



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

(21) BR 102020015744-2 A2



(22) Data do Depósito: 31/07/2020

(43) Data da Publicação Nacional: 15/06/2021

(54) **Título:** SISTEMA DE COMBUSTÃO PARA CONVERSÃO DE ENERGIA QUÍMICA EM ENERGIA MECÂNICA COM UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA, ARRANJO EGR PARA ESTE, MÉTODO PARA OPERAÇÃO DESTES E VEÍCULO MOTOR

(51) **Int. Cl.:** F02M 26/36; F02G 5/02; F02M 25/025; F02M 26/22.

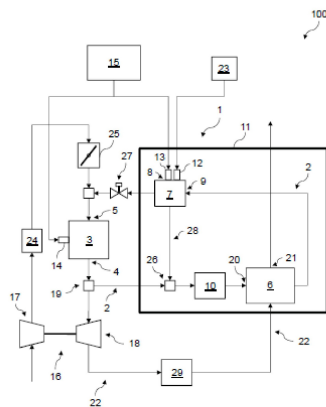
(52) **CPC:** F02M 26/36; F02G 5/02; F02M 25/025; F02M 26/22.

(30) **Prioridade Unionista:** 02/08/2019 AT A50697/2019.

(71) **Depositante(es):** AVL LIST GMBH.

(72) **Inventor(es):** BERND REITER; RALF ZEIRINGER; JOHANNES FUNK; MARKO CERTIC.

(57) **Resumo:** SISTEMA DE COMBUSTÃO PARA CONVERSÃO DE ENERGIA QUÍMICA EM ENERGIA MECÂNICA COM UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA, ARRANJO EGR PARA ESTE, MÉTODO PARA OPERAÇÃO DESTES E VEÍCULO MOTOR. A presente invenção trata de um arranjo EGR (1) para um sistema de combustão (100), compreendendo uma seção de recirculação (2) para o retorno de gases de escape a partir de uma saída de gás de escape (4) de um motor de combustão interna (3) do sistema de combustão (100) para uma entrada de combustível (5) do motor de combustão interna (3), um reformador (6) disposto na seção de recirculação (2) para a reforma do combustível em reformado, um evaporador (7) com um lado frio (8) a montante do reformador (6) para evaporação do combustível e a introdução do combustível evaporado na seção de recirculação (2) e um lado quente (9), disposto na seção de recirculação (2), a jusante do reformador (6) para direcionar uma mistura de reformado/gás de escape a partir do reformador (6) na direção da entrada de combustível (5), em que, a montante do lado frio (8) do evaporador (7), está disposto um dispositivo de suprimento de combustível (13) para introdução de combustível a ser evaporado no lado frio (8) do evaporador (7). Além disso, a invenção refere-se a um sistema de combustão (100) com um arranjo AGR (1) de acordo com a (...).



**SISTEMA DE COMBUSTÃO PARA CONVERSÃO DE ENERGIA
QUÍMICA EM ENERGIA MECÂNICA COM UM MOTOR DE COMBUSTÃO
INTERNA, ARRANJO EGR PARA ESTE, MÉTODO PARA OPERAÇÃO
DESTE E VEÍCULO MOTOR**

[0001] A presente invenção refere-se a um arranjo EGR para um sistema de combustão. A invenção refere-se ainda a um sistema de combustão com um arranjo EGR para um veículo motor bem como um veículo motor com esse sistema de combustão.

[0002] Vários sistemas de recirculação de gases de escape (EGR) são conhecidos do estado da técnica. Uma recirculação dos gases de escape é geralmente usada para reduzir a emissão de óxidos de nitrogênio, que surgem quando o combustível é queimado nos motores de combustão interna. Além disso, um aumento na eficiência do motor de combustão interna pode ser alcançado com a ajuda de arranjos EGR conhecidos.

[0003] Além dos combustíveis clássicos, como diesel e gasolina, combustíveis alternativos, como óleo de colza ou etanol, têm sido cada vez mais utilizados no contexto da transição energética para operar motores de combustão interna adequados. Um sistema no qual um motor de combustão interna é operado com etanol é descrito em DE 11 2011 101 274 T5. Em particular, lá é descrito um sistema de combustão com um reformador, no qual combustíveis como etanol na linha de gás de escape podem ser reformados em hidrogênio e metano com a ajuda de um reformador. O reformado pode, em seguida, ser armazenado em um tanque e ser fornecido a partir desse ao motor de combustão interna. A jusante do reformador, um arranjo de EGR é acoplado a uma passagem de exaustão da linha de gás de escape, por meio da qual os óxidos de nitrogênio devem ser reduzidos.

[0004] O objetivo da presente invenção é melhorar os sistemas conhecidos do estado da técnica. Em particular, é um objetivo da invenção

criar um sistema de combustão o mais simples possível e que possa ser operado com eficiência e ainda com baixas emissões.

[0005] O objetivo acima é resolvido pelas reivindicações. Em particular, o objetivo acima é resolvido pelo arranjo EGR de acordo com a reivindicação 1, o sistema de combustão de acordo com a reivindicação 5, bem como o veículo motor de acordo com a reivindicação 11 e um método de acordo com a reivindicação 12. Outras vantagens da invenção emergem das reivindicações secundárias, do relatório descritivo e dos desenhos. Nesses casos, características e detalhes que são descritos em conexão com o arranjo EGR, naturalmente também em conexão com o sistema de combustão, o veículo motor, o método e, respectivamente, vice-versa, de modo que no que diz respeito à divulgação dos aspectos individuais da invenção, referência mútua sempre é feita ou pode ser feita .

