

República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0620970-0 A2**



(22) Data de Depósito: 21/12/2006  
(43) Data da Publicação: 29/11/2011  
(RPI 2134)

(51) *Int.Cl.:*  
F02B 19/08

(54) **Título:** MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

(30) **Prioridade Unionista:** 09/01/2006 GB 0600301.6,  
16/01/2006 GB 0600843.7, 17/05/2006 GB 0609721.6

(73) **Titular(es):** Musi Engines Limited

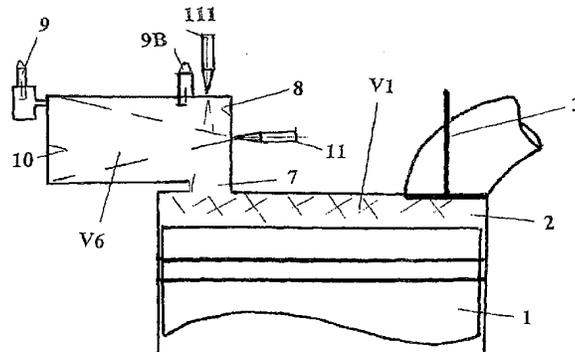
(72) **Inventor(es):** Dan Merritt

(74) **Procurador(es):** Momsen, Leonardos & CIA.

(86) **Pedido Internacional:** PCT GB2006004840 de  
21/12/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/080366de  
19/07/2007

(57) **Resumo:** MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA. A invenção refere-se a um motor de dois tempos ou de quatro tempos, com ignição a vela, de combustão pobre, de alta eficiência térmica, que pode ser operado não estrangulada, apropriado para veículos que usam gasolina. Ele usa uma câmara de combustão indireta e um orifício de transferência com configuração da câmara de combustão para produzir um jato de ar que se move em movimento turbulento helicoidal em torno da câmara durante o curso de compressão. O combustível é injetado dentro da câmara, orientado para dentro do jato de ar para ajudar na rápida vaporização. A posição e orientação do injetor de combustível garante que o combustível chegue próximo à vela de ignição mesmo sob condições de marcha lenta e o fluxo turbulento helicoidal assegura que a estratificação da mistura inflamável seja formada próxima à vela. A relação de compressão do motor pode também ser variável e um segundo injetor de combustível pode ser provido.





PI0620970-0

“MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA”

Esta invenção refere-se a um motor de combustão interna alternativo, com ignição por centelha, que opera ou no ciclo de motor de quatro tempos ou no ciclo de motor de dois tempos.

5                   Em particular, refere-se a motores com ignição por centelha, de combustão pobre, usando métodos de carga estratificados. O motor pode operar em carga parcial, mesmo em marcha lenta, sem estrangulamento da admissão, a fim de promover alta eficiência térmica em carga parcial.

10                   Esta invenção é apropriada para uso em aplicações automotivas e ciclo motor e tem um potencial para permitir grandes economias de combustível.

Um motor de acordo com esta invenção pode ser construído ou para operar com uma relação de compressão de valor constante ou com uma relação de compressão variável.

15                   Esta invenção, em particular, refere-se a um número de desenvolvimentos e aperfeiçoamentos do motor de combustão interna descrito no WO 2005/052335.

Por conseguinte, esta invenção provê um motor de combustão interna compreendendo:

- 20                   um cilindro;
- um pistão posicionado no cilindro para movimento alternativo dentro do mesmo;
- meio de admissão de ar que se comunica com o cilindro;
- meio de exaustão que se comunica com o cilindro;
- 25                   uma câmara de combustão indireta que se comunica com o cilindro e tendo uma extremidade proximal e uma extremidade distal em relação ao pistão;
- um orifício de transferência que se comunica entre o cilindro e a câmara de combustão em sua extremidade proximal, o orifício de

transferência sendo adaptado para dispensar um jato de ar para dentro da câmara de combustão durante o curso de compressão do pistão;

meio para promover movimento de ar dentro da câmara de combustão em movimento turbulento helicoidal tendo um componente de velocidade tangencial em torno da câmara de combustão e um componente de velocidade axial ao longo da câmara de combustão, o componente de velocidade axial sendo dirigido em afastamento à extremidade proximal e em direção à extremidade distal;

meio de ignição por centelha posicionado na câmara de combustão;

meio de injeção de combustível que se comunica com a câmara de combustão, adaptado para dispensar algum combustível ao dito jato de ar para permitir que uma mistura que pode ser inflamada por centelha se forme no gás quando ele chega aos meio de ignição por centelha;

um controlador para controlar o processo de injeção de combustível e processo de ignição por centelha; caracterizado pelo fato de que o componente de velocidade axial do movimento turbulento helicoidal é induzido por meio de uma superfície situada dentro da câmara de combustão.

Será notado que no motor descrito na invenção prévia no WO2005/052335, o orifício de transferência foi usado como um meio exclusivo para controlar tanto o componente de velocidade de turbulência quanto o componente de velocidade axial, requeridos para promover o fluxo turbulento helicoidal na câmara de combustão. Turbulência helicoidal é essencial para promover a estratificação de acordo com a invenção. O componente axial foi gerado por meio de inclinação do eixo do orifício de transferência com respeito ao eixo da câmara de combustão por um ângulo maior que 90°. A posição tangencial do orifício de transferência determinou o componente o componente de velocidade periférica ou de turbulência. Todavia, uma tal configuração simples requereu um orifício de transferência

relativamente longo a fim de comunicar um estável componente de velocidade axial ao gás fluindo através dele. Comprimento excessivo diminui a eficiência térmica do motor devido à elevada fricção de gás e perda de calor pelas paredes de orifício quando o gás se move através dele a alta velocidade.

5 Uma entrada inclinada para o orifício na extremidade de cilindro resulta em um orifício elíptico alongado, reduzindo assim a área disponível para válvulas e obstando a troca gasosa do motor.

Esta invenção provê um meio aperfeiçoado e novo para promover pelo menos um componente de velocidade axial na câmara de combustão para promover acurado fluxo de turbulência helicoidal. Ela evita  
10 todas as desvantagens mencionadas no último parágrafo. A invenção é atingida por meio da construção de apropriada(s) superfície(s) interna(s), dentro da câmara de combustão. Ela prescinde da necessidade de inclinar o orifício de transferência. Preferivelmente, isto é atingido ou por meio da  
15 configuração da parede de extremidade na extremidade proximal da câmara para formar uma rampa helicoidal ou por meio da provisão de uma fenda helicoidal na periferia da câmara ou por meio da combinação de ambos os métodos. Em ambos os métodos, ao gás é dado um componente de velocidade axial por meio da superfície inclinada interna, configurada para esta  
20 finalidade. A construção de tais superfícies requer projeto cuidadoso, uma vez que a relação entre componentes de velocidade axial e periférica na turbulência helicoidal necessários para a combustão estável pode ser crítica.

