



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

(11) PI 0722151-7 B1



(22) Data do Depósito: 30/10/2007

(45) Data de Concessão: 29/10/2019

(54) Título: DISPOSITIVO PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA DE VEÍCULO

(51) Int.Cl.: F02B 23/06.

(73) Titular(es): VOLVO LASTVAGNAR AB.

(72) Inventor(es): EISMARK, JAN; BALTHASAR, MICHAEL.

(86) Pedido PCT: PCT SE2007000959 de 30/10/2007

(87) Publicação PCT: WO 2009/058055 de 07/05/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 29/04/2010

(57) Resumo: DISPOSITIVO PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA DE VEÍCULO A presente invenção se refere a um motor de combustão interna (1) com uma câmara de combustão (7) compreendendo um corpo de motor, incluindo um pistão (3), um injetor (13) com pluralidade de orifícios dispostos para injetar spray/plumas de chama, que colidem sobre uma seção de bojo externo de pistão (20) durante a maior parte da injeção. Entre as áreas de colisão de spray/plumas de chama e em um plano substancialmente perpendicular para movimentação de pistão recíproca é disposto um primeiro tipo de projeções se projetando para a câmara de combustão (7), possuindo uma forma polida (lisa) para preservação de energia cinética na chama e para redirecionamento de progressão de chama circunferencial primordialmente em direção de um eixo geométrico central do pistão (3) com mínima interação chama para chama. Um segundo tipo de projeções é disposto nas áreas de colisão, sendo adaptadas para redirecionamento de progressão de chama para uma direção de progressão de chama circunferencial em um plano substancialmente perpendicular para referida movimentação de pistão recíproca e com mínima interação de chama para parede de pistão e mínima perda de energia cinética.

**"DISPOSITIVO PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES EM UM MOTOR DE
COMBUSTÃO INTERNA DE VEÍCULO"**

CAMPO TÉCNICO

[001] A presente invenção se refere a um dispositivo para controle do processo de combustão em um motor de combustão interna. A presente invenção especialmente se refere a um tal dispositivo para redução especialmente de emissões de fuligem, mas também de monóxido de carbono e hidrocarboneto em motores de combustão nos quais a mistura de combustível/gás de cilindro é inflamada por calor de compressão gerado no cilindro.

ESTADO DA TÉCNICA

[002] Partículas de fuligem (ou particulados) são um produto que, durante combustão, pode tanto ser formado, e quanto subseqüentemente, oxidado para dióxido de carbono (CO_2). A quantidade de partículas de fuligem mensuradas nos gases de exaustão é a diferença em peso líquido entre fuligem formada e fuligem oxidada. O processo é muito complicado. Combustão com mistura combustível/ar, enriquecida em combustível, com misturação pobre em alta temperatura produz alta formação de fuligem. Se as partículas de fuligem formadas podem ser trazidas juntamente com substâncias de oxidação, tais como átomos de oxigênio (O), moléculas de oxigênio (O_2), hidróxido (OH), em temperatura suficientemente alta para uma boa taxa de oxidação, após o que uma maior parte das partículas de fuligem pode ser oxidada. Em um motor a *diesel*, o processo de oxidação é considerado se da mesma ordem de magnitude como a formação, o que significa que produção de fuligem em

peso líquido é a diferença entre quantidade de fuligem formada e quantidade de fuligem oxidada. A emissão de fuligem em peso líquido pode, conseqüentemente, ser influenciada primeiramente por redução da formação de fuligem e, em segundo lugar por aumento da oxidação de fuligem. Emissões de monóxido de carbono (**CO**) e emissões de hidrocarboneto (**HC**) são normalmente muito baixas a partir de um motor a *diesel*. Ainda, as porcentagens podem se elevar se combustível não queimado acaba terminando em regiões relativamente frias. Tais regiões são, em particular, zonas com refrigeração intensa localizadas próximas para a parede de cilindro. Um outro exemplo são cavidades entre revestimento de pistão e de cilindro.

[003] Óxidos de nitrogênio (**NO_x**) são formados a partir do conteúdo de nitrogênio no ar em um processo térmico que possui uma forte dependência de temperatura e depende do tamanho do volume aquecido e da duração do processo.

[004] Um processo de combustão no qual o combustível é injetado diretamente para o cilindro, e é inflamado por temperatura e pressão aumentadas no cilindro, é geralmente referido como o processo a *diesel*. Quando o combustível é inflamado no cilindro, gases de combustão presentes no cilindro são submetidos para misturação turbulenta com o combustível queimando, de maneira que uma chama de difusão controlada por mistura é formada. A combustão da mistura de combustível/gás no cilindro determina surgimento para geração de calor, o que provoca que o gás no cilindro venha a se expandir e que, portanto, provoca que o pistão venha a se movimentar no cilindro.

Dependendo de um número de parâmetros, tais como a pressão de injeção do combustível, a quantidade de gases de exaustão recirculados para o cilindro, o tempo de injeção do combustível e a turbulência prevalecendo no cilindro, diferentes eficiência e valores de emissão de motor são obtidos.

[005] Abaixo se seguem dois exemplos das disposições de estado da técnica empreendendo tanto emissões de fuligem e de **NO_x** mais baixas por controle da chama, e quanto tentando frear a bem conhecida "intercâmbio" ("*trade off*") entre emissões de fuligem e emissões de óxido de nitrogênio, o que é típico do motor a *diesel*, e "intercâmbio" que é difícil de influenciar. A maior parte das medidas que reduzem emissões de fuligem aumenta as emissões de óxido de nitrogênio.

[006] A patente europeia número **EP 1.216.347** mostra uma disposição para controle do processo de combustão em um motor de combustão por controle da chama de combustão, com o propósito de diminuir emissões de fuligem e de **NO_x**. O combustível é injetado para a câmara de combustão com uma energia cinética suficientemente alta (alta pressão de injeção) de maneira a suprir energia cinética para o *spray* de maneira que um processo de misturação interno de *spray* e um processo de misturação global em larga escala entre combustível e gás de cilindro são conseguidos, por consequência, mantendo as emissões de fuligem abaixo de um nível selecionado. Uma proporção de gás de exaustão recirculado é selecionada tal que as emissões de óxido de nitrogênio são mantidas abaixo de um nível selecionado.

[007] A patente norte americana número **US 6.732.703** mostra uma disposição para minimização de emissões de **NO_x** e de particulados de fuligem. Aqui, o *spray* de combustível atinge a seção de piso de bojo interno (cavidade interna) durante injeção de maneira a resfriar a combustão e, por intermédio disso, diminuição da criação de **NO_x**. O combustível é injetado com alta pressão e o pistão é configurado para manter o *momentum* na pluma/chama de *spray* e na mistura de combustível/ar de maneira que boa misturação de oxigênio e fuligem disponíveis ocorre tardiamente no processo de combustão. Uma quantidade do *momentum* é perdida quando a pluma de *spray* atinge a seção de piso de bojo interno e quando duas chamas adjacentes atingem uma a outra durante progressão de chama circunferencial.

[008] A patente norte americana número **US 5.215.052** apresenta uma disposição para mistura aperfeiçoada de combustível/ar e perda de fluxo diminuída de expansão de chama em uma direção circunferencial no espaço de combustão.

[009] Isto é feito por provisão de um pistão com um recesso de pistão raso, e depressões no fundo de recesso de maneira que estas depressões possuem uma configuração corrugada em relação para a direção circunferencial do recesso de pistão, e primordialmente em um plano perpendicular para a movimentação recíproca do pistão. Ainda, uma quantidade de *momentum* irá ser perdida quando da progressão de chama em uma direção circunferencial que é perpendicular para a movimentação recíproca do pistão. Esta disposição não é adaptada para

oxidação de fuligem tardia reforçada.

[0010] A patente japonesa número **JP 59010733** apresenta uma câmara de combustão **(8)** com projeções **(10)** no topo do, e no interior do, bojo de pistão. Existe uma projeção para cada *spray*. Cada *spray* de combustível tem objetivo em sua projeção o aumento de velocidade de fluxo do *spray* ao longo da parede circunferencial do bojo de pistão quando este é lançado contra a projeção. Uma quantidade do *momentum* é perdida especialmente quando chamas adjacentes atingem uma a outra durante progressão de chama circunferencial.

[0011] **JP 59010733** divulga uma câmara de combustão compreendendo apenas projeções correspondentes ao segundo tipo de projeção descrita no presente pedido, por exemplo, progressos chama para parede do combustível injetado. JP59010733 está relacionado a motores com redemoinho.

[0012] O documento **JP 63195315** divulga uma câmara de combustão compreendendo projeções que podem ser consideradas de alguma forma parecidas com o primeiro tipo de projeção descrito no presente pedido. O combustível injetado colide com a parede interna em um ângulo θ_{1-4} de modo a criar um redemoinho. O combustível injetado atinge a parede não a meio entre as projeções como na presente invenção, mas em algum lugar em torno de 1/3 do caminho entre duas projeções. Não há interação chama para chama. Uma nuvem de pulverização no documento **JP 63195315** atinge ainda a parede no alto do bojo de pistão e redireciona a maior parte da pluma de pulverização para baixo.

