIXO E DE, GLICEROL, E PARA GERAR CALOR E ENERGIA COMBINADOS, E, APARELHO PARA A COMBUSTÃO DE COMBUSTÍVEIS Um método de promover a combustão de um material com número de cetano muito baixo compreende injetar o dito material dentro de um cilindro de combustão de um motor de ignição por compressão de carga heterogênea e fornecer ao orifício de entrada do cilindro que abastece a câmara de combustão a ar ou fluido de trabalho a uma temperatura substancialmente acima da ambiente para substancialmente todo tempo que o motor está funcionando. Outros aspectos da invenção fornecem um motor de ignição por compressão para o uso no método, e método de usar o motor para promover a combustão de combustíveis.

“MÉTODOS PARA IGNIÇÃO E COMBUSTÃO DE GLICEROL, E PARA GERAR CALOR E ENERGIA COMBINADOS”

FUNDAMENTOS

a. Campo da Invenção

[001] A presente invenção diz respeito a um método de combustão de glicerol, notavelmente combustão em um motor de combustão interna de ignição por compressão de carga heterogênea.

b. Técnica Relacionada

[002] O termo “motor a diesel” é aqui usado para se referir a um motor de combustão interna de ignição por compressão em que a compressão inicia a combustão quando o combustível é injetado. Uma carga heterogênea de combustível e ar se inflama em uma câmara de combustão por causa do calor gerado no processo de compressão rápida. Isto difere dos motores de ciclo de Otto, em que o combustível e o ar são misturados entre si antes de serem inflamados por uma vela de ignição.

[003] Um motor a diesel difere de um motor de ignição por compressão de Carga Homogênea (HCCI), que usa ignição por compressão mas com pré-mistura de combustível e ar para produzir uma carga homogênea. Quando a mistura de combustível/ar é comprimida suficientemente a mesma se inflama espontaneamente. O HCCI é adequado para operação de queima pobre e conseqüentemente pode ter eficiência mais alta do que um motor de ciclo de Otto convencional, e temperaturas de pico mais baixo que reduzem a formação de NOx. Entretanto, HCCI é mais difícil de controlar do que a combustão em motores convencionais, que pode causar problemas de determinação de tempo. Ao contrário de um motor a diesel, onde a ignição é controlada pelo tempo quando o combustível é injetado no ar comprimido, ou um motor de ciclo de Otto, onde a ignição é controlada pelo tempo quando uma centelha é gerada, com HCCI não há iniciador de combustão bem definido que pode ser diretamente controlado. Além disso,

para se obter operação dinâmica com rendimento de trabalho variável, o sistema de controle deve ser capaz de mudar as condições de operação tal como razão de compressão, temperatura e pressão do gás induzido, e razão de combustível-ar, que pode adicionar complexidade e custo. Para garantir a ignição e evitar umectação da parede do cilindro pela condensação das gotículas de combustível o combustível utilizado em HCCI deve ter um ponto de ebulição relativamente baixo.

[004] A US 5.117.800 descreve um método de operar um motor a diesel ou de ignição de centelha que inclui enriquecer o fornecimento de ar de combustão com oxigênio enquanto que simultaneamente ajusta-se a injeção de combustível ou o controle do tempo de ignição do motor para compensar quanto à combustão avançada causada por um teor de oxigênio aumentado no ar de combustão. Um turbo-compressor é usado como uma bomba para separar ar através de uma membrana que produz oxigênio. O ar enriquecido com oxigênio está em uma pressão mais baixa, e conseqüentemente é mais frio, do que o ar de combustão convencionalmente submetido ao turbo-compressor, assim a necessidade quanto a um resfriador intermediário é reduzida ou eliminada.

[005] A US 3.794.007 descreve o uso de combustível de um fornecimento de combustível do motor para aquecer o ar de combustão para uma partida a frio. O ar em uma linha de sucção ou coletor de admissão é aquecido pela queima de combustível em um aquecedor de ar de sucção de chama durante a operação de partida do motor sob carga quando um combustível deficientemente inflamável tal como gasolina é usado. O motor tem uma razão de compressão relativamente baixa. A queima de combustível desta maneira reduz a eficiência do combustível, e a redução na densidade do ar de admissão diminui a eficiência global do motor.