Uma rampa helicoidal é configurada como uma cunha enrolada em torno do eixo da câmara de combustão, como uma rosca de  
25 parafuso, sobre uma distância axial relativamente pequena. A rampa termina depois de girar um ângulo apropriado em torno do eixo, preferivelmente, mas não essencialmente, menor que  $270^\circ$ . A construção de tais rampas será explicada posteriormente com ajuda de diagramas.

A fenda helicoidal alternativa é um canal periférico cortado na

parede circunferencial da câmara de combustão (como 22 na figura 2), como uma fenda em uma porca que se conjuga com um parafuso tendo uma rosca de parafuso. Preferivelmente, a fenda deve iniciar próxima de onde o orifício de transferência entra na câmara de combustão. Uma vez que o ar é induzido a turbilhonar em torno da periferia da câmara, algum dele será guiado por meio de uma tal fenda, que induzirá o mesmo a ser propulsionado na direção à extremidade distal da câmara. As dimensões da fenda, mais precisamente sua profundidade, forma e penetração axial na câmara, podem ser escolhidas pelo projetista. Acredita-se que a construção seja auto-explicativa e, por conseguinte, não é ilustrada com a ajuda de diagramas.

Em adição, esta invenção provê uma solução para as necessidades de carga de combustível do motor, essencial para permitir que o mesmo opere sobre toda a faixa de relações de ar-combustível. O combustível é adicionado ao ar quando ele entra na câmara de combustão indireta a partir do cilindro através do orifício de transferência durante o curso de compressão. A massa de ar assim transferida por unidade de tempo aumenta não-linearmente de um valor relativamente baixo no início do curso de compressão para um valor muito mais alto no final do curso quando a densidade e velocidade do ar no orifício de transferência se elevam fortemente. Conseqüentemente, o meio de injeção de combustível será necessário para dispensar uma vazão mássica progressivamente crescente, durante o curso de compressão de cada ciclo de motor, a fim de semear o jato de ar com combustível, de modo que a mistura assim formada seja combustível. Tornou-se conhecido que, até hoje, não se sabe que exista no mercado um único injetor de combustível que tenha tal capacidade de fornecimento. Conseqüentemente, esta invenção provê o posicionamento de dois injetores de combustível, em locais críticos na câmara de combustão. Um primeiro injetor de combustível, para baixas vazões mássicas de combustível por unidade de tempo, é situado na extremidade proximal da câmara e

alinhado em direção à extremidade distal para dispensar combustível durante a parte mais inicial do curso de compressão, e um segundo injetor de combustível capaz de taxas de dispensação de combustível substancialmente mais altas é posicionado alinhado em direção ao jato de ar que emerge do orifício de transferência e pode dispensar combustível em cargas de motor mais altas, durante a última parte do curso de compressão, e continuar a realizar isto até mesmo após a ignição, se necessário.

Esta invenção também provê meios para variar a relação de compressão do motor durante a operação por meio do ajuste do volume da câmara de combustão com um êmbolo mergulhador móvel. Isto permite que a relação de compressão aumente quando da operação sob condições de relação pobre de combustível-ar, elevando assim a eficiência térmica do motor na carga parcial, sem perigo de pré-ignição ou detonação.

O termo ar ou gás é usado aqui para descrever ar que ou é puro ou contém outros gases, tais como produtos de combustão ou até mesmo gases de hidrocarboneto. O termo mistura descreve ar misturado com combustível vaporizado destinado à ignição. O termo mistura pobre é usado para descrever uma mistura de ar e combustível que não é inflamável diretamente pelo meio de ignição por centelha usado no motor. O termo combustão pobre é usado aqui para descrever a capacidade de um motor de se comportar com uma mistura, sobretudo, pobre por meio do uso de estratificação.

O termo pote de ignição é usado aqui para descrever uma cavidade, com um volume livre, contendo uma vela de ignição, o volume se comunica com a câmara de combustão através de um orifício de um diâmetro menor que o diâmetro da porção rosqueada da vela de ignição.

Os termos vela de ignição e meio de ignição podem também incluir uma vela de ignição situada em um pote de ignição.

O termo BMEP descreve pressão efetiva média de freio

desenvolvida no cilindro.

O termo câmara descreve a câmara de combustão indireta. Preferivelmente, a câmara de combustão é substancialmente simétrica em torno de seu eixo central, por exemplo cilíndrica ou cônica, mas outros  
5 formatos podem ser usados com vantagem.

A invenção é ainda descrita aqui por exemplos, com referência aos diagramas esquemáticos acompanhantes, que não são desenhados em escala e são apresentados apenas para finalidades ilustrativas.

A figura 1 é uma reprodução da figura 1 do WO 2005/052335,  
10 a qual é repetida para facilidade de referência;

a figura 2 é uma vista similar do arranjo para um motor como ilustrado na figura 1, mas é de acordo com a presente invenção, e mostra o uso das superfícies internas para promover um componente de velocidade axial para o jato de ar;

15 a figura 3 é uma vista seccional interna dentro da extremidade proximal da câmara de combustão de uma superfície interna construída como uma rampa helicoidal sobre substancialmente 270°, esta vista de extremidade é simplificada por ignorar a espessura de parede;

20 a figura 4 é uma vista na direção S mostrada na figura 3, para a única finalidade de ilustrar uma forma possível da rampa helicoidal 8B5 novamente ignorando e omitindo a espessura de parede da câmara de combustão para mostrar o orifício de transferência 7 e injetor de combustível 11;

25 a figura 5 é uma vista similar às figuras 3 e 4 mostrando uma rampa helicoidal estendida configurada para comunicar movimento tangencial em adição ao movimento axial;

as figuras 6 e 7 são similares à figura 3, mas ilustram algumas variações possíveis de configuração que concernem à rampa helicoidal;

a figura 8 mostra uma forma de concretização tendo dois

injetores de combustível;

a figura 9 ilustra uma seção da câmara de combustão provendo relação de compressão variável usando atuação hidráulica do êmbolo mergulhador;

5 a figura 10 ilustra uma seção da câmara de combustão provendo relação de compressão variável usando atuação elétrica-mecânica do êmbolo mergulhador; e

No arranjo da técnica anterior da figura 1, o componente de velocidade axial necessário para turbulência helicoidal é induzido por meio da  
10 inclinação do eixo geométrico longitudinal da câmara de combustão 6 com respeito ao eixo geométrico longitudinal do cilindro 2, e também inclinação do orifício de transferência 7 com relação ao eixo geométrico longitudinal da câmara de combustão 6. De acordo com forma de construção preferidas da presente invenção, o eixo geométrico longitudinal da câmara de combustão é  
15 substancialmente perpendicular ao eixo geométrico longitudinal do cilindro, e o componente de velocidade axial é induzido por meio de superfícies internas apropriadamente configuradas dentro da câmara de combustão.