[0013] Já o documento **JP 60093115** descreve uma

câmara de combustão compreendendo projeções que também podem ser consideradas de alguma maneira parecidas com o primeiro tipo de projeção descrito no presente pedido. Uma nuvem de pulverização em **JP 60093115** também atinge a parede no alto do bojo de pistão, e redireciona a maior parte da pluma de pulverização para baixo. Além disso, as projeções 5 com elevação b estão dispostas bem no alto do bojo de pistão, formando parte da lateral entre o bojo de pistão e a face superior do pistão. O objetivo desta geometria é abrir espaço para que uma vela 10 seja inserida na câmara de combustão sem colidir com a parede.

[0014] Devido para a vindoura futura legislação de emissões para motores de combustão existe uma necessidade para diminuir adicionalmente os níveis de emissão de fuligem de maneira a satisfazer demandas vindouras.

RESUMO DA INVENÇÃO

[0015] É, conseqüentemente, um objetivo da presente invenção o de superar as deficiências do estado da técnica e o de proporcionar um motor de combustão interna contendo uma disposição de câmara de combustão projetada para reduzir emissões de fuligem indesejáveis suficientemente para satisfazer novos limites de regulamentação. Por conseqüência, um objetivo importante do assunto da presente invenção é o de minimizar a quantidade de fuligem por promoção de eficiente recirculação de chama e, por intermédio disso "economizando" energia de mistura para a oxidação final de fuligem e combustível remanescente. A redução de fuligem é especialmente importante para combustíveis, tal como, por exemplo,

diesel. A presente invenção adicionalmente contribui para a redução de emissões de monóxido de carbono (**CO**) e emissões de hidrocarboneto (**HC**). A redução de **CO** e **HC** se torna especialmente importante para combustíveis, tal como, por exemplo, **DME** (dimetil éter ou éter dimetílico).

[0016] Um outro objetivo da presente invenção é o de proporcionar um motor em que a configuração, posição e dimensões de várias características da disposição de câmara de combustão, provocam que o *spray*/chama venha a colidir sobre a, e contatar a, superfície de bojo de pistão na seção de bojo externo e de maneira a otimizar preservação de energia cinética em movimentações de chama, primordialmente direcionada em um plano perpendicular para a movimentação recíproca do pistão.

[0017] Ainda um outro objetivo da presente invenção é o de proporcionar um motor a *diesel* que tem capacidade de operar com aperfeiçoamentos de emissão de fuligem significativos comparado com, por exemplo, um motor **USO2**, enquanto também satisfazendo restrições de projeto mecânico para um motor comercialmente aceitável.

[0018] Um objetivo mais específico da presente invenção é o de proporcionar um motor incluindo uma disposição de câmara de combustão possuindo dimensões e relações dimensionais para assegurar oxidação de suficiente quantidade de fuligem durante combustão para minimizar fuligem disponível para descarga para o sistema de exaustão. Isto pode ser feito sem aumento da criação de **NO_x**.

[0019] Em concordância com a presente invenção, os objetivos anteriormente mencionados e outros

objetivos mais detalhados podem ser conseguidos por provisão de um motor com uma câmara de combustão, compreendendo: um corpo de motor incluindo um cilindro de motor, uma cabeça de cilindro formando uma superfície interna da câmara de combustão e pelo menos um canal de admissão; um pistão posicionado para movimentação recíproca em referido cilindro de motor entre uma posição de ponto morto de fundo (inferior) e uma posição de ponto morto de topo (superior), referido pistão incluindo uma coroa de pistão compreendendo uma superfície superior voltando-se para a câmara de combustão, referida coroa de pistão contendo um bojo de pistão formado por uma cavidade de abertura direcionada externamente, referido bojo de pistão compreendendo uma porção de projeção possuindo uma extremidade distal e uma seção de piso de bojo interno se estendendo descendentemente em um ângulo de piso de bojo interno positivo a partir de um plano perpendicular para um eixo geométrico de reciprocidade do pistão, referido bojo de pistão adicionalmente compreendendo uma seção de bojo externo dilatada direcionada externamente possuindo uma configuração curvilínea côncava em seção transversal; um injetor montado sobre o corpo de motor adjacente de referida porção de projeção de referido bojo de pistão para injetar combustível para a câmara de combustão com alta pressão de injeção, referido injetor compreendendo uma pluralidade de orifícios dispostos para formar plumas de *spray* de combustível, que durante progressão se tornam chamas inflamadas que colidem dentro de áreas de colisão pré-determinadas sobre referida seção de bojo externo.

[0020] A presente invenção é caracterizada

pele fato de que referidas áreas de colisão estão na seção de bojo externo durante a maior parte da injeção, e de que substancialmente a meio caminho entre referidas áreas de colisão na seção de bojo externo e em um plano substancialmente perpendicular para referida movimentação recíproca são dispostas um primeiro tipo de projeções se projetando para a câmara de combustão e possuindo uma forma polida (lisa) adaptada para preservação de energia cinética na chama e para redirecionamento de progressão de chama circunferencial primordialmente em direção de um eixo geométrico central do pistão com mínima interação chama para chama.

[0021] Em concordância com uma concretização da presente invenção, um segundo tipo de projeções são dispostas em referida área de colisão. Referido segundo tipo de projeções sendo adaptado para redirecionamento de progressão de chama direcionada em direção da área de colisão primordialmente em uma direção de progressão de chama circunferencial em um plano substancialmente perpendicular para referida movimentação recíproca e com mínima interação de chama para parede de pistão e mínima perda de energia cinética.

[0022] Em uma concretização desenvolvida adicionalmente da presente invenção, referidas projeções possuem uma configuração de uma aresta (saliência) longitudinal que se estende somente na área de bojo externo em um plano substancialmente paralelo para referida movimentação recíproca de referido pistão. Em uma outra concretização da presente invenção, uma seção transversal, perpendicular para a extensão de referida aresta, de um

topo de referida aresta é formada com uma configuração encurvada com um raio médio que é de pelo menos $1/20$ de um raio de bojo de pistão de referido pistão. Em concordância com uma outra concretização da presente invenção, referido primeiro tipo de projeções está se projetando mais para a câmara de combustão comparado com referido segundo tipo de projeções.

[0023] Referido motor de combustão interna pode possuir uma primeira colisão em referida área de colisão quando do início de injeção e um segundo ponto de colisão em referida área de colisão quando do término de injeção. Referida aresta pode ser estendida pelo menos a partir de uma primeira posição disposta em um primeiro plano que é comum para referido primeiro ponto de colisão e referida primeira posição, e ascendente para uma segunda posição disposta em um segundo plano que é comum para referido segundo ponto de colisão e referida segunda posição. Referidos primeiro plano e segundo plano são perpendiculares para a movimentação recíproca de referido pistão.

[0024] Em uma concretização preferida adicional da presente invenção, referido eixo geométrico central é disposto para colidir referida seção de bojo externo durante a integridade de injeção.

[0025] Em uma outra concretização preferida adicional da presente invenção, referido canal de admissão é formado na cabeça de cilindro para direcionamento de ar de admissão para a câmara de combustão com nenhum ou baixo efeito de redemoinho durante operação.

[0026] Em uma concretização preferida

adicional da presente invenção, referido efeito de redemoinho possui uma proporção (razão) de redemoinho na faixa de 0,0 para 0,7.

[0027] Em uma outra concretização preferida adicional da presente invenção, uma geometria da seção de piso de bojo interno em relação para o eixo geométrico de *spray* é disposta de uma maneira tal que existem suficientes volume e distância entre a seção de piso de bojo interno e o eixo de geométrico *spray* de maneira que contato de perturbação entre o bocal não inflamado próximo da porção do *spray* e a seção de bojo interno é evitado.

[0028] Em uma outra concretização preferida adicional da presente invenção, referido combustível injetado, quando injetado, é disposto para formar uma mistura com referido ar de admissão em referida câmara de combustão, e em que referida mistura em si mesma se inflama quando comprimida por referido pistão.

[0029] Em uma outra concretização preferida adicional da presente invenção, referido motor é disposto para adicionar uma porção pré-determinada de gás de exaustão recirculado para referido ar de admissão, referida porção sendo adaptada de maneira que emissões de óxido de nitrogênio emergindo a partir de referida combustão são mantidas abaixo de um baixo nível selecionado.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0030] A seguir, a presente invenção irá agora ser descrita em maiores detalhes posteriormente com referência para os **Desenhos** das **Figuras** acompanhantes que, para o propósito de exemplificação, mostram concretizações preferidas adicionais da presente invenção e também o

panorama do estado da técnica, e em que:

A **Figura 1** diagramaticamente mostra uma vista de corte de um pistão e cilindro em um motor de combustão de uma concretização da presente invenção.

A **Figura 2** diagramaticamente mostra a metade direita do pistão na **Figura 1** com ângulo de reflexão do eixo central geométrico do *spray*.

A **Figura 3a** diagramaticamente mostra uma vista de topo do pistão na **Figura 1** com fluxos de *spray*/chama em concordância com uma concretização da presente invenção.

A **Figura 3b** diagramaticamente mostra uma concretização alternativa da concretização na **Figura 3a**.