[006] A US 4.333.424 divulga um motor isotérmico que funciona com um processo de combustão que requer um mínimo de dois cilindros. O

motor tem um cilindro de compressão que comprime ar para liberar por intermédio de um trocador de calor para um cilindro de expansão. O cilindro de expansão recebe o ar comprimido e o combustível e, enquanto a combustão ocorre durante um curso de expansão, a pressão de ar no cilindro de expansão é reduzida para a atmosférica e o cilindro de expansão aciona um virabrequim. O processo é isotérmico, não adiabático, de modo que a temperatura interna no cilindro de expansão seja mantida constante ou se eleve apenas uma pequena quantidade durante a fase de expansão do curso de expansão. Os cilindros extras promovem perdas por atrito.

[007] A qualidade da combustão de um combustível de motor a diesel é expressa como um número de cetano (CN), que é definido como a porcentagem pelo volume de cetano normal (n-hexadecano) em uma mistura de cetano normal e 1-metil naftaleno que tem as mesmas características de ignição (retardo de ignição) como o combustível de teste quando comburido e um motor padrão sob condições de teste especificadas. Os combustíveis com altos valores de CN têm retardo de ignição baixo e são adequados para o uso em motores a diesel. Os combustíveis de motor a diesel comerciais tipicamente têm valores de CN na faixa de 40 a 55. Combustíveis com valores de CN altos são tipicamente inadequados para os motores de ciclo de Otto, onde a resistência à autoignição é desejável.

[008] A qualidade da combustão dos combustíveis de motor de ciclo de Otto é expressa como um Número de Octana (ON), com combustíveis de ON alto sendo adequados. Tipicamente, os combustíveis com CN alto têm valores de ON baixos e viceversa; conseqüentemente colocar combustível de motor a diesel em um motor a gasolina (ou gasolina em um motor a diesel) pode ser um erro caro.

[009] Os combustíveis com números de cetano baixos ou zero incluem os hidrocarbonetos aromáticos tais como tolueno, e álcoois tais como glicerol. Etanol, por exemplo, tem um número de cetano de cerca de 8 e o

metanol tem um número de cetano de cerca de 3. (M. Murphy, J. Taylor, e R. McCormick. Compendium of Experimental Cetane Numbers Data, National Renewable Energy Laboratory, 2004, NREL/SR-540-36805). O termo “material de CN muito baixo” é aqui usado para se referir a materiais tendo um número de cetano entre 0 e 30. Ao invés do número de cetano poderiam ser usadas outras características de ignição equivalentes a esta. Sob materiais de número de cetano baixo nós entendemos materiais combustíveis que são incapazes de inflamar ou manter uma operação estável sob o modo de ciclo de Diesel padrão. Os materiais de CN muito baixo não são considerados como adequados para o uso em motores a diesel a menos que modificados pela mistura com um combustível de número de cetano mais alto ou pela adição de melhoradores de cetano tais como ésteres de polinitrato e aminas. Ver, por exemplo, a US 4.746.326 e WO 85/002194. Os melhoradores de cetano são caros, e os éteres de polinitrato têm a desvantagem de serem explosivos.

[0010] Glicerol é formado industrialmente em quantidades crescentes como um subproduto na fabricação de biocombustíveis para motores a diesel. Seria vantajoso ser capaz de usá-lo, e outros materiais com CN muito baixo, como um combustível para um motor a diesel. Entretanto, o uso de álcoois mais pesados como combustíveis de motor a diesel é problemático. Uma revisão recente, por Mario Pagliaro, Rosaria Ciriminna, Horoshi Kimura, Michele Rossi e Cristina Della Pina: From Glycerol to Value-Added Products, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2007, 46, 4434-4440 estabelece que o glicerol “não pode ser adicionado diretamente ao combustível porque em altas temperaturas o mesmo polimeriza – e deste modo entope o motor – e o mesmo é parcialmente oxidado para acroleína tóxica”. Em uma revisão recente por Thomas Stenhede: Wartsila Green Solutions – Running Large Motors on Alternative Fuels, apresentado no International Seminar on Gasification, Malmo, Suécia, 10 de outubro de 2008, o autor resume o estado da técnica: “a glicerina tem características de ignição e combustão muito

pobres, e não inflamam em um motor a diesel.” A alta viscosidade do glicerol requer aquecimento até cerca de 130° C para se igualar com a viscosidade para boa atomização de combustíveis de motor a diesel convencional. Entretanto, isto impede o uso de aditivos modificadores de cetano ou ignição, que tipicamente decompõem ou são instáveis abaixo desta temperatura. Por exemplo, o melhorador de cetano predominante, o nitrato 2-etil-hexila se decompõem a 120° C, o que impede combinar as etapas necessárias de ajuste de viscosidade e modificação de cetano. Assim, tentativas até agora para usar glicerol como um combustível de motor a diesel têm se mostrado insatisfatório.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0011] Os aspectos da invenção são especificados nas reivindicações independentes. As características preferidas são especificadas nas reivindicações dependentes.