No arranjo da figura 1, o pistão 1 se move para cima, quando puxado no cilindro 2 durante o curso de compressão. A câmara de combustão  
20 6 se comunica com o cilindro através do orifício de transferência 7. O único injetor de combustível 11 dispensa combustível através do jato de ar 40. O cone de combustível é mostrado como interceptando o jato de ar e se estendendo pelo diâmetro total da câmara de combustão cilíndrica quando ele atinge a extremidade distal 10 onde a vela de ignição 9 é situada. O diagrama  
25 também ilustra uma linha de corrente 14 girando em torno da periferia 22 da câmara de combustão em movimento turbulento helicoidal. O cilindro 2 se comunica com válvulas de entrada e exaustão de forma conhecida (não mostradas). A câmara de combustão 6 é cilíndrica e uma vela de ignição 9 é situada na extremidade distal 10. O orifício de transferência 7 é inclinado com

relação ao eixo geométrico longitudinal da câmara de combustão 6 em um ângulo obtuso e entra na câmara 6 na extremidade proximal 8, em uma direção tendo tanto componentes axiais quanto axiais. O controlador de motor (não mostrado) determina a sincronização e duração da injeção de combustível, a pressão da linha de combustível e a sincronização da ignição de centelha, como descrito no WO 2005/052335.

Na forma de concretização da figura 2 muitos componentes têm as mesmas funções que aqueles do arranjo da figura 1, e são dados os mesmos números de referência. A função dos componentes comuns não será repetida. Nesta forma de concretização, o jato de ar 40 entra na câmara de combustão 6 em substancialmente 90° com relação ao eixo geométrico longitudinal da câmara de combustão e com um componente de velocidade tangencial, mas sem um componente de velocidade axial. O componente de velocidade axial é produzido por meio da forma inclinada da superfície interna da câmara de combustão, especificamente da parede de extremidade na extremidade proximal 8, de modo que a linha de corrente 14 segue a inclinação da parede de extremidade.

Em uma tal forma, não mostrada, a parede de extremidade proximal pode ser inclinada em direção à extremidade distal de um lado para o outro, o lado mais afastado do orifício de transferência 7 sendo mais próxima à extremidade distal que o lado mais próximo ao orifício de transferência 7. Geralmente falando, a parede de extremidade proximal pode ser configurada para conter uma superfície inclinada apontando para a direção axial em afastamento à extremidade proximal.

Em uma forma preferida desta invenção, a parede de extremidade proximal pode ser configurada em uma forma mais complexa, como uma cunha que se espirala em torno da periferia para formar uma rampa helicoidal, a rampa helicoidal tendo um passo constante ou variável (preferivelmente crescente).

As figuras 3 e 4 mostram uma forma de concretização de um tal arranjo. A figura 3 mostra uma vista interna em direção à extremidade proximal da câmara de combustão 8, em que a porta de entrada para o injetor de combustível 11 pode ser vista, juntamente com o orifício de transferência 7 e o vetor que representa o vetor de velocidade do jato de ar 40 na entrada para a câmara de combustão. Também ilustrada está uma linha de corrente 14 que se move em rotação periférica. A linha radial A mostra o início de uma rampa helicoidal que se eleva 8B, que segue uma plataforma plana 8A, a plataforma 8A sendo coincidente com uma borda do orifício de transferência (circular) 7. A rampa 8B se estende através de aproximadamente  $270^\circ$  em torno da câmara de combustão, até a linha B onde ela termina na parede 8C que é paralela ao eixo geométrico longitudinal da câmara de combustão e se junta à extremidade da rampa 8B para a plataforma 8 A.

A plataforma 8A, a qual, neste exemplo preferido, se estende sobre  $90^\circ$ , serve para três funções importantes descritas como segue. Ela permite um acesso relativamente ininterrupto ao jato de ar que entra a partir da porta de transferência, ela permite o acesso para a pulverização de um segundo injetor de combustível (não mostrado), situado oposto à porta de transferência, e ela também permite uma plataforma plana para a porta de saída do primeiro injetor de combustível. A parede 8C também serve para a função de conter o jato de ar que entra a partir do orifício de transferência entre ele próprio e a periferia da câmara de combustão, forçando-o assim a alterar de direção e subir a rampa.

A figura 4 ilustra a rampa helicoidal 8B da figura 3 em uma maneira mais visual que inclui a linha de corrente 14 quando ela se move ao longo da rampa. A dimensão P representa metade do passo da hélice, passo este que determina a intensidade do componente axial do movimento turbulento helicoidal. Nesta forma de concretização, o passo é constante.

As figuras 6 e 7 mostram duas construções da rampa helicoidal

que se estende sobre diferentes ângulos de arco KI e K2. Na figura 6, a rampa 8B termina na linha B a ser seguida por meio de uma plataforma elevada 8E que contém a linha B. A plataforma 8E continua até a parede axial 8C que retorna para a plataforma 8A. Na figura 7, uma rampa mais curta termina em B sem uma plataforma elevada subsequente. A linha B é também posicionada sobre a parede 8C que se estende de volta para a plataforma 8A.

A escolha do arco K, da forma e da extensão das plataformas 8A e 8E e parede 8C, são disponíveis para o projetista.

Adicionalmente, pode ser desejável usar uma superfície interna da câmara de combustão ou para criar ou para amplificar o movimento tangencial do fluxo de ar, em lugar de somente contar com o posicionamento do orifício de transferência para efetuar toda esta tarefa. Um de tal arranjo é mostrado na figura 5, que é similar à figura 2, mas onde a rampa helicoidal 8B é estendida além de 270° em torno da periferia da câmara de combustão para, nesta forma de concretização, aproximadamente 310° terminando na linha B.