A **Figura 4a** diagramaticamente mostra uma vista lateral correspondente dos fluxos de *spray*/chama na **Figura 3a**.

A **Figura 4b** diagramaticamente mostra uma vista lateral correspondente dos fluxos de *spray*/chama na **Figura 3b**.

A **Figura 5a** e até a **Figura 5i** mostram em três dimensões e diagramaticamente um pistão em concordância com a presente invenção com cilindro em **nove** diferentes considerações no ponto durante uma injeção de combustível e seqüência de combustão.

A **Figura 6** mostra uma vista em três dimensões da concretização mostrada na **Figura 3a** e na **Figura 4a**.

As **Figuras** são somente representações esquemáticas e a presente invenção não está limitada para as concretizações nelas representadas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0031] Para compreender as características

físicas únicas da câmara de combustão (7) em concordância com a presente invenção, atenção é inicialmente direcionada para a **Figura 1** e para a **Figura 2** ilustrando as várias características ou parâmetros física/os que são requerida/os para conseguir as vantagens de redução de emissão inesperadas da presente invenção.

[0032] Na **Figura 1**, uma vista diagramática é mostrada de um motor de combustão (1) que é projetado para funcionar (trabalhar) em concordância com o processo *diesel*. O motor (1) compreende um cilindro (2) e um pistão (3), que é recíproco no cilindro (2) e é conectado para um eixo de comando (4) de maneira que o pistão (3) é ajustado para reverter no cilindro (2) em uma posição de ponto morto superior e inferior. Como é também comum, uma extremidade da cavidade de cilindro é fechada por uma cabeça de cilindro de motor (14). O pistão (3) é proporcionado em sua superfície superior (5) com um bojo de pistão (6), que forma uma câmara de combustão (7), juntamente com a superfície interna (21) de uma cabeça de cilindro (14) e paredes do cilindro (2). Na cabeça de cilindro (14) um ou mais canais de indução (9) são dispostos. A conexão entre um respectivo canal de indução (9) e o cilindro (2) pode ser aberta e fechada com uma válvula de indução (10) disposta em cada canal de indução (9). Dispostos na cabeça de cilindro (14) estão também um ou mais canais de exaustão (11). A conexão entre um respectivo canal de exaustão (11) e o cilindro (2) pode ser aberta e fechada com uma válvula de exaustão (12) disposta em cada canal de exaustão (11). A abertura e fechamento da válvula de indução (10) e da válvula de exaustão (11) pode ser conseguida por um sistema

de atuação de excêntrico (came) mecânico ou hidráulico ou outro sistema motriz em seqüência de tempo cuidadosamente controlada com a movimentação recíproca do pistão **(3)**.

[0033] Na cabeça de cilindro **(14)** é disposto pelo menos um injetor de combustível **(13)**, através do qual combustível é injetado para o cilindro **(2)** como um *spray* de combustível de maneira que o combustível é misturado com gás comprimido no cilindro **(2)** para formar uma mistura combustível/gás, que é inflamada por calor de compressão gerado no cilindro **(2)**. A parte inflamada do *spray* forma uma chama. Durante injeção, uma parte do *spray* a mais próxima para o injetor com combustível injetado recentemente ainda não começou a queimar. O combustível é preferivelmente injetado com uma pressão muito alta. O injetor **(13)** inclui uma pluralidade de pequenos orifícios de injeção (não mostrados), formados na extremidade inferior de uma montagem de bocais do injetor **(13)** para permissão de que a alta pressão de combustível venha a fluir a partir da cavidade de bocal do injetor **(13)** para a câmara de combustão **(7)** com uma pressão muito alta para induzir misturação completa do combustível com a carga de ar de alta temperatura, comprimida, dentro da câmara de combustão **(7)**. Deveria ser compreendido que o injetor **(13)** pode ser de qualquer tipo de injetor que tem capacidade de injeção de combustível de alta pressão através de uma pluralidade de orifícios injetores para a câmara de combustão **(7)** da maneira descrita aqui posteriormente. Além do mais, o injetor **(13)** pode incluir um êmbolo mergulhador acionado mecanicamente alojado dentro do corpo de injetor para criação da alta pressão durante um curso de êmbolo em

avanço da montagem de êmbolo mergulhador. Alternativamente, o injetor **(13)** pode receber combustível de alta pressão a partir de uma fonte de alta pressão à montante tal como em um sistema de bocais em linha e bomba incluindo uma ou mais bombas de alta pressão e/ou um acumulador de alta pressão e/ou um distribuidor de combustível. O injetor **(13)** pode incluir uma válvula de controle de injeção acionada eletronicamente que supre combustível de alta pressão para a montagem de válvula de bocal para abrir um elemento de válvula de bocal, ou controla a drenagem de combustível de alta pressão a partir da cavidade de válvula de bocal para criar um desequilíbrio (desbalanço) de pressão sobre o elemento de válvula de bocal, por intermédio disso provocando que o elemento de válvula de bocal venha a abrir e fechar para formar um evento de injeção. Por exemplo, o elemento de válvula de bocal pode ser um elemento de válvula de bocal fechado de mola inclinada convencional acionado pela pressão de combustível. O injetor de combustível **(13)** é preferivelmente centralmente disposto na cabeça de cilindro **(14)** de maneira a que um eixo central geométrico do injetor de combustível **(13)** venha a coincidir com um eixo central geométrico **(15)** do cilindro **(2)**, eixo central geométrico **(15)** que também é um eixo geométrico de reciprocidade do pistão **(3)**, como mostrado na **Figura 1**.

[0034] O motor de combustão **(1)** mostrado na **Figura 1** funciona (trabalha) em concordância com o princípio de curso de quatro tempos. O motor de combustão **(1)** preferivelmente compreende uma pluralidade de cilindros **(2)**, cada um proporcionado com um pistão **(3)**, onde cada pistão **(3)** é conectado a um eixo de comando comum **(4)**

através de uma haste de conexão e, por conseqüência, provocando que o pistão **(3)** venha a ser recíproco ao longo de um caminho retilíneo dentro do cilindro **(2)** na medida em que o eixo de comando de motor **(4)** rotaciona.

[0035] A **Figura 1** ilustra a posição do pistão **(3)** acerca de **45 graus** antes de uma posição de ponto morto de topo (superior) [**TDC** *top dead center*]. Uma posição de **TDC** é conseguida quando o eixo de comando **(4)** é posicionado para movimentar o pistão para a posição a mais adicionalmente para fora a partir do eixo geométrico rotacional do eixo de comando **(4)**. Da maneira convencional, o pistão **(3)** se movimenta a partir da posição de ponto morto de topo para uma posição de ponto morto de fundo (inferior) [**BDC** *bottom dead center*] quando avançando através de cursos de êmbolo de admissão e força (energia). Para os propósitos deste relatório descritivo, a palavra "ascendente" e a palavra "ascendentemente" correspondem para a direção para fora a partir do eixo de comando **(4)** do motor e a palavra "descendente" e a palavra "descendentemente" correspondem para a direção em direção do eixo de comando **(4)** do motor ou posição de ponto morto de fundo do pistão **(3)**.

[0036] Em uma posição de **TDC**, a mais superior, o pistão **(3)** exatamente completou seu curso de êmbolo de compressão ascendente durante o qual o ar de carga possibilitado de adentrar a câmara de combustão **(7)** a partir do canal de indução **(9)** é comprimido, por intermédio disso elevando sua temperatura acima da temperatura de ignição do combustível do motor. Esta posição é aqui considerada como a posição de **360 graus** começando o curso

de êmbolo de expansão/combustão do completo ciclo de curso de quatro tempos de **720 graus** do pistão **(3)**. A quantidade de ar de carga que é provocada adentrar as câmaras de combustão pode ser aumentada por provisão de uma impulsão de pressão no *manifold* de admissão do motor. Esta impulsão de pressão pode ser proporcionada, por exemplo, por um *turbocharger* (não mostrado) tracionado por uma turbina energizada pela exaustão do motor, ou talvez tracionada pelo eixo de comando do motor.

[0037] O motor da presente invenção inclui componentes de câmara de combustão e características dimensionadas, configuradas e/ou posicionadas relativamente umas para as outras, como descrito aqui posteriormente, para vantajosamente reduzir matéria particulada [**(PM)** *particulate matter*] para níveis em, ou abaixo de, novos padrões regulamentares enquanto mantendo economia de combustível aceitável. A presente invenção é especialmente direcionada para reduzir emissões de fuligem. Fuligem é uma fração de **PM**.

[0038] Preferivelmente, as dimensões globais, configuração e/ou posicionamento relativo dos componentes e características da câmara de combustão são tais que o *momentum* do *spray* de combustível/chama de gás de cilindro de queima, é preservado tanto quanto possível sobre seu caminho a partir do injetor em uma direção ligeiramente descendente seguindo a configuração da seção de piso de bojo interno **(19)** e da seção de bojo externo **(20)**, e adicionalmente ascendente até que colisão com a superfície interna **(21)** da cabeça de cilindro **(14)** venha a ocorrer, por conseqüência, assegurando suficiente oxidação de

fuligem tardia no evento de combustão.