[0012] Nós surpreendentemente descobrimos que materiais de CM muito baixo podem ser eficazmente comburidos em um motor de ignição por compressão, sem a necessidade quanto à modificação química ou o uso de aditivos, pelo fornecimento do ar de combustão ao motor a uma temperatura substancialmente acima da ambiente. A gasolina pode ser comburida, e ainda 1-metilnaftaleno, que tem um número de cetano zero por definição.

[0013] A temperatura mínima necessária para a ignição e a temperatura mínima necessária para a operação estável variará de acordo com a natureza do material e a construção do motor. Um múltiplo se aplica que é dependente da eficiência adiabática, o fator gama (a razão entre o calor específico do gás no volume constante e o calor específico na pressão constante) e a razão de compressão. A razão de compressão é um fator particularmente importante com respeito à eficiência termodinâmica global do motor; entretanto limites práticos existem para a razão de compressão máxima que pode ser utilizada devido às restrições estruturais, empacotamento de

material e perdas por atrito. Os motores do ciclo do diesel não carregados com pressão tendem a serem limitados em $\sim 22:1$ e os motores carregados com pressão $\sim 16:1$. Os motores do ciclo de Otto, devido à detonação de carga, normalmente usarão uma faixa de razões de compressão muito mais baixas do que para os motores do ciclo do diesel na faixa de $\sim 8:1$ a $10:1$. Razões de compressão mais altas produzirão aumentos de temperatura mais altos depois da compressão adiabática do ar de combustão. Entretanto a temperatura do gás final obtida por aumento unitário da razão de compressão é relativamente baixo; por exemplo, a razão de compressão de um dado motor de teste teria que ser elevada de $22:1$ para $\sim 36:1$ para atingir a mesma temperatura de gás final como produzido pela elevação da temperatura da carga de entrada em $\sim 65^\circ \text{C}$. Os cálculos sugerem que um aumento de 1°C na temperatura de entrada do ar de combustão pode produzir um aumento de temperatura de cerca de 3°C ou mais alto depois da compressão. Diferente dos sistemas de partida a frio, o ar de combustão é mantido em uma temperatura elevada e preferivelmente corrigido em pressão substancialmente durante o tempo todo em que o motor está funcionando, isto é substancialmente durante toda a faixa de operação do motor.

[0014] Embora glicerol pode requerir ser aquecido de modo a se obter uma viscosidade apropriada para a injeção nos cilindros do motor, isto pode ser feito imediatamente antes da injeção de modo que o material não permaneça em uma temperatura elevada por muito tempo antes de ser comburido. Nós verificamos que o uso do método da presente invenção possibilita combustão de glicerol limpa e eficiente sem que os produtos da polimerização entupam o motor.

[0015] Na presente invenção, o ar de combustão é preferivelmente comprimido antes do seu fornecimento para os cilindros do motor. Isto aumenta o fluxo de massa e melhora a eficiência. Aumentar o fluxo de massa também tem o efeito de reduzir as temperaturas e pressões de pico, o que

tende a reduzir a produção de gases de NOx. Naturalmente, o ar de combustão é comprimido mais ainda no cilindro, onde a combustão de ignição por compressão ocorre.

[0016] A compressão pode ser facilmente fornecida por um turbo-compressor movimentado pelos gases de exaustão. O calor residual do gás de exaustão, o calor gerado pela ineficiência inerente do turbo compressor ou qualquer outro método de aquecer o ar ou combinação de fontes de calor podem ser usados para aquecer o ar de combustão. Este método, com ar de combustão comprimido aquecido, é o oposto aos sistemas de turbo-compressor convencionais, em que o ar turbo-pressurizado é esfriado, (inter-/pós-esfriado), para aumentar o fluxo de massa.

[0017] Em uma forma de realização, o teor de oxigênio do ar de combustão pode ser enriquecido para auxiliar na combustão. O enriquecimento do oxigênio pode ser opcionalmente utilizado em combinação com compressão do ar de combustão.