Nesta ilustração, a parede de extremidade 8C pode permanecer situada ligeiramente além de 270°, deixando a cavidade C abaixo da última porção remanescente da rampa helicoidal 8B. O teto de uma tal cavidade, sob a rampa, pode ser feita para efetivamente estender o orifício de transferência 7 para dentro da câmara de combustão sob o teto. Uma parede de deflexão 8D, situada totalmente ou parcialmente sob este teto, mais próxima ao eixo geométrico central da câmara de combustão, pode ser usada para defletir o jato de ar na direção tangencial, em direção à periferia da câmara de combustão e para dentro do espaço aberto 8A.

A primeira porta de injetor de combustível 11 é posicionada na plataforma 8A, permitindo que o borrifo de combustível atinja a extremidade distal da câmara de combustão onde a vela de ignição é situada.

A partir dali, o fluxo periférico defletido continua após a linha

de rampa A, onde a rampa helicoidal 8B inicia.

A superfície de deflexão 8D pode ser feita encurvada ou plana ou uma combinação de ambas e pode se estender além do teto na extremidade da rampa 8B, como mostrado, ou ela pode terminar na linha B onde a rampa também termina.

Num tal arranjo pode ser usado com um orifício de transferência 7 colocado em algum lugar afastado de uma posição tangencial extrema, como é mostrado na figura 5. Desta maneira, o componente de velocidade tangencial é comunicado em combinação tanto por meio da superfície interna 8D quanto também por meio da orientação tangencial mais próxima do jato de ar 40.

A figura 8 mostra o motor quando o pistão 1 está com manivela a aproximadamente 30 graus, antes do final de seu curso de compressão. Nessa ilustração simplificada, a câmara é provida com dois injetores de combustível, os quais, juntos, provêm o meio de injeção de combustível. O primeiro injetor de combustível 11 é orientado em direção à extremidade distal da câmara de combustão, preferivelmente dispensando seu borribo de combustível e através do jato de ar que emerge do orifício de transferência 7. O segundo injetor de combustível 111 é orientado para dispensar um borribo de combustível substancialmente axialmente para dentro do jato de ar que emerge do orifício de transferência, na direção oposta do fluxo de ar. A posição de pistão ilustrada é escolhida, como um exemplo, quando o volume marcado, designado como V1, que permanece acima do pistão 1, tem a mesma magnitude que o volume V6 da câmara de combustão. Por conseguinte, a massa de ar contido em ambos volumes é aproximadamente igual. Se o injetor de combustível 111 permanecer inativo até este ponto no tempo, o ar no volume V1 acima do pistão não irá conter combustível, enquanto o ar na câmara de combustão, no volume V6, conterà combustível que é estratificado na vizinhança da vela de ignição por meio do

movimento de gás helicoidal de turbulência. Se a vela de ignição 9 for agora energizada, a mistura no volume V6 será queimada, mas somente aproximadamente metade da massa de ar originalmente no cilindro pode ser usada no processo de combustão.

5                    Neste exemplo, o primeiro injetor de combustível 11 provê metade do ar com combustível sobre manivela em aproximadamente 150 graus, fora da manivela de 180 graus do curso de compressão. Se todo do oxigênio no ar deva ser usado na combustão, o segundo injetor de combustível 111 será requerido para dispensar aproximadamente a mesma  
10                    quantidade de combustível, mas somente sobre alguns 30 graus da manivela. A taxa de massa de combustível descarregada por unidade de tempo, em média sobre este ângulo de manivela, precisará ser aproximadamente cinco vezes maior que aquela dispensada por meio do primeiro injetor de combustível 11.

15                    Se o primeiro injetor de combustível 11 fosse capaz de aumentar sua vazão por um fato de até cinco durante o curso de compressão sob o controle do sistema de gestão de motor, o segundo injetor poderia não ser necessário, mas um tal injetor com uma vazão variável, capaz de reagir por um tal curto tempo, não é até agora correntemente disponível, como é  
20                    conhecido.

                         O primeiro injetor de combustível 11 pode operar o motor da marcha em vazio até a faixa média BMEP por si próprio, mas, para maiores saídas, o segundo injetor de combustível 111 será necessário para dispensar combustível durante o mesmo ciclo de motor. O combustível injetado por  
25                    meio do segundo injetor de combustível estará se misturando como o ar que entra na câmara, na máxima vazão mássica, uma vez que a velocidade de ar e a densidade no orifício de transferência estarão em seu máximo no final do curso de compressão. Isto ajudará para a rápida vaporização do combustível dispensado por meio do injetor de combustível 111 para dentro deste ar. A

mistura assim formada será inflamada por meio da chama que se iniciou pela vela de ignição 9 na mistura alimentada por meio do primeiro injetor 11.

Embora o uso de dois injetores de combustível possa soar extravagante, pode ser um pequeno preço a pagar, permitir que um motor a gasolina compita com a eficiência térmica de motores a diesel, em carga parcial.

Deve ser apreciado que o segundo injetor de combustível 111 pode também ser controlado para dispensar combustível durante o período de combustão, de modo que o combustível se queima logo após ser descarregado em uma maneira similar ao processo de combustão em um motor a diesel.

Deve ser também apreciado que, devido a seu posicionamento oposto ao orifício de transferência, sob algumas condições operacionais do motor, pode ser vantajoso usar o segundo injetor de combustível 111 para pulverizar combustível através do orifício de transferência 7 diretamente para dentro do cilindro 2, quando o jato de ar ou está ausente de energia, ou durante o curso de indução ou a parte precedente ao curso de compressão ou ambos. Desta maneira, o jato de ar transferido para dentro da câmara de combustão durante o curso de compressão pode conter algum combustível.

A operação do motor pode ser descrita como segue. Sob condições de marcha lenta, o primeiro injetor de combustível 11 dispensa uma pequena quantidade de combustível precedente no curso de compressão e então pára. A velocidade do jato de ar neste instante é pequena e combustível atinge a parede de extremidade distal 10 e é depositado sobre ela. Quando ar atinge a extremidade distal da câmara 10, ele tem tempo para vaporizar este combustível depositado e o movimento turbulento helicoidal assegura que a mistura resultante permaneça próxima à parede de extremidade 10. A ignição por centelha tem lugar próxima a esta mistura, a qual é suficientemente rica para se inflamar e permite que uma marcha lenta não estrangulada tenha lugar

Para BMEP entre marcha lenta e faixa média, o tempo de

dispensação de combustível do injetor 11 é estendido, enquanto a sincronização de eventos de início e paralisação de injeção é controlada para otimizar a combustão. O segundo injetor de combustível 111 inativo nesta faixa.