[0039] Adicionalmente, as dimensões, configuração e/ou posicionamento relativo dos componentes e características de câmara de combustão são tais que um nível pré-determinado de equilíbrio (balanço) entre *momentum* vertical (primordialmente ascendente) e *momentum* tangencial [direcionado em um plano perpendicular para o eixo geométrico (15)] do *spray* de combustível/chama é conseguido. Este equilíbrio é importante de se alcançar de maneira a se ter capacidade para conseguir níveis de emissão de fuligem muito baixos. Os parâmetros controlando o equilíbrio são selecionados de maneira tal que o *spray*/chama depois de ter colidido com a seção de bojo externo (20) é primordialmente direcionado em uma direção ascendente em direção da superfície interna (21) da cabeça de cilindro (14), de maneira a minimizar perda de *momentum*.

[0040] Preferivelmente, a movimentação vertical e a movimentação tangencial da chama formam um padrão (modelo) configurado em leque (ventoinha) (ver também a **Figura 5d**, explanada posteriormente) exatamente depois de colisão com a seção de bojo externo (20), onde aproximadamente 1/3 das movimentações de chama são direcionadas ascendentemente, como indicado com (Y) na **Figura 4**, e o restante sendo direcionado em uma direção tangencial (horizontal), como indicado com (X_R) para as partes da chama se voltando à direita e com (X_L) para as partes da chama se voltando à esquerda como mostrado na **Figura 3a** e na **Figura 3b**. Esta presente invenção é particularmente direcionada em direção do reforço do redirecionamento das movimentações horizontais da chama,

isto é, quando a chama muda de direção a partir de ser direcionada em direção do bojo externo para ser direcionada em referida direção tangencial, e adicionalmente, o redirecionamento da movimentação tangencial para uma movimentação direcionada em direção do eixo geométrico **(15)**, que é observada a partir de cima na **Figura 3a** e na **Figura 3b**.

[0041] As dimensões, configuração e/ou posicionamento relativo dos componentes e características de câmara de combustão como descrito/as aqui posteriormente resulta em uma câmara de combustão que tem capacidade de formação, direcionamento, controle e criação de um padrão (modelo) de combustível injetado e da maior parte de todo combustível de queima/(chama) de mistura de gás de cilindro dentro da câmara de combustão **(7)** durante tanto os estágios iniciais de injeção de combustível e quanto durante a iniciação de combustão e expansão dos gases resultantes durante o curso de êmbolo de força do pistão **(3)** e depois do término de injeção de maneira a conseguir redução muito alta de emissões de fuligem especialmente, mas também de monóxido de carbono e de hidrocarboneto.

[0042] Mais particularmente, a porção superior de pistão **(3)** pode ser referida para como a coroa de pistão **(16)**. A coroa de pistão **(16)** inclui a superfície superior **(5)** parcialmente formando a câmara de combustão **(7)** e um bojo de pistão **(6)** formado por uma cavidade de abertura direcionada ascendentemente. O bojo de pistão **(6)** inclui uma porção de projeção **(17)** preferivelmente posicionada no, ou próxima do, centro de bojo de pistão **(6)**. A porção de projeção **(17)** inclui uma extremidade distal **(18)**

posicionada, na concretização preferida da presente invenção mostrada na **Figura 1**, no centro de bojo de pistão **(6)** e, por consequência, posicionada ao longo do eixo geométrico de reciprocidade **(15)** do pistão **(3)**. A porção de projeção **(17)** também inclui uma seção de piso de bojo interno **(19)** se estendendo a partir da porção de projeção **(17)** descendentemente em um ângulo de piso de bojo interno **(α)** a partir de um plano perpendicular para o eixo geométrico de reciprocidade **(15)** do pistão **(3)** como mostrado na **Figura 1**.

[0043] O bojo de pistão **(6)** também inclui uma seção de bojo externo dilatada ascendentemente **(20)** possuindo uma configuração genericamente curvilínea côncava em seção transversal diamétrica. A seção de bojo externo **(20)** efetivamente configura e direciona o fluxo da mistura ou chama de combustível/ar dentro da câmara de combustão **(7)**, especialmente na direção ascendente (como mais bem mostrado na **Figura 4**).

[0044] A **Figura 2** diagramaticamente mostra a metade direita da configuração de bojo do pistão na **Figura 1** com ângulo de reflexão **(γ)** do eixo central geométrico **(30)** do *spray* (abaixo designado de eixo geométrico de *spray*) e ângulo de eixo geométrico de *spray* **(β)** (abaixo designado de ângulo de *spray*). A seção de bojo externo **(20)** é designada com um raio particular **(R_1)** e uma localização particular para um centro de raio com **(CR_1)**. **(D_1)** adicionalmente indica a distância entre a extremidade distal **(18)** e o ponto de cruzamento **(C)** dos diversos eixos geométricos de *spray* no injetor **(13)**. A distância **(D_2)** indica a duração da injeção e mudança/movimentação de ponto

de colisão de eixo geométrico de *spray* durante a movimentação descendente do pistão **(3)**. A posição de partida e final de **(D₂)** é dependente do tempo de duração (quantidade de combustível a ser injetada) e tempo de regulagem da injeção. A partida de injeção é na extremidade inferior da distância **(D₂)** e o final de injeção é na extremidade superior da distância **(D₂)**. **(R₂)** indica um raio na tampa ou borda conectando o bojo externo **(20)** com a superfície superior **(5)** do pistão **(3)**. O centro de raio **(R₂)** é indicado com **(CR₂)**. **(R₃)** indica o raio de bojo de pistão **(6)**. Enquanto a configuração geral da câmara de combustão tem antecedência no estado da técnica, é a configuração específica, e de mais importância, são as dimensões críticas e as relações dimensionais descritas aqui posteriormente que resultam no desempenho funcional aperfeiçoado da presente invenção.

[0045] O valor do ângulo de reflexão durante uma injeção é fortemente dependente da seleção de diversos parâmetros geométricos, tais como **(D₁)**, **(R₁)**, **(β)** e raio de bojo de pistão **(R₃)**, paralelamente ao tempo de regulagem de injeção e duração de injeção.

[0046] Em concordância com a presente invenção do presente pedido de patente, e como já introduzido anteriormente na **Figura 3a** e na **Figura 3b**, se apresentam duas concretizações preferidas da presente invenção, e onde a **Figura 3a** mostra uma concretização com somente um primeiro tipo de projeção **(40)** uniformemente distribuído em torno da circunferência do bojo externo de pistão **(6)**. Referido primeiro tipo de projeções é disposto aproximadamente a meio caminho entre as áreas de colisão

(41) de duas chamas adjacentes (na **Figura 3a** e na **Figura 3b** indicadas pelas duas flechas as maiores).

[0047] Em uma concretização preferida da presente invenção, referido primeiro tipo de projeções possui uma forma de uma aresta que se estende na direção vertical, por consequência, na **Figura 3a** e na **Figura 3b** as projeções são observadas em uma seção transversal a partir de cima. Referida seção transversal poderia formar uma linha horizontal (não mostrada) na **Figura 2**, onde referida linha horizontal cruza através da área de colisão indicada por **(D₂)** na **Figura 2**. Por consequência, referido primeiro tipo de projeção é disposto no mesmo plano horizontal como as áreas de colisão das diferentes chamas. Preferivelmente, uma aresta do primeiro tipo de projeção se estende em comprimento correspondendo para o comprimento de uma área de colisão. Por consequência, referida aresta de referido primeiro tipo de projeção se estende pelo menos a partir de uma primeira posição disposta em um primeiro plano horizontal que é comum para referido primeiro ponto de colisão [ponto de extremidade inferior de distância **(D₂)**] e referida primeira posição, e ascendente para uma segunda posição disposta em um segundo plano horizontal que é comum para referido segundo ponto de colisão [ponto de extremidade superior de distância **(D₂)**] e referida segunda posição. Todos os planos mencionados são perpendiculares para a movimentação recíproca de referido pistão **(3)** ou eixo central geométrico **(15)** do cilindro **(2)**.

[0048] Referidas projeções, quando observadas em uma seção transversal como na **Figura 3a** ou na **Figura 3b**, poderiam possuir diferentes formas. Em uma concretização da

presente invenção, o topo da aresta pode ser mais agudo (não mostrado). Em uma outra concretização da presente invenção, a extremidade da base da aresta pode ser menos aguda com uma transição mais suave entre a parte de aresta e a configuração circular da seção de bojo externo (não mostrada). Uma combinação de um topo mais agudo da aresta e transição mais suave a partir da aresta para configuração circular da seção de bojo externo é também possível (não mostrada). Cada metade de uma largura **(43)** da base de uma aresta pode ser estendida ascendente para, por exemplo, aproximadamente **1/3** de uma distância de setor de *spray* total **(42)** ao longo da configuração circular de uma seção de bojo externo.

[0049] A **Figura 3b** mostra uma concretização da presente invenção, com referido primeiro tipo de projeção e um segundo tipo de projeção **(50)**. Referido segundo tipo de projeção **(50)** redireciona a movimentação horizontal da chama a partir de uma direção em direção da área de bojo externo (área de colisão) para as direções tangenciais **(X_R)** e **(X_L)**.

