

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

(21) **PI0902093-4 A2**

(22) Data de Depósito: 12/06/2009
(43) Data da Publicação: 22/02/2011
(RPI 2094)



★ B R P I 0 9 0 2 0 9 3 A 2 ★

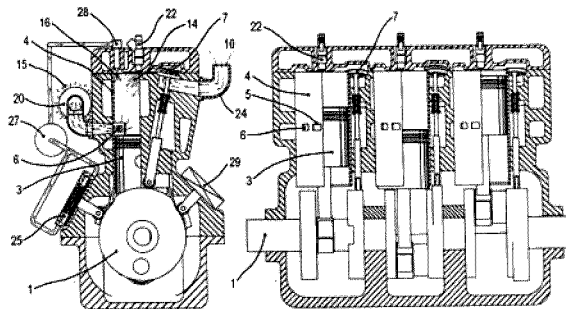
(51) *Int.Cl.:*
F02B 75/02

(54) Título: **MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS**

(73) Titular(es): Daniella Miyo Imai, Majory Mie Imai, Ricardo Raiji Imai

(72) Inventor(es): Ricardo Raiji Imai, Takeshi Imai

(57) Resumo: MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS baixa rotação, alto volume deslocado, concepção compacta, com um inovador virabrequim multifuncional (1) que aciona válvulas de admissão invertidas (7), compressores (25), sopradores de ar fresco (21) bombas a vácuo Ventury (26) que possibilitam uma permuta eficiente de gases quentes queimados por ar novo fresco e combustível pulverizado, e sistemas de autopartida (28) que possibilitam partida para frente em tráfego congestionado ou em marcha à ré por reversão de rotação. Em versões por ignição por centelha elétrica aplicáveis em veículos leves (automóveis e utilitários) com combustíveis líquidos como: gasolina, álcool, querosene, metanol, ou combustíveis gasosos como: gás natural, metano, propano, butano e aviões, com ignição elétrica por centelha ou para uso em veículos pesados: ônibus, caminhões, tratores, locomotivas, rebocadores, com óleo diesel ou biodeiesel.



“MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS”

Campo da Invenção

A presente patente de invenção está relacionada a uma nova concepção de um “MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS”,
5 criado para produzir e liberar potência mecânica em regimes de rotação máxima bem abaixo dos atuais motores a combustão interna Otto e Diesel de quatro-tempos, com significativa simplificação construtiva e redução de componentes, peso, ruído, vibrações, e dimensões externas.

10 O novo motor três-tempos converte mais energia química em combustão para energia mecânica, em decorrência de sua original concepção mecânica, que reduz engrenagens, eixos, comandos, válvulas de descarga de gases, volantes, rolamentos, retentores e recupera parte do calor queimado e desperdiçado pelos motores a
15 combustão atuais, diminuindo a emissão de gases poluentes, como o CO₂, e de calor para a atmosfera, sendo concebido para substituir os atuais motores Otto e Diesel de quatro-tempos inventados a mais de um século, e que já foram intensamente aprimorados até hoje, para mover pessoas e cargas em automóveis, utilitários leves,
20 motocicletas, caminhões, ônibus, tratores, embarcações e aviões de pequeno e médio porte com mais eficiência e vantagens técnicas.

Estado da Técnica

Não há muito mais o que ser melhorado nos antigos motores Otto e Diesel, todos os fabricantes hoje já produzem motores
25 equivalentes que ficaram basicamente iguais, como ocorre atualmente com os motores elétricos, onde todos fabricantes os produzem com eficiência de conversão de energia elétrica para mecânica acima de 90%. No entanto, atualmente, os melhores motores a combustão Otto convertem apenas 28% da energia química em mecânica e os

melhores motores Diesel convertem apenas 38%. A diferença vai para a atmosfera em forma de CO₂, vapor d'água superaquecido e de ar quente que sai pelos radiadores.

5 A melhoria só virá aplicando novas concepções que reduzam significativamente os desperdícios, uma vez que o petróleo é um bem finito e está acabando, não podemos mais seguir desperdiçando desta forma, o CO₂ gera o efeito estufa e o calor dos gases e da refrigeração também ajudam a modificar o clima.

10 Em um século e meio, graças a Nicolaus A. Otto (1832 – 1891) e Rudolf Diesel (1858 – 1913) inventores dos motores de quatro-tempos Otto e Diesel, a humanidade se moveu da era dos cavalos, carroças, diligências e charretes, para a era dos motores de combustão interna, promovendo novas atividades econômicas e gerando prosperidade.

15 Na corrida por motores melhores, a literatura técnica de motores registra outros tipos de motores menos eficientes, que competiram no mercado: São eles, os motores Otto e Diesel de quatro-tempos refrigerados à ar produzidos por Deutz, Hartz, Volkswagen BMW na Alemanha, Honda no Japão; o motor Wankel, produzido pela NSU na Alemanha, pela Mazda e Suzuki no Japão e, dois tipos de motores
20 dois-tempos: por ignição a faísca e diesel, produzidos por Auto Union (DKW), BMW na Alemanha, Iso na Itália, Suzuki e Yamaha no Japão, e Johnson, Evinrude e Mercury nos EUA, equipando pequenos veículos, motocicletas, motores de popa, além de motoserras, roçadeiras, pulverizadores e bicicletas motorizadas em diversos
25 países e, finalmente, os motores dois-tempos GM Diesel Uniflow. Todos eles foram considerados menos eficientes e foram abandonados nos países desenvolvidos, no uso veicular e transporte de carga.