[0006] De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, um arranjo EGR para um sistema de combustão é disponibilizado. O arranjo EGR tem uma seção de recirculação para o retorno de gases de escape a partir de uma saída de gás de escape de um motor de combustão interna do sistema de combustão para uma entrada de combustível do motor de combustão interna. Além disso, o arranjo EGR tem um reformador disposto na seção de recirculação para a reforma do combustível em reformado. Além disso, o arranjo EGR tem um evaporador com um lado frio a montante do reformador para evaporação do combustível e para direcionar o combustível evaporado para uma interface de combustível na seção de recirculação para mistura do combustível evaporado com o gás de escape na seção de recirculação bem como um lado quente, disposto na seção de recirculação, a jusante do reformador para orientação de uma mistura de reformado/gás de escape a partir do reformador na direção da entrada de combustível. A montante do lado frio do evaporador, está disposto um dispositivo de fornecimento de combustível para introdução de combustível a ser evaporado no lado frio do

evaporador. Consequentemente, o reformador é projetado como um reformador permutador de calor que evapora o combustível com a mistura quente de mistura de reformado/gás de escape.

[0007] Através do arranjo EGR de acordo com a invenção, a energia térmica do gás de escape pode ser utilizada de modo efetivo para o processo de reforma. Em particular, o combustível a ser introduzido na seção de recirculação pode ser eficientemente aquecido e, em particular, evaporado através do evaporador disposto de acordo com a invenção. O processo de reforma pode, através disso, ser executado de maneira correspondente com economia de energia. Desta forma, a eficiência geral de um sistema de combustão equipado com o arranjo EGR de acordo com a invenção pode ser aumentada bem como uma economia de combustível correspondente pode ser obtida. Testes dentro do contexto da presente invenção mostraram que, através do uso de um arranjo EGR em questão em um sistema de combustão genérico, a eficiência de uma combustão no sistema de combustão pode ser aumentada em até 5% a 10%. Em outras palavras, com o arranjo EGR proposto, a densidade de energia do sistema de combustão pode ser aumentada em comparação com os sistemas convencionais de combustão.

[0008] Como combustível, utiliza-se, preferencialmente, etanol. A partir deste, pode-se obter, dentre outros, hidrogênio e metano. Em outras palavras, o reformado possui uma mistura contendo hidrogênio e metano. Hidrogênio e metano podem ser fornecidos para o motor de combustão interna através da seção de recirculação e queimados lá diretamente.

[0009] Como já mencionado na introdução, deve ser entendido por um arranjo EGR um arranjo de recirculação de gases de escape para retorno de gases de escape do motor de combustão interna de volta para o motor de combustão interna. O arranjo EGR pode incluir todos os componentes funcionais que são necessários para a recirculação genérica

dos gases de escape. O sistema de combustão deve ser entendido em particular como um sistema de combustão móvel para um veículo motor, em particular um veículo rodoviário. O arranjo EGR pode, no entanto, também ser usado de forma estacionária, por exemplo, em uma usina com um sistema de combustão adequado.

[0010] O fato de que um componente está disposto na seção de recirculação pode ser entendido como que o respectivo componente forma pelo menos parte da seção de recirculação. O lado quente do reformador permutador de calor portanto, forma uma seção parcial da seção de recirculação ou uma seção de guia de fluido da seção de recirculação. O lado frio do reformador permutador de calor envolve, pelo menos parcialmente, esta seção condutora de fluido para transporte de calor entre o lado frio e o lado quente. O mesmo se aplica analogamente ao reformador e/ou outros componentes funcionais que estão, pelo menos parcialmente, dispostos na seção de recirculação.

[0011] O lado quente do evaporador é fornecido para a evaporação ou pelo menos a evaporação parcial do combustível. O evaporador é, portanto, um evaporador para a evaporação do combustível, em que o combustível é evaporado por troca de calor com a mistura reformado/gás de escape, razão pela qual o evaporador também tem a função de permutador de calor. Deve-se entender, sob o fato de que o lado frio do evaporador é projetado para guiar o combustível evaporado ou pelo menos parcialmente evaporado para a seção de recirculação que o combustível pode ser guiado através do evaporador ou do lado frio do evaporador para a seção de recirculação ou pelo menos na direção da seção de recirculação, em que este geralmente é evaporado no evaporador. O lado frio do evaporador pode ser entendido como uma espécie de abertura de entrada de uma linha de fornecimento para a introdução do combustível na seção de recirculação. Pode ser entendido sob o fato de que o lado quente do evaporador é projetado para direcionar

a mistura de reformado/gás de escape do reformador na direção da entrada de combustível, que a mistura de reformado/gás de escape é guiada através do evaporador ou do lado quente do evaporador para a entrada de combustível, em que a mistura de reformado/gás de escape geralmente transfere calor para o combustível. Na direção do fluido entre o lado quente do evaporador e a entrada de combustível ou um trecho de entrada do motor de combustão interna, um arranjo de válvula é preferencialmente configurado para bloquear e liberar uma passagem de fluido conectando o lado quente do evaporador e a entrada de combustível. Uma unidade de resfriamento para resfriar a mistura de reformado/gás de escape recirculada também pode ser configurada a montante ou a jusante do arranjo de válvula.