[0018] Em termos amplos, a invenção envolve aquecer o ar de combustão a uma temperatura que possibilite e/ou otimize a combustão de glicerol fora do equilíbrio de propriedades e condições de glicerol e combustão convencionalmente conhecidas na técnica. A invenção possibilita a combustão de glicerol em motores de ignição por compressão, material este que até agora não foi considerado como um combustível de motor de ignição por compressão.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

[0019] Glicerol e vários materiais de CM muito baixo foram comburidos em um aparelho experimental que compreende um motor a diesel de dois cilindros de injeção direta de Lister-Petter e um motor de turbo-compressor de injeção direta de 4 cilindros de Lister-Petter. Os motores foram conduzidos em potência e velocidade constantes (condições de geração de potência típicas). A razão de compressão foi de 22:1 para o motor

normalmente aspirado e 16:1 para o motor de turbo-compressor.

[0020] A combustão foi iniciada usando gasóleo como um combustível, seguido pela comutação para o material de teste uma vez que o motor aqueceu. Éter dimetílico (DME) foi usado inicialmente para introduzir o material de teste unicamente para permitir variação de temperatura do ar de entrada sem afogamento do motor durante a fase investigativa; O fluxo de DME foi depois descontinuado e o motor foi conduzido unicamente no material de teste. O ar de entrada (combustão) foi aquecido e a temperatura deste ar foi variada para determinar o valor mínimo no qual a combustão foi estável e o efeito de aumentar o fluxo de massa com queda da temperatura de entrada observável. Este teste foi conduzido usando o motor de dois cilindros normalmente aspirado. A combustão tornou-se instável e falhou completamente abaixo de 90° C. Os resultados para glicerol (98,0 % de pureza em grau *purum* obtido da Sigma Aldrich) são dados na Tabela 1.

[0021] Na tabela: Ex. T = temperatura de exaustão; Th% = ajuste da cremalheira de combustível (afogador); KW = potência de saída elétrica gerada; NOx = óxidos de nitrogênio (ppm); CO = monóxido de carbono (ppm); O₂ *in flue* = nível da % de oxigênio volumétrico no gás de exaustão; Inj. T = temperatura de ‘superaquecimento’ do injetor; Ar T = temperatura do ar no orifício de entrada.

Ex. T	Th %	RPM	KW	NOx	CO	O ₂ residual	Inj. T	Ar T
	Aquecimento no gasóleo							
426	26,3	2322	9,08	1383	212		88	
	Parada		Aquecimento de entrada ajustado					
	Início em DME — Alimentado em Glicerol							
	Aquecedor do Injetor Ligado			DME Desligado				
433	MAX	2340	7,00	918	781	9,3	148	236
435	MAX	2380	7,23	883	722	9,6	147	184
420	MAX	2374	7,15	750	744	9,8	144	172
414	MAX	2343	7,34	687	925	10,0	145	142
407	MAX	2410	7,65	606	1193	10,4	144	101
406	MAX	2344	7,62	515	1999	10,6	142	91

Tabela 1

[0022] Experimentos similares foram realizados para vários outros materiais de CM muito baixo usando o mesmo equipamento, os resultados da temperatura de ignição crítica para os quais são resumidos na Tabela 2.

Material de Teste	Temperatura Crítica/°C
glicerol	90
metanol	115
etanol	150
butanol	115
gasolina 98 octanas, sem chumbo	100
tolueno	178
1-metilnaftaleno	185

Tabela 2

[0023] Os valores de temperatura crítica dados na Tabela 2 são as temperaturas do ar de combustão aproximado abaixo da qual a combustão cessa no motor experimental. No caso de 1-metilnaftaleno, a temperatura crítica do ar de entrada pode ser um pouco mais baixa do que os 185° C quotados. O motor funciona estavelmente nesta temperatura mas começa a funcionar muito mal (falha na ignição) em temperaturas mais baixas.

[0024] Deve ser enfatizado que as temperaturas críticas quotadas são para a temperatura do ar de combustão imediatamente antes da sua entrada nos cilindros do motor. A temperatura real do ar de combustão depois da compressão no cilindro, e antes da ignição, será consideravelmente mais alta.