[0050] Em uma concretização da presente invenção, uma seção transversal perpendicular para a extensão de referidas arestas de referido primeiro ou referido segundo tipo de projeção apresenta um topo de referida aresta que é formada com uma configuração encurvada com uma média de raio que é de pelo menos **1/20** do raio de bojo de pistão **(R₃)**. A configuração de uma tal seção transversal pode ser o resultado de diversas curvas matematicamente definidas.

[0051] Em uma outra concretização da presente

invenção, referido primeiro tipo de projeções está se projetando mais para a câmara de combustão **(7)** comparado com referido segundo tipo de projeções. O oposto é também possível, ou que referido primeiro tipo de projeções ou segundo tipo de projeções são idênticos em tamanho.

[0052] Um topo de uma projeção de referido primeiro tipo e referido segundo tipo é a parte que se projeta o mais adicionalmente para a câmara de combustão **(7)**. Em uma concretização da presente invenção, um topo de referido primeiro tipo de projeção é posicionado a meio caminho entre referida área de colisão e ao longo de referida distância **(D₂)** quando observado em uma direção vertical. Em uma outra concretização da presente invenção, um topo do segundo tipo de projeção é posicionado na metade de uma área de colisão e ao longo de referida distância **(D₂)**.

[0053] Uma concretização onde apenas o segundo tipo de projeções está presente é também possível.

[0054] Como indicado anteriormente, o combustível deveria ser injetado com uma alta pressão de injeção. Um exemplo de intervalo de pressão de injeção médio é de **300 bar** até **4.000 bar**, e em uma concretização exemplificativa adicional, a faixa pode ser de **1.500 bar** até **2.500 bar**. A pressão de injeção é um parâmetro importante para assegurar alto *momentum* no fluxo de *spray*/chama através de toda a movimentação ao longo da seção de piso de bojo interno, da seção de fluxo de bojo externo, da colisão com a superfície interna da cabeça de cilindro e, em particular, das movimentações do gás de cilindro seguindo o **EOI** (término de injeção).

[0055] Um outro parâmetro de câmara de combustão para controle de emissões é a razão (proporção) de redemoinho (**SR**) do fluxo de ar que é gerado pelos canais de indução (**9**). A razão de redemoinho **SR** é a uma razão da velocidade tangencial do ar circulando (rodopiando) em torno da câmara de combustão (**7**) dividida pela velocidade de motor. O que significa, a razão de redemoinho é uma mensuração do movimento tangencial do ar na medida em que este ar adentra o cilindro de motor a partir dos canais de indução (**9**) da cabeça de cilindro (**14**). Precisamente, a expressão razão de redemoinho se refere para a média em velocidade angular em cilindro do ar em fechamento de válvula de admissão dividida pela velocidade angular de pistão de cilindro. Por exemplo, um motor funcionando (rodando) em **1.800 rpm** com uma cabeça de cilindro gerando um movimento de ar com uma razão de redemoinho de **2** implica em que o ar no cilindro em fechamento de válvula de admissão está rotacionando com uma média de velocidade angular de **3.600 rpm**. Quanto mais alta a razão de redemoinho, maior é o efeito de redemoinho do ar ou mistura de ar e combustível, enquanto quanto mais baixa a razão de redemoinho, menor é o efeito de redemoinho. O efeito de redemoinho é um movimento genericamente tangencial que sobre compressão pelo pistão (**3**) cria turbulência e auxilia no processo de combustão.

[0056] Em concordância com uma concretização da presente invenção, para se ter capacidade para assegurar controle da movimentação de *spray*/chama durante a integridade de combustão, o *momentum* criado pela pressão de injeção deveria ser perturbado tão pouco quanto possível.

Por conseqüência, em concordância com a presente invenção, baixo redemoinho é preferível para se ter capacidade para conseguir vantagem máxima da presente invenção quando as projeções de referido primeiro tipo e referido segundo tipo são simétricas como indicado anteriormente e nas **Figuras**. Nesta descrição, um redemoinho abaixo de **1,0** é considerado sendo baixo redemoinho. O depositante descobriu que a razão de redemoinho abaixo de **0,7** é preferível, e até mesmo mais preferível é uma razão de redemoinho abaixo de **0,5** e descendente para **zero** para as concretizações descritas anteriormente.

[0057] Em uma concretização adicional da presente invenção, mais redemoinho pode ser possibilitado. Em uma tal concretização da presente invenção, as projeções do primeiro tipo e do segundo tipo são adaptadas para uma faixa de redemoinho particular. A adaptação pode ser feita por se possuir uma forma das projeções (especialmente o topo) que é impulsionada (varrida) para um determinado grau na descrição seguinte do redemoinho.

[0058] **(R₁)** deveria ser suficientemente grande de maneira a criar uma curvatura em seção de bojo externo **(20)** que fortemente mantém o *momentum* no *spray/chama*. A seção de bojo externo **(20)** é também designada para prevenir *momentum* excessivo no *spray/chama* em uma direção ou em diversas direções que deve/m provocar que o *spray/chama* venha a progredir excessivamente em uma determinada direção, comparada com outras direções, provocando estagnação indesejável do *spray/chama* e, por conseqüência, deixando para trás emissões de fuligem aumentadas. Quando de dimensionando de referido primeiro tipo e/ou segundo

tipo de projeções, prevenção de *momentum* excessivo no *spray*/chama deveria também ser considerada.

[0059] Como já indiretamente mencionado anteriormente, um aspecto importante da presente invenção, envolve orientação do eixo geométrico central de cada orifício em um ângulo de *spray* (β) mensurado entre um plano perpendicular para o eixo geométrico de reciprocidade do pistão e um eixo geométrico central (30) de cada *spray* (Figura 2) de maneira que o eixo geométrico de *spray* (30) colide com a seção de bojo externo (20) durante pelo menos uma parte da duração de injeção. A geometria da seção de piso de bojo interno (19) em relação para o eixo geométrico de *spray* (30) é tal que existem suficientes volume e distância entre a seção de piso de bojo interno (19) e o eixo geométrico de *spray* (30) de maneira que contato de perturbação entre o bocal não inflamado próximo da porção do *spray* e a seção de bojo interno (19) é evitado. Esta ação provoca que o eixo geométrico de *spray* (30) venha a ser direcionado em direção da seção de bojo externo (20) com mínimo contato com a seção de piso de bojo interno (19), por consequência, evitando perturbação da ignição do *spray*. Desta maneira, contribuição é feita para maximizar a preservação de *momentum* de *spray*/chama ascendente para o *spray*/chama que colide com a seção de bojo externo (20).

[0060] Um outro importante parâmetro de câmara de combustão (7) significativamente afetando emissões de fuligem é o número de orifícios de injeção ou de *spray* no injetor (13). Em concordância com uma concretização da presente invenção, pelo menos **quatro** orifícios de injeção são utilizados para entregar combustível para câmara de

combustão **(7)**. Para um motor de combustão de tamanho de caminhão, preferivelmente, **cinco** orifícios de injeção até **sete** orifícios de injeção podem ser utilizados. Motores com diâmetro de pistão maior possuem espaço para mais orifícios. O número de orifícios é dependente de quanto próximo os pontos de colisões de **dois** *sprays* adjacentes vêm a contato um com o outro. O número de orifícios de injeção **(N)** é crítico para criação do equilíbrio apropriado, mencionado anteriormente, entre a movimentação vertical e a movimentação tangencial do *spray*/chama. Se existem excessivos orifícios de injeção, a distância entre os diferentes pontos de colisões de eixo geométrico de *spray* (com a seção de bojo externo) deveria se tornar próxima uma para a outra de maneira que um retorno (uma volta) suave em torno da movimentação (recirculação) do *spray* em um plano horizontal deveria ser restringida, e a movimentação vertical ascendente poderia se tornar excessivamente forte, o que poderia resultar em regiões de *spray*/chama onde substancialmente todo *momentum* é perdido, por consequência, a pós-oxidação de fuligem deveria diminuir. Um outro importante parâmetro que afeta a recirculação é taxa de alimentação de combustível.

[0061] De maneira a aumentar o entendimento do controle de *spray*/chama inventivo no plano horizontal, a **Figura 5a** e até a **Figura 5i**, mostram em três dimensões e diagramaticamente um pistão **(3)** com cilindro **(2)** em **nove** diferentes considerações no ponto durante uma injeção de combustível e seqüência de combustão, isto é, a partir de aproximadamente **5 graus** antes de **TDC** até um ponto no tempo tardio na seqüência de combustão, isto é, mais longo após

TDC. Observe-se que as projeções em concordância com a presente invenção não estão incluídas na **Figura 5a** e até a **Figura 5i**. O propósito destas **Figuras** é o de tentar visualizar a progressão de **duas** chamas adjacentes. O começo de um eixo geométrico de *spray* **(30)** de **dois** *sprays* posicionados adjacentes é indicado com uma linha tracejada na **Figura 5a** e até a **Figura 5i**. De maneira a aumentar a clareza da **Figura 5a** e até a **Figura 5i**, somente **dois** de diversos *sprays* são mostrados.

[0062] A **Figura 5a** mostra início de injeção (**SOI**). Existe um atraso (retardo) de ignição, que ocorre entre **SOI** e ignição do combustível.