[0012] A jusante do lado frio do evaporador, uma seção de fornecimento de combustível pode ser configurada no evaporador para fornecer o combustível evaporado do evaporador para a seção de recirculação. A seção de fornecimento de combustível pode terminar na interface de combustível, na qual a seção de fornecimento de combustível é fundida com a seção de recirculação para misturar o combustível evaporado com o gás de escape do motor de combustão interna. Ou seja, da saída dos gases de escape e do lado frio do evaporador, uma seção de guia de fluido pode ser projetada para a interface do combustível, a fim de, lá, misturar o gás de escape com o combustível evaporado. A partir da interface do combustível, uma mistura de gás de escape/combustível, ou seja, uma mistura dos gases de escape e do combustível evaporado, pode ser guiada pela seção de recirculação na direção do reformador.

[0013] O reformador é, preferencialmente, revestido cataliticamente para reformar a mistura de gás de escape/combustível, em particular projetado como um reformador permutador de calor de catalítico. Verificou-se ser particularmente vantajoso quando o reformador tiver um permutador de calor de placas ou for projetado como um reformador

permutador de calor de placas. Com isso, o reformador pode ser usado economizando espaço e ao mesmo tempo em uma grande área para reformar a mistura de gás de escape / combustível. Nesse caso, as placas do reformador permutador de calor de placas são revestidas cataliticamente.

[0014] Entre o lado frio e o lado quente do evaporador, pode ser realizado um transporte de calor da mistura quente de reformado/gás de escape no lado quente do evaporador para o combustível no lado frio do evaporador. Em outras palavras, a energia térmica da mistura reformado/gás de escape no lado quente do evaporador é usada para evaporar o combustível no lado frio do evaporador.

[0015] O dispositivo de fornecimento de combustível é preferencialmente projetado diretamente no lado frio do evaporador, por exemplo, na forma de um bocal de injeção ou de um injetor. Ao mesmo tempo, pode ser entendido sob dispositivo de fornecimento de combustível também uma extremidade aberta da linha para guiar o combustível para, ou para dentro de, o lado frio do evaporador.

[0016] De acordo com uma modalidade adicional da presente invenção, é possível que, em um arranjo EGR, seja disposto um pré-reformador adiabático na seção de recirculação, a montante do reformador e a jusante do lado frio do evaporador, para pré-reforma adiabática do combustível evaporado, mais precisamente de uma mistura de gás de escape/combustível. O combustível evaporado é reunido ou misturado com o gás de escape, especialmente a montante do pré-reformador. Com a ajuda do pré-reformador adiabático, a temperatura da mistura gás de escape/combustível a montante do reformador, que neste caso pode ser considerado como reformador principal, pode ser reduzida. Desta forma, o risco de coqueificação devido ao craqueamento térmico no reformador é reduzido e a vida útil do catalisador no reformador pode ser aumentada. Um pré-reformador adiabático pode ser entendido como um pré-reformador

com um reator adiabático no qual todos os hidrocarbonetos superiores podem ser convertidos em metano, monóxido de carbono e hidrogênio a baixas temperaturas e em um catalisador altamente ativo com a adição de vapor d'água. O vapor de água geralmente já faz parte dos gases de escape e, portanto, não precisa ser adicionado de modo extra, mas já está contido nos gases de escape. O pré-reformador está disposto a jusante do lado frio e, portanto, também a jusante do dispositivo de fornecimento de combustível. Com a ajuda do pré-reformador, a mistura de gás de escape / combustível é, pelo menos parcialmente, pré-reformada, de modo que a temperatura da mistura de gás de escape/combustível ou de uma mistura de reformado/gás de escape/combustível a jusante do pré-reformador seja mais baixa do que a montante do pré-reformador. No reformador, a mistura pode ser reformada o mais completamente possível com troca de calor com o entorno do reformador.

[0017] É vantajoso quando o reformador for projetado como um reformador permutador de calor, em que o reformador permutador de calor é projetado para transferência de calor de gás de escape em uma seção de guia para o gás de escape na seção de recirculação. Assim, o permutador de calor do reformador tem um lado quente, através do qual o gás de escape quente da saída de gás de escape do motor de combustão é entregue ao ambiente através do reformador permutador de calor. A montante do reformador permutador de calor, o gás de escape quente flui vantajosamente através de outros componentes, como um turbocompressor e um conversor catalítico. No reformador permutador de calor, o gás de escape quente libera calor para a mistura gás de escape/combustível que foi pré-reformada pelo pré-reformador. Através disso, há calor suficiente no reformador permutador de calor para levar o material catalítico do permutador de calor do reformador a uma temperatura operacional desejada de modo que a mistura de gás de escape/combustível possa, de preferência, ser completamente reformada. O pré-reformador é,

consequentemente, também disposto e projetado como um pré-reformador adiabático para reduzir a temperatura da mistura de gás de escape/combustível abaixo da temperatura do gás de escape, de modo que ocorra a transferência de temperatura no reformador permutador de calor do gás de escape para a mistura de gás de escape/combustível. Através disso, é garantido que a mistura de gás de escape/combustível seja reformada cataliticamente, em particular completamente no reformador permutador de calor.