[0025] A Tabela 3 dá resultados para a combustão de glicerol (98,0 % de pureza) quando comparado ao gasóleo de acordo com as formas de realização da invenção. Estes experimentos foram conduzidos em velocidades de motor idênticas e potências de saída usando o motor de turbo-compressor de 4 cilindros. A temperatura de entrada foi otimizada em torno dos 144° C para este tipo de motor queimando glicerol. A correção do fluxo de massa de ar foi feita ajustando-se a pressão liberada para o coletor de admissão em um tal modo que o nível volumétrico de oxigênio no gás de exaustão fosse igual em ambas as avaliações. Também é observado que o nível de NOx quando o motor está funcionando em glicerol foi substancialmente mais baixo do que

aquele no gásóleo sob combustão normal devido à temperatura de combustão de pico mais baixo. Pode ser observado que com o ar de entrada pelo orifício em torno dos 144° C e nos níveis de oxigênio do gás de combustão volumétrico igualado a combustão de glicerol de acordo com as formas de realização desta invenção é mais eficiente do que a combustão de gásóleo na especificação para este tipo de motor. A eficiência foi calculada usando amostras de massa com tempo determinado e calculando a conversão de energia por meio do valor calorífico líquido de cada combustível.

Ex. T	Th%	RPM	KW	NOx ppm	CO ppm	O ₂ in Flue	Ar T
Comutação para Glicerol							
291	max	2317	15,88	311	565	12,82	134,3
296	max	2320	15,91	352	421	12,65	139,6
298	max	2317	15,91	373	404	12,57	143,6
299	max	2325	15,91	383	393	12,53	143,1
299	max	2319	15,86	388	391	12,55	143,2
300	max	2328	15,82	392	389	12,55	144,2
300	max	2324	15,91	398	389	12,53	144,2
						Eff. = 29,37 %	
Comutação para 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
						Eff. = 28,67 %	

Tabela 3

[0026] A Tabela 4 dá resultados de combustão para destilado de pneu usado (UTD), um outro material de CN baixo. Os símbolos são como para a Tabela 1. *Boost Barg* = pressão do coletor de admissão medido em Bar manométrico. É observado que o desligamento dos aquecedores do ar de entrada quando o motor está funcionando em UTD resulta no afogamento do motor. Sob condições de acordo com uma forma de realização da invenção, o nível de CO na exaustão cai acentuadamente e a combustão segue suavemente. A ignição falhou em uma temperatura de ar de cerca de 86° C, ponto no qual as emissões foram extremamente altas. A melhor temperatura

para as emissões reduzidas foi de cerca de 145° C.

Ex. T	Th%	RPM	KW	NOx	CO	FT	O ₂ residual	Inj. T	Reforçador Bar manométrico
	Aquecido em 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
	Aquecedor de entrada ligado								
320	21,5	2338	12,78	666	183	31,1	13,45	138,8	1,47
	Comutado para UTD								
327	18,9	2325	12,53	1006	246	29,4	13,49	141,1	1,43
	Aquecedor de entrada desligado								
				895	255			142,1	
				783	327			138,2	
				722	414			121,7	
			12,18	701	516			108,6	
			12,01	663	662			101,6	
			12,15	659	745			95,3	
			afogado					92,1	
	Aquecedores de entrada ligado/ desligado/ ligado - vários testes para ponto de afogamento a cerca de 86° C								
Aquecedores ligados		Ajuste normal da passagem de resíduo				Combustível = 10,35 kg			
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
						Combustível = 8,082 kg			

Tabela 4

[0027] O uso de ar de combustão em temperatura alta, opcionalmente com pressurização e/ou pressão parcial aumentada de oxigênio ajuda a garantir a combustão completa.

[0028] A invenção é adequada para a aplicação em motores de combustão interna tais como motores de geração de energia, motores marinhos, motores de aeronave e motores automotivos, turbinas de gás, motores de combustão externa e ou caldeiras de forno. É considerado que a invenção pode ser de aplicação particular em um motor de combustível duplo, em que a combustão pode ser iniciada usando um combustível de motor a

diesel convencional, até que o motor e o ar de combustão tenham aquecido suficientemente, depois que o fornecimento de combustível pode ser comutado para glicerol. A invenção também é particularmente bem adaptado para sistemas de geração de energia movido a motor e sistemas de calor e energia combinado movido a motor visto que a maioria da energia usada para aumentar a temperatura da carga de entrada é reciclada de volta para o sistema de recuperação de calor via a exaustão do motor. A invenção fornece benefícios em relação à tecnologia de CHP convencional. O uso de glicerol com melhorador de cetano para permitir a ignição por exemplo produziria uma temperatura de exaustão muito baixa limitando a quantidade de calor recuperável e reduzindo a eficiência de CHP. Pela adição de calor na entrada do material pode ser eficazmente comburido enquanto mantém uma alta eficiência de CHP.