[0063] A **Figura 5b** mostra início de injeção (**SOC**). As áreas brancas indicam chamas de gás de cilindro de queima.

[0064] A **Figura 5c** mostra quando as chamas colidem com a seção de bojo externo **(20)** (chama para parede: *FlameToWall*). A direção de movimentação da chama esquerda (correspondendo é contada para a chama direita) é indicada com uma flecha. Por consequência, as chamas se movimentam a partir do injetor **(13)** em direção da seção de bojo externo **(20)**.

[0065] A **Figura 5d** mostra quando as chamas encontram umas as outras (chama para chama: *FlameToFlame*). A colisão é indicada por aquelas **duas** das **quatro** flechas que estão apontando umas para as outras. Um importante equilíbrio entre movimentação vertical e movimentação tangencial pode ser conseguido quando as chamas depois da primeira colisão com a seção de bojo externo (**Figura 5c**) são espalhadas em um padrão (modelo) configurado em leque

(ventoinha) solar como indicado na **Figura 5d**. Isto é conseguido por seleção de parâmetros de câmara de combustão dentro de faixas pré-definidas. As flechas verticais na **Figura 5d** correspondem para **(Y)** na **Figura 4a** e na **Figura 4b**, e a flecha apontando para a direita na **Figura 5d** corresponde para **(X_R)** na **Figura 3a** ou na **Figura 3b** e, finalmente, a flecha apontando para a esquerda na **Figura 5d** corresponde para **(X_L)** na **Figura 3a** e na **Figura 3b**.

[0066] A **Figura 5e** mostra quando as chamas colidem com a superfície interna **(21)** da cabeça de cilindro **(14)** (chama para cabeça: *FlameToHead*). Isto é indicado por uma área tracejada nas chamas. Dentro de referida área tracejada as chamas estão em contato com a superfície interna **(21)** da cabeça de cilindro **(14)**. As **duas** flechas na chama esquerda indicam as movimentações principais das chamas ao longo de referida superfície interna **(21)**.

[0067] A **Figura 5f** mostra a importante recirculação de chama, que é forçada pela interação chama para cabeça (*FlameToHead*) e chama para chama (*FlameToFlame*) e que é o resultado de primordialmente seleção de parâmetros de câmara de combustão dentro de faixas pré-definidas de maneira que referido equilíbrio entre movimentações de chama vertical e tangencial é conseguido. Os parâmetros decidindo as dimensões de referidas projeções em concordância com a presente invenção são um de diversos parâmetros que podem ser utilizados para controle de chama. Uma determinada escolha de referidos parâmetros controla tempo de regulagem e posição de referida recirculação de chama, mostrada especialmente na **Figura 5f**, mas também na **Figura 5g** e até na **Figura 5i**. As projeções em concordância

com a presente invenção adicionalmente reforçam os efeitos positivos de referida recirculação de chama. Especialmente, uma interação chama para chama (*FlameToFlame*) simétrica cria vórtices de recirculação de chama úteis. As flechas indicam a direção de movimentação da recirculação de chama, que são direcionadas de volta para a câmara de combustão **(7)**. O baixo redemoinho é aqui indiretamente uma razão para misturação mais intensiva graças para a criação de tração em simetria de vórtices induzidos de chama para chama (*FlameToFlame*). Com suficiente energia de misturação (*momentum*) esquerda, esta recirculação de chama contribui para misturar e queimar o último combustível injetado (e produção de fuligem) e, por conseqüência, também oxidar fuligem tardia na seqüência de combustão.

[0068] A **Figura 5g** mostra término de injeção (**EOI**), por conseqüência, *momentum* a partir da pressão de injeção terminou e movimentações adicionais do gás de cilindro dependem primordialmente de *momentum* proporcionado precedentemente a partir da pressão de injeção.

[0069] A **Figura 5h** mostra oxidação de fuligem e diluição de *spray* pós **EOI** (término de injeção), devido para a misturação poderosa dos gases de cilindro/chama.

[0070] A **Figura 5i** mostra oxidação de fuligem de bolsa de pós-queima rica tardia, que a presente invenção corrente tem intenção de aumentar com melhor controle das movimentações de *spray*/chama horizontais com o propósito de preservar *momentum* nos gases de cilindro adicionalmente, e por conseqüência, tanto quanto possível, depois do **EOI** (término de injeção).

[0071] Uma importante vantagem da presente

invenção é a de que pós-oxidação de fuligem reforçada em baixa temperatura pode existir sem formação de óxidos de nitrogênio (NO_x) significativa. As diferentes concretizações da presente invenção para redução de particulados/emissões de fuligem podem, vantajosamente, ser combinadas com diferentes disposições de pós-tratamento de exaustão conhecidas para redução de NO_x , (e também armadilhas de fuligem) para diminuir as emissões de NO_x ainda mais adicionalmente. A presente invenção pode vantajosamente também ser combinada com um dispositivo de recirculação de gás de exaustão (EGR), pelo qual o nível de emissões de NO_x pode ser controlado quase independentemente das emissões de particulados/fuligem (ver, por exemplo, a patente europeia número **EP 1.216.347**).

[0072] Combinações dos parâmetros de câmara de combustão anteriormente descritos selecionados dentro de faixas específicas proporcionam vantagens em redução de emissões de fuligem/particulados em comparação com projetos de motor convencionais, incluindo especificamente satisfazer os novos padrões de emissões relativos especialmente para fuligem. A câmara de combustão da presente invenção **(7)**, paralelamente às projeções da presente invenção mencionadas, especificamente inclui um ângulo de reflexão (γ), baixo redemoinho e alta pressão de injeção e os efeitos positivos da presente invenção podem adicionalmente ser aumentados em combinação com seleção correta de um parâmetro ou de diversos dos outros parâmetros anteriormente mencionados.

[0073] A presente invenção pode ser utilizada em motores tracionados por combustíveis, tais como, por

exemplo, *diesel*, **DME** (dimetil éter ou éter dimetílico) ou os assemelhados.

[0074] A presente invenção como apresentada pode ser aplicada sobre motores de tamanho de carro de passageiros e para um motor de tamanho maior de uma grande embarcação.

[0075] A presente invenção não deve ser considerada como sendo limitada para as concretizações descritas anteriormente, e deverá ser observado por aqueles especializados no estado da técnica que um número de variações e de modificações é conceptível dentro do escopo de proteção e conceito inventivo da presente invenção como estabelecidos pelas reivindicações de patente posteriormente.

REIVINDICAÇÕES

1. Motor de combustão interna (1) com uma câmara de combustão (7), compreendendo: um corpo de motor incluindo um cilindro de motor (2), uma cabeça de cilindro (14) formando uma superfície interna (21) da câmara de combustão (7) e pelo menos um canal de entrada (9); um pistão (3) posicionado para movimentação recíproca em referido cilindro de motor (2) entre uma posição de ponto morto de fundo (inferior) e uma posição de ponto morto de topo (superior), referido pistão (3) incluindo uma coroa de pistão (16) compreendendo uma superfície superior (5) voltando-se para a câmara de combustão (7), referida coroa de pistão (16) contendo um bojo de pistão (6) formado por uma cavidade de abertura direcionada externamente, referido bojo de pistão (6) compreendendo uma porção de projeção (17) possuindo uma extremidade distal (18) e uma seção de piso de bojo interno (19) se estendendo descendentemente em um ângulo de piso de bojo interno (α) no sentido horário a partir de um plano perpendicular para um eixo geométrico de reciprocidade (15) do pistão (3) e quando observado pelo lado da metade direita do pistão, referido bojo de pistão (6) adicionalmente compreendendo uma seção de bojo externo dilatada direcionada externamente (20) possuindo uma configuração curvilínea côncava em seção transversal; um injetor (13) montado sobre o corpo de motor adjacente de referida porção de projeção (17) de referido bojo de pistão (6) para injetar combustível para a câmara de combustão (7) com alta pressão de injeção, referido injetor compreendendo uma pluralidade de orifícios dispostos para formar plumas de *spray* de combustível, que durante progressão se tornam

chamas inflamadas que colidem dentro de áreas de colisão pré-determinadas sobre referida seção de bojo externa **(20)**, **caracterizado pelo fato** de que referidas áreas de colisão estão na seção de bojo externo **(20)** durante a maior parte da injeção, devido ao eixo geométrico central de cada orifício em um ângulo de *spray* (β) mensurado entre um plano perpendicular para o eixo geométrico de reciprocidade do pistão e um eixo geométrico central **(30)** de cada *spray* de maneira que o eixo geométrico de *spray* **(30)** colide com a seção de bojo externo **(20)** e a geometria da seção de piso de bojo interno **(19)** em relação ao eixo geométrico de *spray* **(30)** é tal que existe um volume e distância entre a seção de piso de bojo interno **(19)** e o eixo geométrico de *spray* **(30)** de maneira que contato de perturbação entre o bocal não inflamado próximo da porção do *spray* e a seção de bojo interno **(19)** é evitado, e de que substancialmente a meio caminho entre referidas áreas de colisão na seção de bojo externa **(20)** e em um plano perpendicular para referida movimentação recíproca, são dispostas um primeiro tipo de projeções se projetando para a câmara de combustão **(7)** e possuindo uma forma lisa adaptada para preservação de energia cinética na chama e para redirecionamento de progressão de chama circunferencial primordialmente em direção de um eixo geométrico central do pistão **(3)** com mínima interação chama para chama, e onde cada uma de referidas projeções possui uma configuração de uma aresta (saliência) longitudinal que se estende somente na área de bojo externo **(20)** em um plano substancialmente paralelo para referida movimentação recíproca, onde uma seção transversal, perpendicular a extensão de referida aresta,

de um topo de referida aresta é formada com uma configuração encurvada com um raio médio que é de pelo menos $1/20$ de um raio (R_3) de bojo de pistão de referido pistão (3), onde cada metade de uma largura (43) da base de uma aresta pode ser estendida ascendente para, até $1/3$ de uma distância de setor de spray total (42) ao longo da configuração circular de uma seção de bojo externo.