[0018] Além disso, um arranjo EGR de acordo com a invenção pode ter um alojamento comum no qual o reformador, o evaporador e/ou o pré-reformador estão dispostos. Todos os três componentes funcionais mencionados são preferencialmente embutidos no alojamento. O alojamento pode evitar que a alta temperatura dos gases de escape evapore para o ambiente. A temperatura do gás de escape pode, assim, ser usada efetivamente para o transporte de calor desejado entre a mistura de reformado/gás de escape e o combustível a ser evaporado no evaporador. O alojamento deve ser entendido, preferencialmente, como um alojamento essencialmente, ou pelo menos, predominantemente fechado. O alojamento também deve ser entendido, em particular, como um alojamento com um volume de alojamento no qual o reformador, o evaporador e/ou o pré-reformador estão dispostos juntos. O alojamento pode, pelo menos predominantemente ou em grande medida, compreender a seção de recirculação. Em outras palavras, a seção de recirculação pode ser amplamente disposta dentro do volume de alojamento comum.

[0019] De acordo com um outro aspecto da presente invenção, é provido um sistema de combustão para converter energia química em energia mecânica com um motor de combustão interna e um arranjo EGR, como descrito acima, com uma seção de recirculação para o retorno de gás de escape de uma saída de gás de escape do motor de combustão interna em uma entrada de combustível do motor de combustão interna.

[0020] Um sistema de combustão de acordo com a invenção traz assim as mesmas vantagens que foram descritas em detalhe com referência ao arranjo EGR de acordo com a invenção. As vantagens de acordo com a invenção podem ser alcançadas em particular pelo fato de o evaporador e o reformador estarem dispostos na seção de recirculação do arranjo EGR ou numa seção de recirculação dos gases de escape do sistema de combustão. Como resultado, a energia térmica armazenada no gás de escape pode ser usada de maneira particularmente eficaz e eficiente para evaporar o combustível e reformar o combustível evaporado.

[0021] O sistema de combustão possui, preferencialmente, uma fonte de combustível, em particular uma fonte de combustível separada na forma de um tanque de combustível, para fornecer o combustível para o motor de combustão interna e/ou o evaporador ou a seção de recirculação. Ou seja, entre o tanque de combustível e o motor de combustão interna e/ou entre o tanque de combustível e o lado frio do evaporador, pode ser projetada, respectivamente, uma seção de guia de combustível para guiar o combustível da fonte de combustível para o tanque de combustível e/ou para o lado frio do evaporador, em particular para o dispositivo de fornecimento de combustível no lado frio do evaporador. O combustível é preferencialmente disponibilizado na forma de combustível contendo hidrocarbonetos, em particular na forma de etanol.

[0022] Em uma outra modalidade de um sistema de combustão de acordo com a invenção, é possível que um dispositivo de fornecimento de água seja disposto ou configurado a montante do lado frio do evaporador para introduzir água através do lado frio do evaporador na seção de recirculação. No arranjo de sistema de acordo com a invenção, a água pode ser fornecida ao evaporador de uma maneira simples. Ao fornecer água, na seção de recirculação ou no lado frio do evaporador, para o combustível, a formação de fuligem durante o processo de reforma pode ser evitada. O sistema de combustão pode ter uma fonte de água, por

exemplo, na forma de um tanque de água ou uma seção de recuperação de água para recuperar água de um processo químico no contexto da operação do sistema de combustão, para fornecer água para o dispositivo de fornecimento de água. A água pode ser introduzida na seção de recirculação junto com o combustível pelo lado frio do evaporador.

[0023] Além disso, é possível que, em um sistema de combustão de acordo com a presente invenção, um injetor de combustível para injetar combustível no motor de combustão interna esteja disposto no motor de combustão interna, em que uma fonte de combustível com o combustível para o dispositivo de fornecimento de combustível e para o injetor de combustível é disposto a montante do dispositivo de fornecimento de combustível e a montante do injetor de combustível. Em outras palavras, a fonte de combustível pode ser usada tanto para o injetor de combustível no motor de combustão interna quanto para o dispositivo de fornecimento de combustível. Com isso, uma construção compacta e uma guia simples de linha de combustível podem ser implementados.

[0024] Além disso, o sistema de combustão pode possuir um turbocompressor com um compressor em um lado de fornecimento de ar do motor de combustão interna e uma turbina em um lado de gás de escape do motor de combustão interna, em que, a jusante da saída de gás de escape e a montante da turbina, é projetada uma seção de ramificação do arranjo EGR para ramificação do gás de escape na seção de recirculação. Através do escoamento do gás de escape o mais diretamente possível a jusante da saída de gás de escape, a energia térmica do gás de escape pode ser usada de forma eficaz. A seção de ramificação é, portanto, disposta tão diretamente a jusante da saída de gás de escape quanto possível.

[0025] Além disso, um sistema de combustão de acordo com a invenção pode ter um turbocompressor com um compressor em um lado de fornecimento de ar do motor de combustão interna e de uma turbina em um

lado de gás de escape do motor de combustão interna, em que o reformador possui um reformador permutador de calor com um lado frio do reformador para reformar o combustível evaporado em reformado e com um lado quente do reformador, e em que uma seção de guia para guiar gás de escape através do lado quente do reformador é configurada a jusante da turbina. Como resultado, um controle de temperatura no reformador é implementado de maneira simples e eficaz. Através do fornecimento de gás de escape quente para o lado quente do reformador permutador de calor, a temperatura do material catalítico no reformador permutador de calor pode ser aumentada o suficiente de tal forma que a mistura de gás de escape/combustível no reformador permutador de calor seja, em particular, completamente reformada. Através do calor do gás de escape, é provida a temperatura necessária para a reforma.