5                    Para saídas de BMEP mais altas, o segundo injetor de combustível 111 é também ativado em direção ao final do curso de compressão, depois de o primeiro injetor de combustível 11 ter sido ativado e quando a velocidade de jato de ar e sua densidade de gás elevam bruscamente. Depois da ignição pela vela de ignição 9, a chama atinge a mistura de  
10 combustível formada como um resultado do combustível injetado por meio do segundo injetor de combustível 111, o qual pode continuar a injetar seu combustível até mesmo durante a combustão. Em alguns projetos ou configurações, pode ser vantajoso posicionar uma segunda vela de ignição 9B, mais próxima à extremidade proximal 8 da câmara para ajudar na ignição  
15 do combustível em cargas elevadas.

O ajuste das taxas de injeção de combustível de fluxo para cobrir as variações de velocidade do motor pode ser atingido por meio da alteração da pressão de linha de combustível na entrada para os injetores de combustível, como é prática normal.

20                    As figuras 9 e 10 mostram o aspecto de relação de compressão variável da presente invenção. Como anteriormente, o ar se move na câmara de combustão 6 em um fluxo helicoidal turbulento.

Para prover relação de compressão variável, a câmara de combustão 6, configurada cilíndrica, tem uma parede móvel ou limite na  
25 forma de êmbolo mergulhador 100 em sua extremidade distal. O êmbolo mergulhador é provido com vedações periféricas múltiplas 101, por exemplo vedações do tipo de anel de segmento, capazes de resistir a elevadas temperaturas. As paredes externas da câmara de combustão podem ser resfriadas para proteger as vedações. O êmbolo mergulhador é mostrado em

sua posição mais interna, promovendo o valor mais alto de relação de compressão e é forçado a se mover ainda por meio da aresta 102, a qual pode também prover uma outra face de vedação.

5 O espaço 107 na figura 9, atrás do êmbolo mergulhador, é cheio com fluido hidráulico, preferivelmente líquido tal como óleo, levado para dentro do espaço através do tubo 115 que conduz para um orifício. Gás comprimido pode ser usado, se preferido, e um apropriado suprimento pode ser arranjado. O fluido é pressurizado por meio de uma bomba para uma pressão que tem que exceder a pressão de pico de gás de cilindro.

10 Duas posições possíveis para a vela de ignição 9 são mostradas na figura 9. Se a posição 9A for desejada, a vela precisa ser circundada pelo tubo 109, fixado ao êmbolo mergulhador por meio de uma junta a prova de fuga, por exemplo por meio de uma solda, e o tubo precisará de sua própria vedação 110 quando ele se move com o êmbolo mergulhador.

15 Se a posição 9B for escolhida, ela precisa estar próxima à face do êmbolo mergulhador, em sua posição mais interna, como mostrado, para permitir a ignição da vela sob condições de combustão pobre. Ambas as velas de ignição são mostradas em uma cavidade de ignição que se comunica com a câmara de combustão através de um pequeno orifício, de modo a minimizar a  
20 umidificação da vela de ignição por meio do combustível injetado sob condições de marcha lenta e de baixa carga, mas isto não é essencial se a ignição puder ser assegurada por meio de velas de ignição expostas.

25 O êmbolo mergulhador é mantido em sua posição de alta relação de compressão, como mostrado na figura 9, para início de funcionamento e condições de baixa carga e quando o suprimento de combustível é aumentado, o controlador de linha hidráulica permite que algum fluido seja descarregado do espaço 107 para permitir que a pressão de pico do cilindro desloque o êmbolo mergulhador para uma posição de menor relação de compressão menor. A descarga pode ser controlada por meio de

uma válvula de alívio de pressão variável, a qual restringe a pressão de pico do cilindro para um valor desejado.

5 A figura 10 mostra um meio mecânico para atuação e controle da posição do êmbolo mergulhador 100. O êmbolo mergulhador é fixado na haste 108 que é rosqueada em forma de parafuso e a porca 111 é capturada na caixa onde ela pode girar para atuar o movimento do êmbolo mergulhador. A rotação é mostrada que é efetuada por meio de um parafuso sem fim 113 e arranjo de roda 112 e o parafuso sem fim pode ser girado por meio de um motor elétrico, por exemplo um motor de passo. Este método permite um  
10 posicionamento preciso do êmbolo mergulhador sobre sua faixa de movimento, mas pode requerer mais hardware em comparação com o sistema hidráulico para um motor de múltiplos cilindros.

A capacidade de relação de compressão variável pode ser usada tanto em motores de 4 tempos quanto em motores de 2 tempos, quando  
15 normalmente aspirados, turbocarregados ou supercarregados. Ela irá moderar as pressões de pico de cilindro em operações de alto BMEP.

## REIVINDICAÇÕES

1. Motor de combustão interna, compreendendo;

um cilindro;

um pistão posicionado no cilindro para movimento alternativo

5 dentro do mesmo;

um meio de admissão de ar que se comunica com o cilindro;

um meio de exaustão que se comunica com o cilindro;

10 uma câmara de combustão indireta que se comunica com o cilindro e tendo uma extremidade proximal e uma extremidade distal em relação ao pistão;

um orifício de transferência que se comunica entre o cilindro e a câmara de combustão em sua extremidade proximal, o orifício de transferência sendo adaptado para dispensar um jato de ar para dentro da câmara de combustão durante o curso de compressão do pistão;

15 um meio para promover movimento de ar dentro da câmara de combustão em movimento turbulento helicoidal tendo um componente de velocidade tangencial em torno da câmara de combustão e um componente de velocidade axial ao longo da câmara de combustão, o componente de velocidade axial sendo dirigido em afastamento à extremidade proximal e em direção à  
20 extremidade distal;

um meio de ignição por centelha posicionados na câmara de combustão;

25 um meio de injeção de combustível que se comunica com a câmara de combustão, adaptados para dispensar algum combustível ao dito jato de ar para permitir que uma mistura que pode ser inflamada por centelha se forme no gás quando ele chega ao meio de ignição por centelha; e,

um controlador para controlar o processo de injeção de combustível e processo de ignição por centelha,

caracterizado pelo fato de que o componente de velocidade axial

do movimento turbulento helicoidal é induzido por meio de uma superfície na forma de uma rampa helicoidal situada dentro da câmara de combustão.