2. Motor de combustão interna (1), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que um segundo tipo de projeções são dispostas em referida área de colisão, referido segundo tipo de projeções sendo adaptado para redirecionamento de progressão de chama direcionada em direção da área de colisão primordialmente em uma direção de progressão de chama circunferencial em um plano substancialmente perpendicular para referida movimentação recíproca e com mínima interação de chama para parede de pistão e mínima perda de energia cinética.

3. Motor de combustão interna (1), de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato** de que referido primeiro tipo de projeções está se projetando mais para a câmara de combustão (7) comparado com referido segundo tipo de projeções.

4. Motor de combustão interna (1), de acordo com a reivindicação 1, com uma primeira colisão em referida área de colisão quando do início de injeção e um segundo ponto de colisão em referida área de colisão quando do término de injeção, **caracterizado pelo fato** de que referida aresta é estendida pelo menos a partir de uma primeira posição disposta em um primeiro plano que é comum para referido primeiro ponto de colisão e referida primeira

posição, e ascendente para uma segunda posição disposta em um segundo plano que é comum para referido segundo ponto de colisão e referida segunda posição, e onde referidos primeiro plano e segundo plano são perpendiculares para a movimentação recíproca de referido pistão (3).

5. Motor de combustão interna (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que um eixo geométrico central (30) de referidos orifícios é disposto para colidir referida seção de bojo externa (20) durante a integridade de injeção.

6. Motor de combustão interna (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referido canal de admissão (9) é formado na cabeça de cilindro (14) para direcionamento de ar de admissão para a câmara de combustão (7) com nenhum ou baixo efeito de redemoinho durante operação.

7. Motor de combustão interna (1), de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado pelo fato** de que referido efeito de redemoinho é resultante em uma proporção (razão) de redemoinho na faixa de 0,0 para 0,7.

8. Motor de combustão interna (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que uma geometria da seção de piso de bojo interno (19) em relação ao eixo geométrico de *spray* (30) é disposta de uma maneira tal que existem suficientes volume e distância entre a seção de piso de bojo interno (19) e o eixo geométrico de *spray* (30) de maneira que contato de perturbação entre o bocal não

inflamado próximo da porção do *spray* e a seção de bojo interno **(19)** é evitado.

9. Motor de combustão interna **(1)**, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referido combustível injetado, quando injetado, é disposto para formar uma mistura com referido ar de admissão em referida câmara de combustão **(7)**, e em que referida mistura em si mesma se inflama quando comprimida por referido pistão **(3)**.

10. Motor de combustão interna **(1)**, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referido motor de combustão interna **(1)** é disposto para adicionar uma porção pré-determinada de gás de exaustão recirculado para referido ar de admissão, referida porção sendo adaptada de maneira que emissões de óxido de nitrogênio emergindo a partir de referida combustão são mantidas abaixo de um baixo nível selecionado.