[0026] De acordo com um outro aspecto da presente invenção, um veículo motor com um sistema de combustão conforme descrito acima é provido. O sistema de combustão pode converter energia química em energia mecânica para acionar o veículo motor. Um veículo motor de acordo com a invenção também tem as vantagens mencionadas acima.

[0027] De acordo com um outro aspecto da presente invenção, um método para operar um sistema de combustão com um arranjo EGR é fornecido, em que uma parte do gás de escape é guiada para uma seção de recirculação e outra parte do gás de escape é guiada para uma seção guia. Nesse caso, é provido que o gás de escape seja reformado em um reformador mediante transferência de calor dos gases de escape a partir da seção guia.

[0028] Nesse caso, é particularmente vantajoso que o gás de escape da seção de guia seja usado para aquecer o reformador. O gás de escape na seção de recirculação é completamente reformado no reformador revestido, particularmente, de modo catalítico, através do que um gás rico em hidrogênio é produzido, o qual é, então, fornecido de volta

ao motor de combustão interna. Através disso, a eficiência do motor de combustão interna é aumentada de 5% a 10%. O gás de escape na seção de guia é liberado no ambiente a jusante do reformador.

[0029] É vantajoso quando o gás de escape é pré-reformado na seção de recirculação a montante do reformador em um pré-reformador adiabático. Nesse caso, a temperatura do gás de escape na seção de recirculação é reduzida, isto é, a temperatura do gás de escape a jusante do pré-reformador é mais baixa do que a temperatura do gás de escape a montante do pré-reformador. Isso é particularmente conveniente quando o gás de escape na seção de recirculação tem uma temperatura mais alta do que os gases de escape na seção de guia. Como resultado, o gás de escape na seção de recirculação fica, assim que é introduzido no reformador, mais frio do que o gás de escape na seção de guia e a transferência de calor no reformador ocorre a partir do gás de escape na seção de guia para o gás de escape na seção de recirculação, ou, mais precisamente, para o material catalítico do reformador.

[0030] É vantajoso, quando o gás de escape é conduzido na seção de recirculação a jusante do reformador por um evaporador, em que, no evaporador, o combustível, que é conduzido sobre um lado frio do evaporador, é evaporado, em que o combustível evaporado a montante do pré-reformador é fornecido ao gás de escape na seção de recirculação (2). O combustível evaporado é misturado com o gás de escape na seção de recirculação, de modo que uma mistura gás de escape/combustível é produzida, a qual é fornecida ao pré-reformador e ao reformador.

[0031] Medidas adicionais, que melhoram a invenção, emergem da descrição subsequente de várias modalidades exemplares da invenção, que são representadas esquematicamente nas figuras. Cada uma delas mostra, esquematicamente:

[0032] Fig. 1 é um diagrama de blocos de um sistema de combustão com um arranjo EGR de acordo com uma modalidade da invenção, e

[0033] Fig. 2 é um veículo motor com um sistema de combustão de acordo com a invenção.

[0034] Elementos com a mesma função e modo de operação são, cada um, fornecidos com os mesmos números de referência nas Figs. 1 e 2.

[0035] A Fig. 1 mostra um sistema de combustão 100 com um arranjo EGR 1. O arranjo EGR 1 tem uma seção de recirculação 2 para o retorno de gases de escape a partir de uma saída de gás de escape 4 de um motor de combustão interna 3 do sistema de combustão 100 para uma entrada de combustível 5 do motor de combustão interna 3. Além disso, o arranjo EGR 1 tem um reformador 6 disposto na seção de recirculação 2 para a reforma do combustível em reformado. Além disso, o arranjo EGR 1 tem um evaporador 7 com um lado frio 8 a montante do reformador 6 para evaporação do combustível e para direcionar o combustível evaporado para uma interface de combustível 26 que está disposta na seção de recirculação 2 para mistura do combustível evaporado com o gás de escape na seção de recirculação 2. O evaporador 7 também tem, adicionalmente, um lado quente 9 disposto na seção de recirculação 2 a jusante do reformador 6 para guiar uma mistura de reformado/gás de escape do reformador 6 na direção da entrada de combustível 5. A montante do lado frio 8 do evaporador 7, está disposto um dispositivo de fornecimento de combustível 13 para introdução de combustível a ser evaporado no lado frio 8 do evaporador 7.

[0036] Na seção de recirculação 2 a montante do reformador 6 e a jusante do lado frio 8 do evaporador 7, um pré-reformador adiabático 10 está disposto para a pré-reforma adiabática do combustível evaporado ou uma mistura de gás de escape/combustível. Além disso, pode ser visto a

partir da modalidade mostrada na Fig. 1 que o reformador 6, o evaporador 7 e o pré-reformador 10 estão dispostos em um alojamento comum 11.

[0037] A montante do lado frio 8 do evaporador 7 está disposto um dispositivo de fornecimento de água 12 para introduzir água através de ou pelo lado frio 8 do evaporador 7 na seção de recirculação 2. Uma fonte de água 23 na forma de um tanque de água para fornecer água para o dispositivo de fornecimento de água 12 está disposta a montante do dispositivo de fornecimento de água 12. No motor de combustão interna 3, é disposto um injetor de combustível 14 para injetar combustível no motor de combustão interna 3, em que uma fonte de combustível 15 com o combustível para o dispositivo de fornecimento de combustível 13 e para o injetor de combustível 14 é disposto a montante do dispositivo de fornecimento de combustível 13 e a montante do injetor de combustível 14.