[0029] Para ajudar no aquecimento do motor, gases de exaustão quentes podem ser recirculado para o tubo de distribuição do ar de combustão. Tal recirculação do gás de exaustão (EGR) é conhecida por si para reduzir o teor de oxigênio do ar de combustão e reduzir as emissões de NOx. Entretanto, o propósito primário de fazer isto na presente invenção é aquecer a carga de entrada do motor.

[0030] O operador do motor pode ajustar manualmente as condições de processo para otimizar as mesmas para um combustível particular que está sendo comburido. Entretanto, em uma forma de realização preferida, o sistema de motor reconhecerá o tipo de combustível que é usado, e automaticamente ajustar as condições de combustão para este tipo de combustível.

[0031] Embora a temperatura mínima preferida para o ar de combustão diferirá para tipos de motor diferentes e para as razões de compressão, é considerado que este mínimo não será menor do que 60° C. Os limites de temperatura superiores são mais teóricos do que práticos, com

temperaturas mais altas sendo mais caras para se obter e manter. Os componentes tais como as válvulas de exaustão e as entradas de turbo podem ser classificados apenas até uma temperatura especificada, e mantendo as temperaturas dentro das faixas de operação para estes componentes imporá um limite superior prático. Entretanto o calor latente inerente de vaporização de glicerol naturalmente reduz a temperatura de combustão de pico e permite a operação de potência classificada máxima dentro das faixas especificadas para estes componentes. (Ver as temperaturas de exaustão da combustão de glicerol). Sem desejar limitar o escopo da invenção, é esperado que um limite superior de 250° C deve ser suficiente para os propósitos práticos.

[0032] Os artigos ‘um’ e ‘uma’ são aqui usados para significar ‘pelo menos um’ a menos que o contexto requeira de outro modo.

[0033] É avaliado que certas características da invenção, que são, para clareza, descritas no contexto das formas de realização separadas, também podem ser fornecidas em combinação em uma única forma de realização. Ao contrário, várias características da invenção que são, para brevidade, descritas no contexto de uma única forma de realização, também podem ser fornecidas separadamente, ou em qualquer combinação adequada.

[0034] Embora a invenção, para os propósitos de ilustração, tenha sido descrita com referência aos exemplos específicos, será entendido que a invenção não é limitada estes exemplos. Várias alterações, modificações, e/ou adições podem ser introduzidas nas construções e arranjos descritos acima sem divergir do âmbito da presente invenção apresentada nas reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para ignição e combustão de glicerol em um cilindro de combustão de um motor de ignição por compressão de carga heterogênea, o método caracterizado pelo fato de que compreende fornecer ao orifício de entrada do cilindro ar de combustão a uma temperatura de pelo menos 60°C para o tempo todo que o motor estiver funcionando, e injetar o glicerol no cilindro de combustão após compressão do ar de combustão ter aquecido o ar de combustão a uma temperatura na qual o glicerol inflama.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o ar de combustão é suprido ao orifício de entrada do cilindro a uma temperatura na faixa de 90 a 250 °C.

3. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o ar de combustão é fornecido para o orifício de entrada do cilindro em uma pressão tal que o fluxo de massa que entra no cilindro via o orifício de entrada é corrigido para igualar aquele que entraria no cilindro sob condições de operação padrão.

4. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que compreende ainda aquecer o glicerol antes de injetá-lo dentro da câmara de combustão.

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que pelo menos um pouco do ar de combustão é aquecido usando calor residual do motor.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o ar de combustão é pressurizado por meio de um turbo-compressor acionado pelo fluxo de gás de exaustão do motor.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que pelo menos parte do ar de combustão é aquecida pela ineficiência inerente do turbo-compressor acionado pelo fluxo do gás de exaustão do motor.

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o ar de combustão tem um teor de oxigênio enriquecido.

9. Método de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o glicerol é aquecido e injetado dentro do cilindro a uma temperatura na faixa de 60 a 160° C.

10. Método para gerar calor e energia combinados (CHP), caracterizado pelo fato de que inclui inflamar e promover a combustão de glicerol usando um método como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 9 e usando calor reciclado do ar de entrada para manter ou aumentar a energia calorífica residual do gás de exaustão utilizável para recuperação.