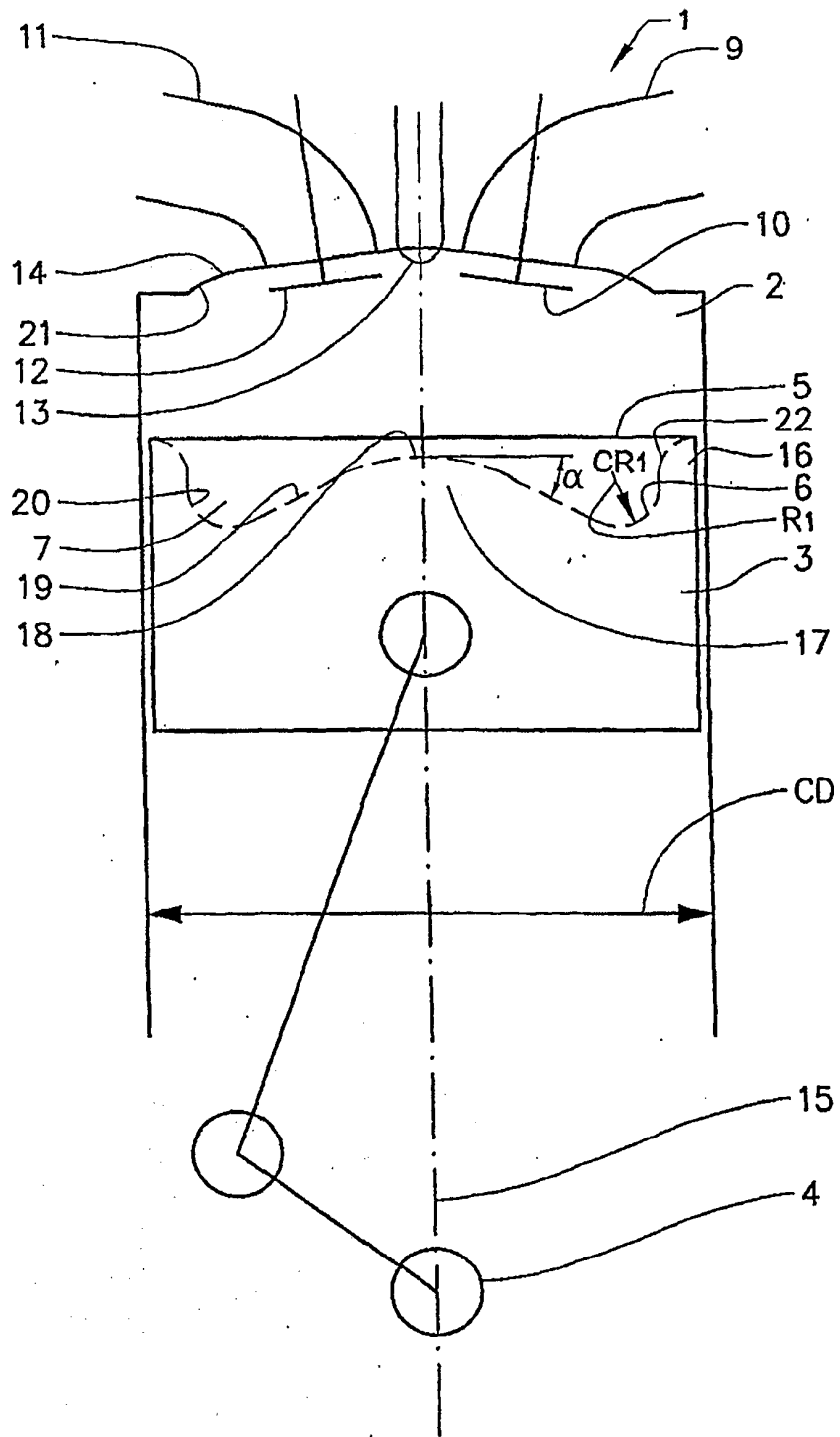


FIG. 1

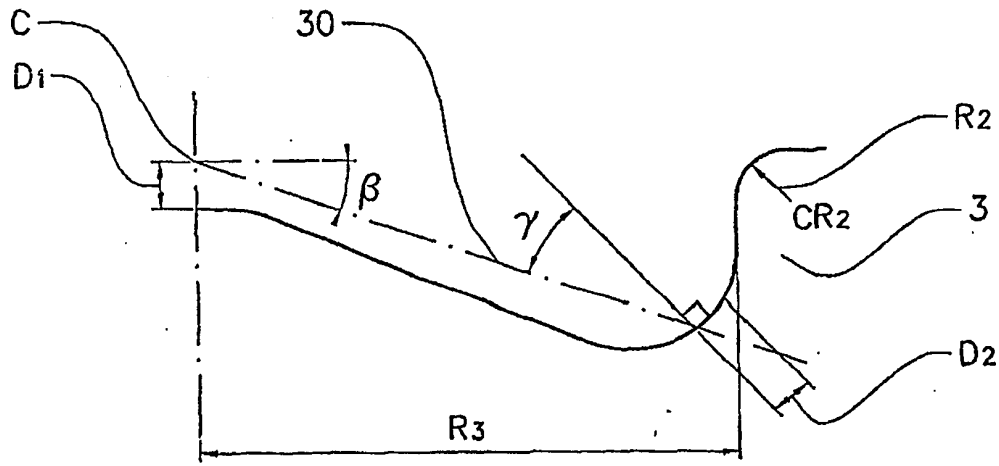


FIG. 2

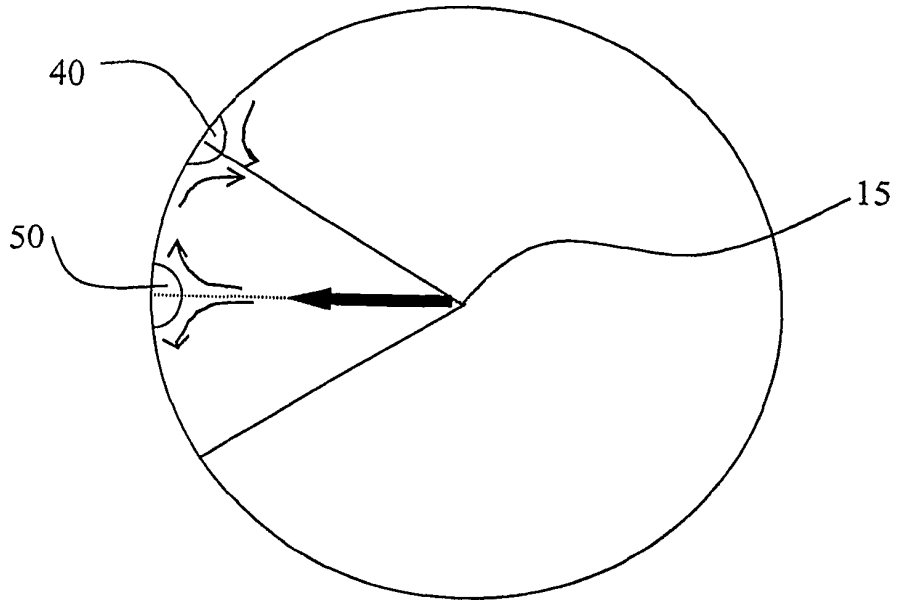


Fig. 3b

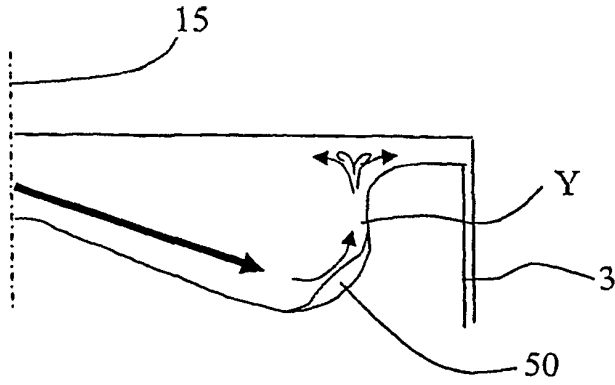


Fig. 4b

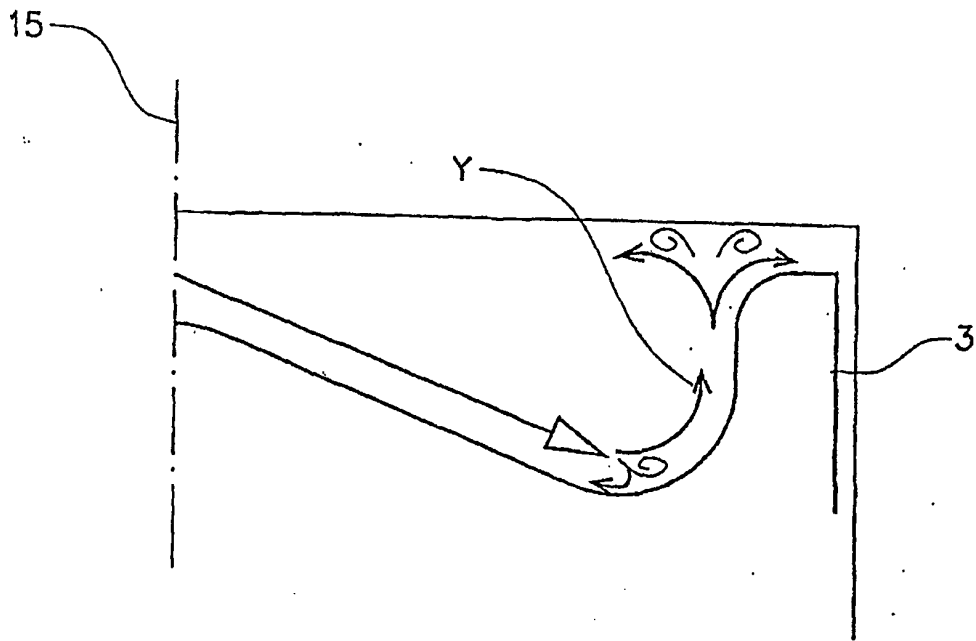


FIG. 4a

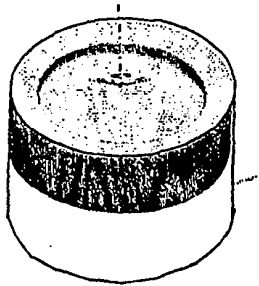


Fig. 5a

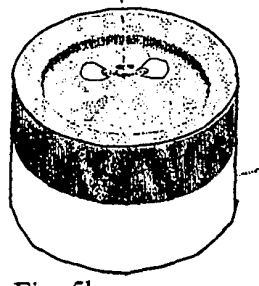


Fig. 5b

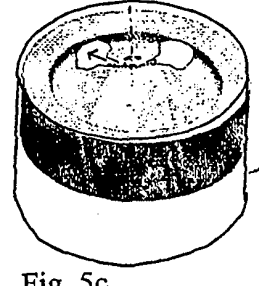


Fig. 5c

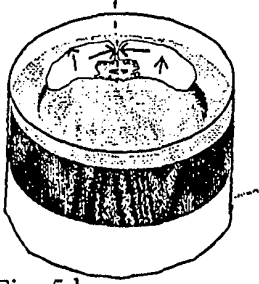


Fig. 5d

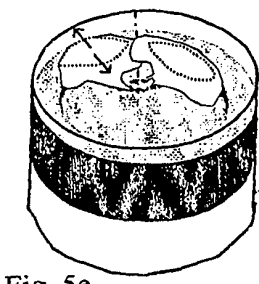


Fig. 5e

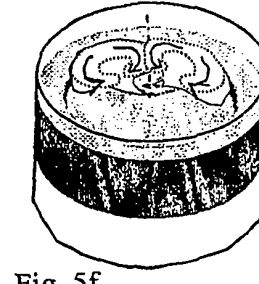


Fig. 5f

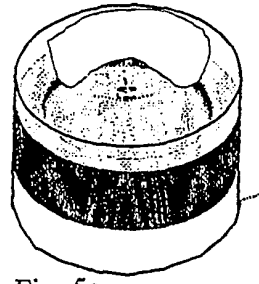


Fig. 5g

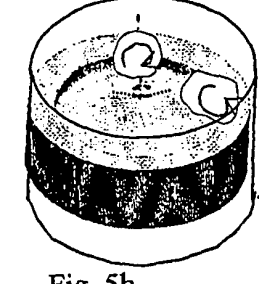


Fig. 5h

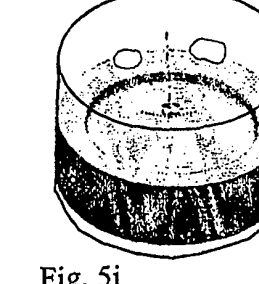


Fig. 5i

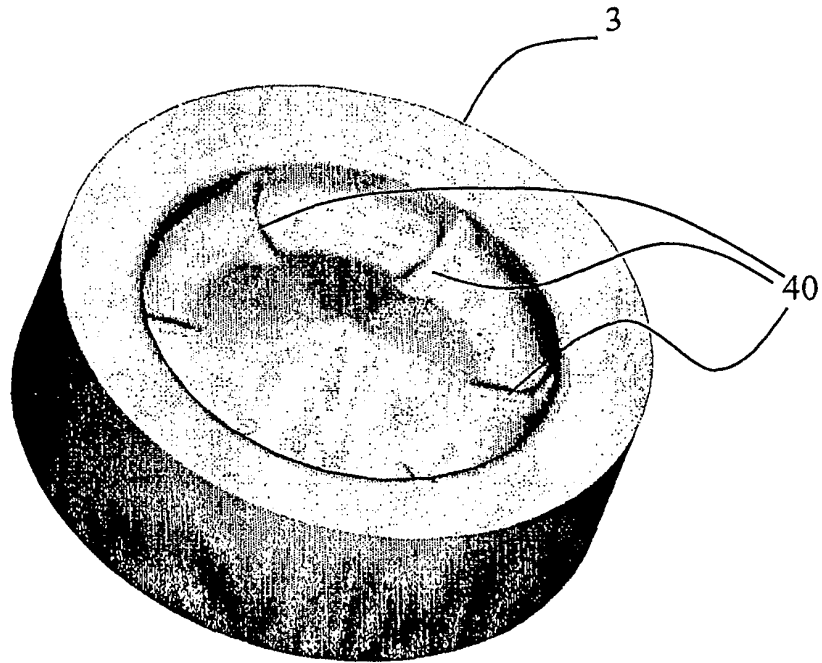


Fig. 6