[0038] Um arranjo de válvula 27 para fornecimento dosado da mistura de reformado/gás de escape para a entrada de combustível 5 do motor de combustão interna 3 é disposto a jusante do lado quente 9 do evaporador 7.

[0039] O sistema de combustão 100 representado na Fig. 1 possui um turbocompressor 16 com um compressor 17 em um lado de fornecimento de ar do motor de combustão interna 3 e uma turbina 18 em um lado de gás de escape do motor de combustão interna 3, em que, a jusante da saída de gás de escape 4 e a montante da turbina 18, é projetada uma seção de ramificação 19 do arranjo EGR 1 para ramificação do gás de escape ou de uma parte do gás de escape na seção de recirculação 2. Uma interface de combustível 26 é disposta a jusante da seção de ramificação 19, na qual o combustível do evaporador 7 ou de uma seção de fornecimento de combustível 28 e gás de escape do motor de combustão interna 3 ou misturado na seção de recirculação 2 e são guiados para o pré-reformador 10 como uma mistura de gás de escape/combustível.

[0040] No sistema de combustão 100 mostrado, o reformador 6 é projetado na forma de um reformador permutador de calor com um lado frio do reformador 20 para reformar o combustível evaporado em reformado e com um lado quente do reformador quente 21, em que, a jusante da turbina 18, é configurada uma seção de guia 22 para guiar gases de escape do motor de combustão interna 3 de jusante da turbina 18 através do lado frio do reformador 21. De acordo com a Fig. 1, um catalisador 29 para o tratamento catalítico de gás de escape do gás de escape que é emitido para os arredores do sistema de combustão 100 é configurado nesta seção de guia 22. Um radiador de ar de sobrealimentação 24 para resfriar o ar de sobrealimentação comprimido é disposto a jusante do compressor 17. A jusante do radiador de ar de sobrealimentação 24 e a montante da entrada de combustível 5, uma válvula borboleta 25 é disposta para o fornecimento dosado de ar de sobrealimentação para o motor de combustão interna 3.

[0041] A Fig. 2 mostra um veículo motor 1000 com um sistema de combustão 100, como mostrado em detalhes na Fig. 1, para fornecer energia mecânica para conduzir o veículo motor 1000.

[0042] A invenção permite, além das modalidades representadas, mais princípios de configuração. Ou seja, a invenção não deve ser considerada limitada às modalidades destacadas com referência às figuras.

[0043] Lista dos números de referência

- 1 Arranjo EGR
- 2 Seção de recirculação
- 3 Motor de combustão interna
- 4 Saída de gás de escape
- 5 Entrada de combustível
- 6 Reformador
- 7 Evaporador

- 8 Lado frio do evaporador
- 9 Lado quente do evaporador
- 10 Pré-reformador
- 11 Alojamento
- 12 Dispositivo de fornecimento de água
- 13 Dispositivo de fornecimento de combustível
- 14 Injetor de combustível
- 15 Fonte de combustível
- 16 Turbocompressor
- 17 Compressor
- 18 Turbina
- 19 Seção de ramificação
- 20 Lado frio do reformador
- 21 Lado quente do reformador
- 22 Seção de guia
- 23 Fonte de água
- 24 Radiador de ar de sobrealimentação
- 25 Válvula borboleta
- 26 Interface de combustível
- 27 Arranjo de válvula
- 28 Seção de fornecimento de combustível
- 29 Catalisador
- 100 Sistema de combustão
- 1000 Veículo motor

REIVINDICAÇÕES

1. Arranjo EGR (1) para um sistema de combustão (100), **caracterizado** pelo fato de que compreende uma seção de recirculação (2) para o retorno de gases de escape a partir de uma saída de gás de escape (4) de um motor de combustão interna (3) do sistema de combustão (100) para uma entrada de combustível (5) do motor de combustão interna (3), um reformador (6) disposto na seção de recirculação (2) para a reforma do combustível em reformado, um evaporador (7) com um lado frio (8) a montante do reformador (6) para evaporação do combustível e para direcionar o combustível evaporado para uma interface de combustível (26) na seção de recirculação (2) para mistura do combustível evaporado com o gás de escape na seção de recirculação (2) bem como um lado quente (9), disposto na seção de recirculação (2), a jusante do reformador (6) para orientação de uma mistura de reformado/gás de escape a partir do reformador (6) na direção da entrada de combustível (5), em que, a montante do lado frio (8) do evaporador (7), está disposto um dispositivo de suprimento de combustível (13) para introdução de combustível a ser evaporado no lado frio (8) do evaporador (7).

2. Arranjo EGR (1), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que, na seção de recirculação (2), a montante do reformador (6) e a jusante do lado frio (8) do evaporador (7), está disposto um pré-reformador adiabático (10) para pré-reforma adiabática do combustível evaporado.

3. Arranjo EGR (1), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que o reformador (6) é projetado como um reformador permutador de calor (20), em que o reformador permutador de calor (20) é projetado para transferência de calor de gases de escape em uma seção de guia (22) para gases de escape na seção de recirculação (2).

4. Arranjo EGR (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** por um alojamento comum (11) no

qual o reformador (6), o evaporador (7) e/ou o pré-reformador (10) estão dispostos.