5 2. Motor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a rampa helicoidal se estende radialmente para a periferia da câmara de combustão e sobre um ângulo que é menor que  $360^\circ$  em torno do eixo geométrico da câmara de combustão.

10 3. Motor de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a superfície interna da câmara de combustão é na forma de uma fenda helicoidal formada na superfície da periferia da câmara de combustão.

4. Motor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o meio de injeção de combustível é um injetor de combustível que é orientado para a extremidade distal da câmara de combustão.

15 5. Motor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o meio de injeção de combustível compreende um primeiro injetor de combustível e um segundo injetor de combustível, o segundo injetor de combustível sendo orientado no orifício de transferência.

20 6. Motor de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o primeiro injetor de combustível e o segundo injetor de combustível podem dispensar combustível para a câmara de combustão durante o mesmo ciclo de motor.

25 7. Motor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a extremidade distal da câmara de combustão é adaptada para permitir que um êmbolo mergulhador deslizante seja atuado para alterar e manter uma posição sobre uma distância predeterminada ao longo do eixo geométrico da câmara, ao mesmo tempo em que provê uma vedação estanque a gás na periferia da câmara.

8. Motor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que opera no ciclo de dois tempos.

9. Motor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de opera no ciclo de quatro tempos.

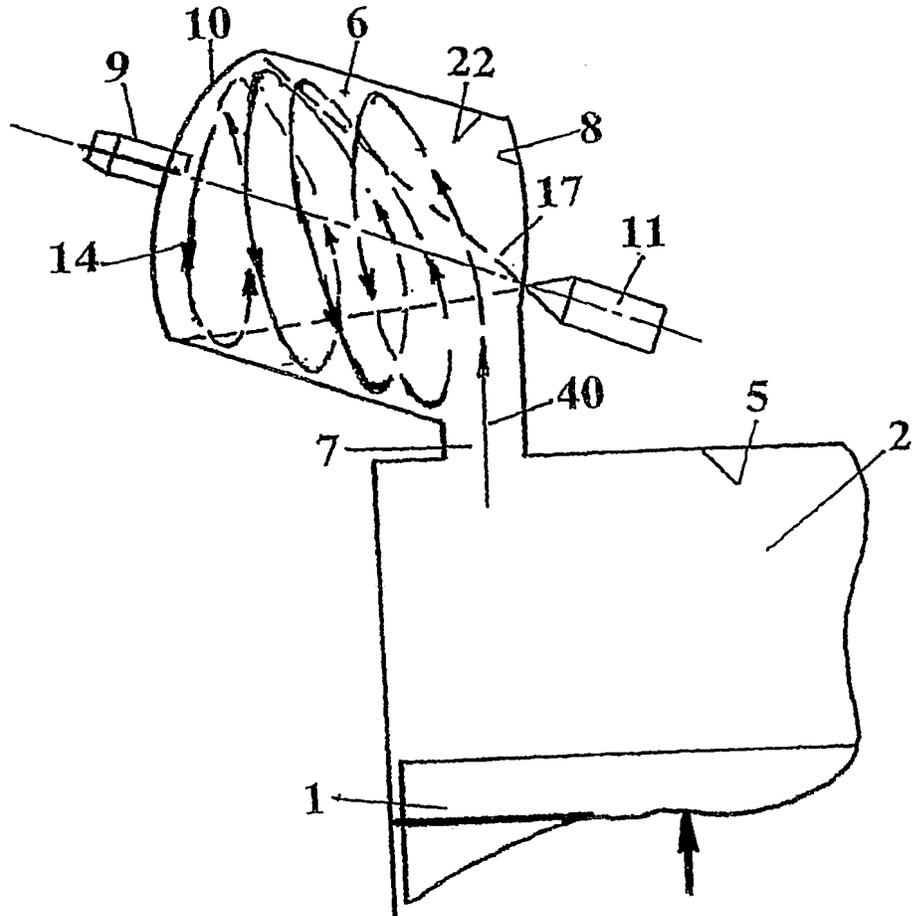


Figura 1

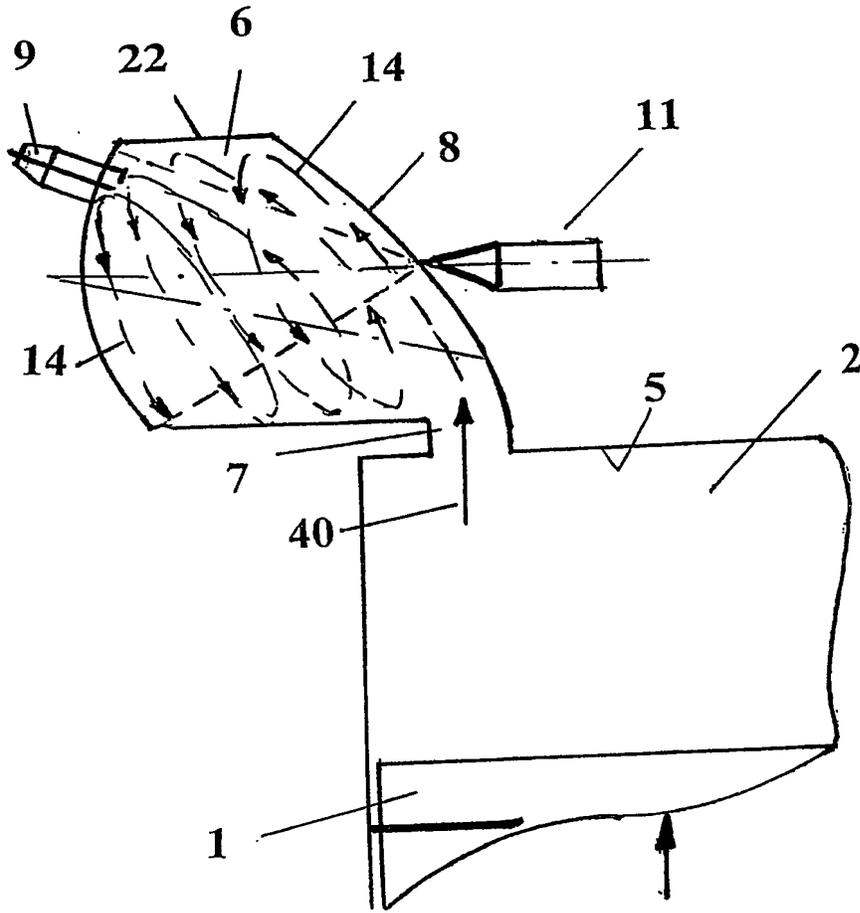


Figura 2

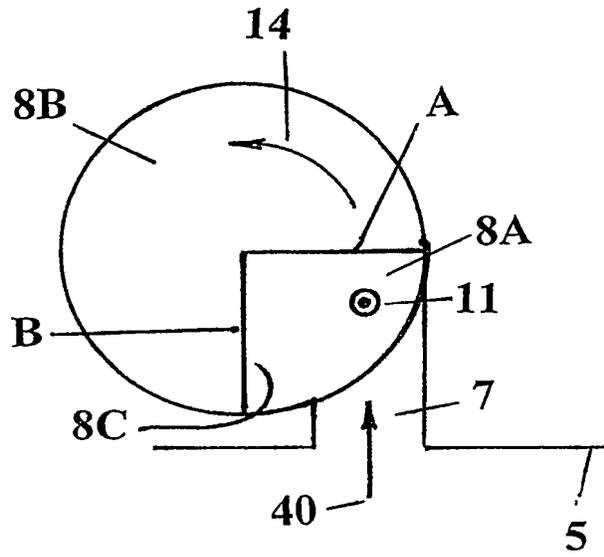


Figura 3

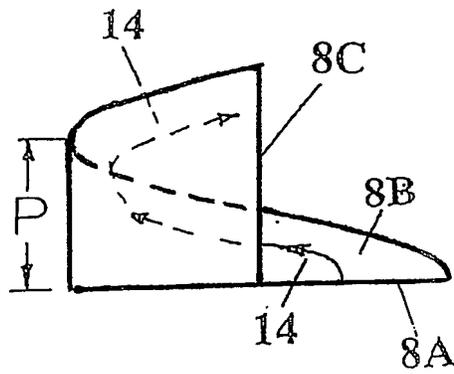


Figura 4

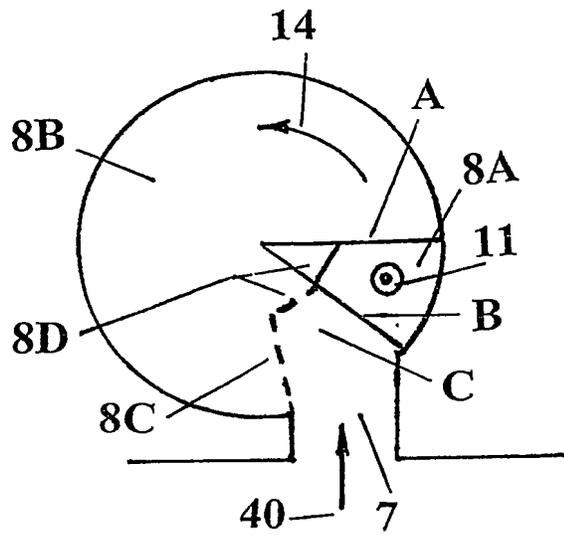


Figura 5

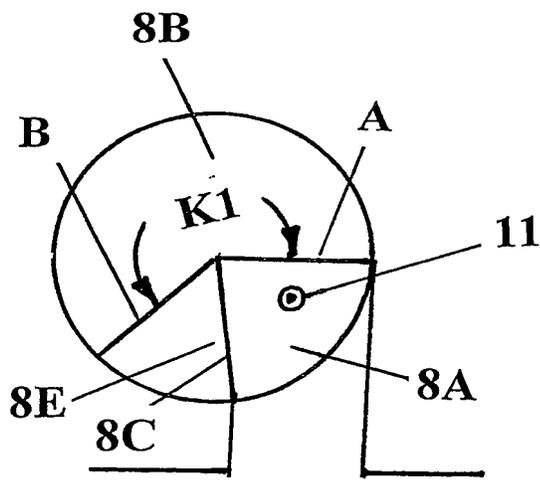


Figura 6

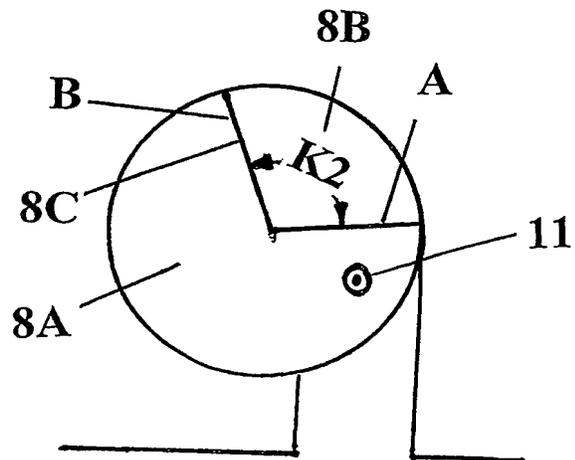


Figura 7

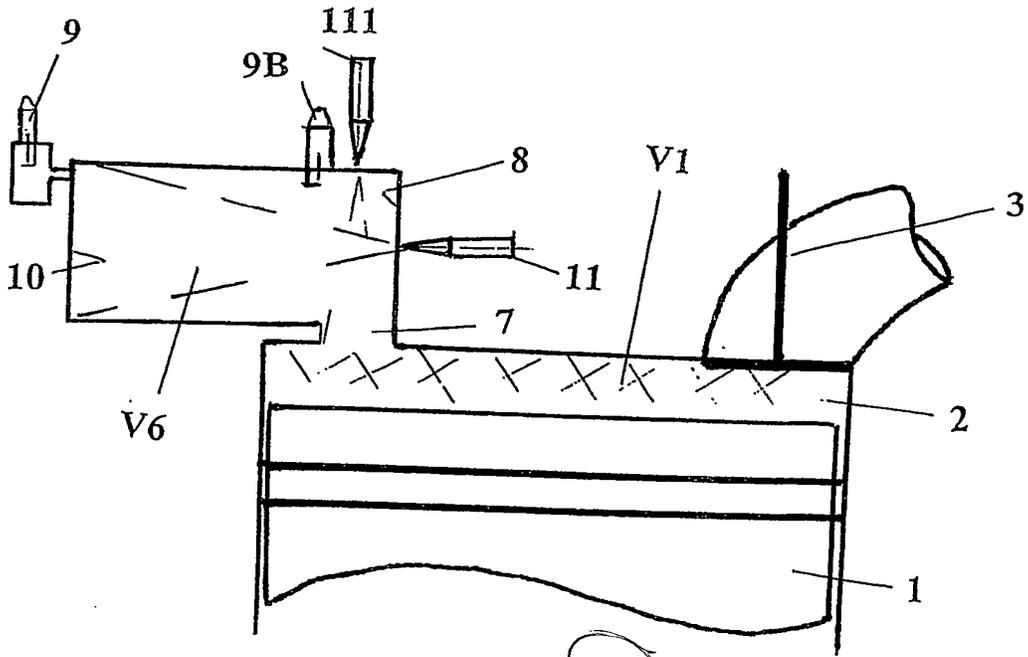


Figura 8

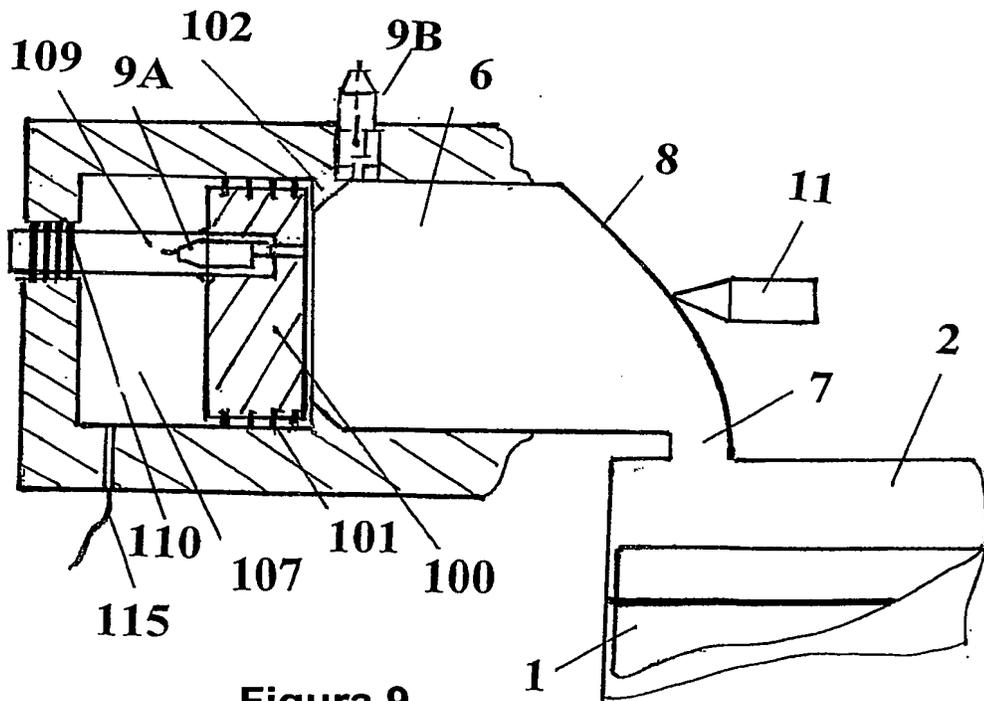


Figura 9