5. Sistema de combustão (100) para conversão de energia química em energia mecânica com um motor de combustão interna (3) e um arranjo EGR (1), **caracterizado** pelo fato de que o arranjo EGR (1) compreende uma seção de recirculação (2) para o retorno de gases de escape a partir de uma saída de gás de escape (4) do motor de combustão interna (3) em uma entrada de combustível (5) do motor de combustão interna (3), um reformador (6) disposto na seção de recirculação (2) para a reforma de um combustível em reformado, um evaporador (7) com um lado frio (8) a montante do reformador (6) para evaporação do combustível e para introdução do combustível evaporado na seção de recirculação (2) a montante do reformador (6) e um lado quente (9) disposto na seção de recirculação (2) do reformador (6) para direcionar uma mistura de reformado/gás de escape a partir do reformador (6) na direção da entrada de combustível (5).

6. Sistema de combustão (100), de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de que o arranjo EGR (1) é projetado conforme qualquer uma das reivindicações de 1 a 4.

7. Sistema de combustão (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações de 5 a 6, **caracterizado** pelo fato de que, a montante do lado frio (8) do evaporador (7), é disposto um dispositivo de fornecimento de água (12) para a introdução de água através do lado frio (8) do evaporador (7) na seção de recirculação (2).

8. Sistema de combustão (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações de 5 a 7, **caracterizado** pelo fato de que, no motor de combustão interna (3), é disposto um injetor de combustível (14) para injeção de combustível no motor de combustão interna (3), em que, a montante do dispositivo de fornecimento de combustível (13) e a montante do injetor de combustível (14), é disposta uma fonte de combustível (15)

com o combustível para o dispositivo de fornecimento de combustível (13) bem como o injetor de combustível (14).

9. Sistema de combustão (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações de 5 a 8, **caracterizado** por um turbocompressor (16) com um compressor (17) em um lado de fornecimento de ar do motor de combustão interna (3) e de uma turbina (18) em um lado de gás de escape do motor de combustão interna (3), em que, a jusante da saída de gás de escape (4) e a montante da turbina (18), é projetada uma seção de ramificação (19) do arranjo EGR (1) para a ramificação do gás de escape na seção de recirculação (2).

10. Sistema de combustão (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações de 5 a 9, **caracterizado** por um turbocompressor (16) com um compressor (17) em um lado de fornecimento de ar do motor de combustão interna (3) e uma turbina (18) em um lado de gás de escape do motor de combustão interna (3), em que o reformador (6) é projetado como um reformador permutador de calor (20) com um lado reformador frio (20) para a reforma do combustível evaporado em reformado e com um lado reformador quente (21), ou compreende um tal tipo de permutador de calor de reformador (20), e em que, a jusante da turbina (18), é projetada uma seção de guia (22) para direcionar o gás de escape através do lado do reformador quente (21).

11. Veículo motor (1000), **caracterizado** pelo fato de que é com um sistema de combustão (100) conforme qualquer uma das reivindicações de 5 a 10 para a disponibilização de energia mecânica para o acionamento do veículo motor (1000).

12. Método para operação de um sistema de combustão (100), em particular um sistema de combustão (100) conforme qualquer uma das reivindicações de 5 a 10, com um arranjo EGR (1), em particular com um arranjo EGR (1) conforme com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, em que uma parte do gás de escape é conduzida para uma seção de

recirculação (2) e uma outra parte do gás de escape para uma seção de guia (22), **caracterizado** pelo fato de que o gás de escape é reformado em um reformador (6) sob transferência de calor do gás de escape a partir seção de guia (22).

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que o gás de escape na porção de recirculação (2) a montante do reformador (6) é pré-reformado em um pré-reformador adiabático (10).

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que o gás de escape é conduzido na seção de recirculação (2) a jusante do reformador (6) por um evaporador (7), em que, no evaporador (7), o combustível, que é conduzido sobre um lado frio do evaporador (8), é evaporado, em que o combustível evaporado a montante do pré-reformador (10) é fornecido ao gás de escape na seção de recirculação (2).