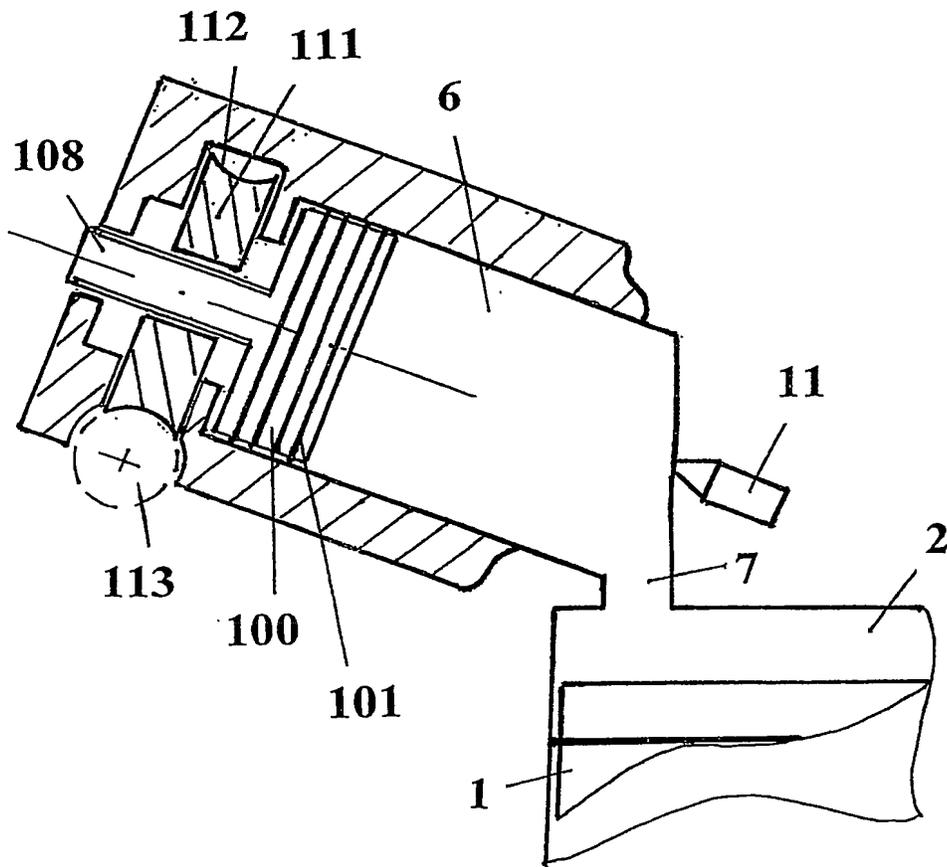


Figura 10

RESUMO**“MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA”**

A invenção refere-se a um motor de dois tempos ou de quatro  
tempos, com ignição a vela, de combustão pobre, de alta eficiência térmica,  
5 que pode ser operado não estrangulada, apropriado para veículos que usam  
gasolina. Ele usa uma câmara de combustão indireta e um orifício de  
transferência com configuração da câmara de combustão para produzir um  
jato de ar que se move em movimento turbulento helicoidal em torno da  
câmara durante o curso de compressão. O combustível é injetado dentro da  
10 câmara, orientado para dentro do jato de ar para ajudar na rápida vaporização.  
A posição e orientação do injetor de combustível garante que o combustível  
chegue próximo à vela de ignição mesmo sob condições de marcha lenta e o  
fluxo turbulento helicoidal assegura que a estratificação da mistura inflamável  
seja formada próxima à vela. A relação de compressão do motor pode  
15 também ser variável e um segundo injetor de combustível pode ser provido.