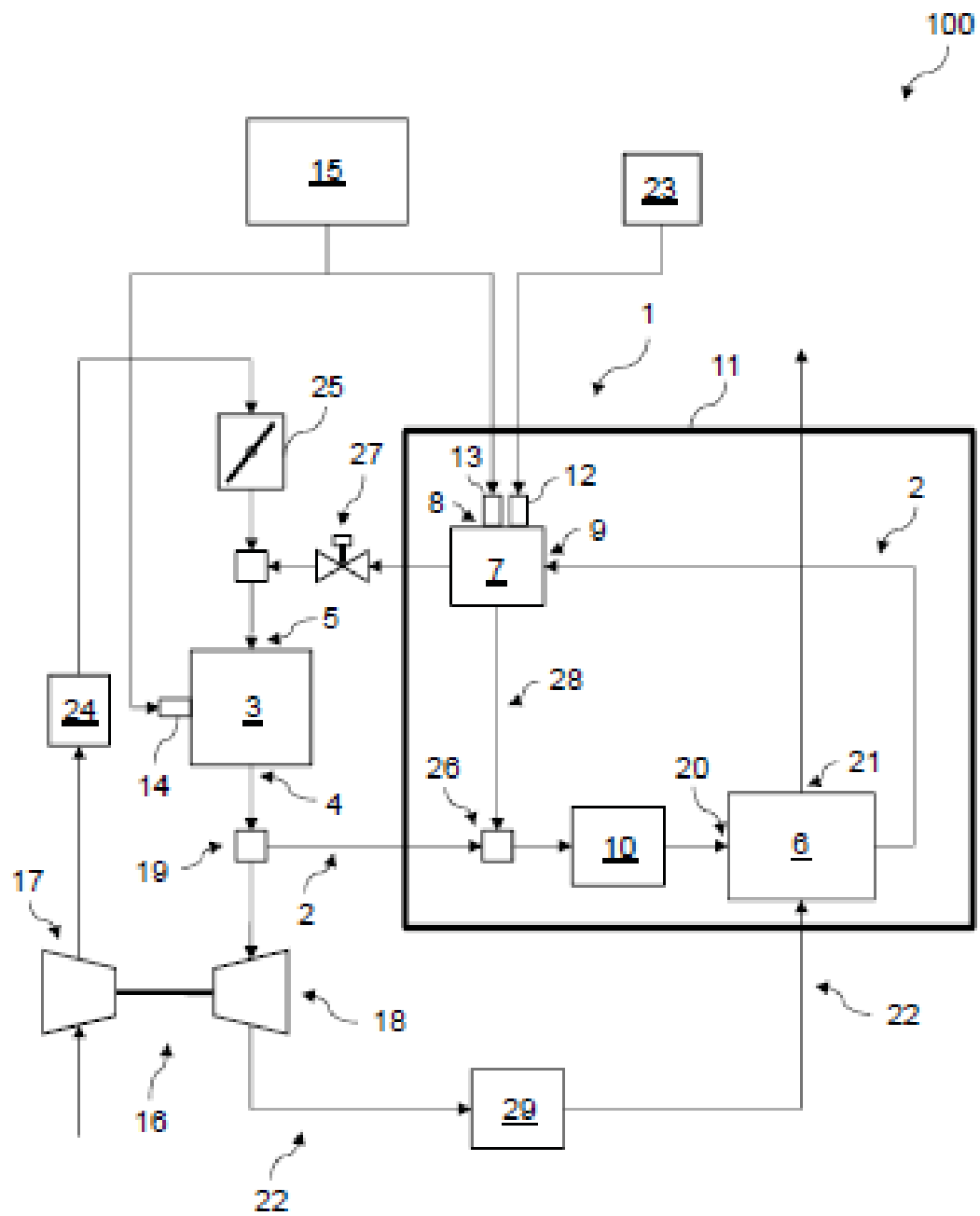


Fig. 1

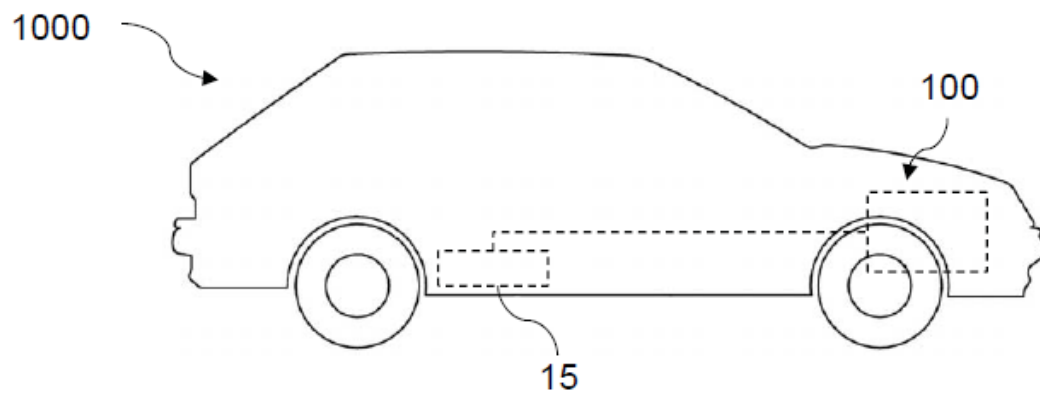


Fig. 2

**SISTEMA DE COMBUSTÃO PARA CONVERSÃO DE ENERGIA
QUÍMICA EM ENERGIA MECÂNICA COM UM MOTOR DE COMBUSTÃO
INTERNA, ARRANJO EGR PARA ESTE, MÉTODO PARA OPERAÇÃO
DESTE E VEÍCULO MOTOR**

A presente invenção trata de um arranjo EGR (1) para um sistema de combustão (100), compreendendo uma seção de recirculação (2) para o retorno de gases de escape a partir de uma saída de gás de escape (4) de um motor de combustão interna (3) do sistema de combustão (100) para uma entrada de combustível (5) do motor de combustão interna (3), um reformador (6) disposto na seção de recirculação (2) para a reforma do combustível em reformado, um evaporador (7) com um lado frio (8) a montante do reformador (6) para evaporação do combustível e a introdução do combustível evaporado na seção de recirculação (2) e um lado quente (9), disposto na seção de recirculação (2), a jusante do reformador (6) para direcionar uma mistura de reformado/gás de escape a partir do reformador (6) na direção da entrada de combustível (5), em que, a montante do lado frio (8) do evaporador (7), está disposto um dispositivo de suprimento de combustível (13) para introdução de combustível a ser evaporado no lado frio (8) do evaporador (7).

Além disso, a invenção refere-se a um sistema de combustão (100) com um arranjo AGR (1) de acordo com a invenção, bem como um veículo motor (1000) com um sistema de combustão (100) de acordo com a invenção bem como um método para operar um sistema de combustão (100).