A tabela 1, elaborada pelo Professor John Heywood, Diretor do Sloan Automotive Laboratory, em conjunto com Khovarkh, Sitkei, Burke e outros, num dos mais completos e renomados laboratórios de pesquisa de motores automotivos, no MIT – Massachussets Institute of Technology, e publicada na obra de referência "Internal Combustion Engines Fundamentals" McGrall Hill, reporta a eficiência mecânica dos melhores motores atuais: os Otto e Diesel quatro-tempos, refrigerados à água.

Tabela 1. Diagrama de fluxo de energia em motores a combustão interna de quatro tempos refrigerados a água.

(porcentagem do valor de aquecimento do combustível)

	P_b	Q_{cool}	Q_{misc}	$H_{e,ic}$	$M_{he,s}$
Otto	25%-28%	17%-26%	3%-10%	2%-5%	34%-45%
Diesel	34%-38%	16%-35%	2%-6%	1%-2%	22%-35%

Na Tabela 1, (P_b) expressa a energia mecânica retirada de um motor a combustão Otto ou Diesel refrigerados à água para locomover pessoas e cargas, ($Q_{cool} + Q_{misc}$) são as porcentagens de calor retirados pelos radiadores e superfícies quentes do motor, que saem na forma de ar quente, aquecendo a atmosfera do Planeta e ($H_{e,ic} + M_{he,s}$) representam as porcentagens de calor que saem de gases quentes pelos escapamentos, em forma de vapor de água superaquecido e gás CO_2 quente, que afeta a atmosfera duplamente: além de aquecer, provoca também o efeito estufa; contudo, a ciência atual aponta 'apenas' que o efeito estufa e a velocidade do derretimento do gelo e neve constatadas estão 'acima' das projeções científicas.

Em 140 anos, graças aos esforços dos engenheiros e fabricantes, os motores produzidos atualmente são mais potentes, tem menos ruído, vibração e possuem uma eficiência térmica maior

que os 14% obtidos nos primeiros motores Otto à gasolina, inventados em 1867. Nos dias atuais, a eficiência de conversão atingiu, conforme a Tabela 1, 28% nos melhores motores Otto à ignição e 38% nos melhores motores Diesel, na conversão de energia química dos combustíveis para energia mecânica por combustão.

O motor Diesel é mais eficiente que o Otto devido às propriedades químicas: o óleo leve do tipo diesel ou biodiesel tem maior poder calorífico que os combustíveis mais leves como a gasolina e o álcool, e não explode, mas queima devagar, o que possibilita aplicação de taxas de compressão mais elevadas que geram energia mecânica de forma mais eficiente.

Após mais de um século queimando gasolina e óleo diesel, em centenas de milhões de veículos motorizados, era previsível que o petróleo e o gás natural entrassem num período de rápido esgotamento, e que a presença do gás CO₂ aumentasse na atmosfera e a temperatura do ar elevasse, não apenas devido ao efeito estufa, mas devido ao calor liberado pelos motores e a destruição das florestas.

Agora, tornou-se necessário que uma nova geração de inventores descubra novas tecnologias que retirem mais energia do combustível, desperdiçando menos que os atuais 60% a 70% dos combustíveis queimados e liberados para a atmosfera com a tecnologia atual dos motores quatro tempos à combustão interna Otto e Diesel.

A Tabela 2 representa, em uma de suas colunas, uma visão geral das rotações máximas típicas dos motores quatro tempos Otto, Diesel e das turbinas aeronáuticas; e na outra coluna, a dos propulsores efetivos que utilizam a energia mecânica obtida nas rotações necessárias para aplicá-la com máxima eficiência prática.

Tabela 2. Motores atuais e rotações típicas vs. rotação necessária:

Tipo de Veículo	Rotação do motor atual na potencia máxima	Melhor eficiência de propulsão/rotação em uso:
Automóveis	± 5.000 rpm (motor Otto)	Pneus ± 900 rpm @ 100 km/h
Onibus, caminhões	± 2.000 rpm (motor Diesel)	Pneus ± 900 rpm @ 100 km/h
Motorcicletas	± 8.000 rpm (motor Otto)	Pneus ± 900 rpm @ 100 km/h
Motor Aeronáutico Otto	± 2.700 rpm (Otto refrig. a ar)	Hélices ± 1.800 rpm @ 650km/h
Turbina a jato (querosene)	10.000 – 30.000rpm (area quente)	Fan ± 3.200 rpm @ 800 km/h

Somente na industria naval, projetaram-se e fabricaram-se motores de navios e de rebocadores que giram na rotação necessária das hélices, de 200rpm a 400rpm, evitando os redutores. Contudo, os
 5 motores ficaram pesados e enormes e, então, baixa rotação em propulsão virou sinônimo de maior peso e volume, alta rotação virou sinônimo de tecnologia mais leve e avançada, como se fosse impossível obter baixa rotação em motores mais leves e compactos.

Desta forma, duas perdas adicionais de energia fora do motor
 10 são reconhecidas na engenharia mecânica, e reduzem ainda mais os 28% obtidos por Otto e os 38% obtidos por Diesel: a primeira perda acontece na transmissão e na redução de velocidade (engrenagens, câmbios, eixos, rolamentos, retentores), para liberar a potência motora na rotação necessária nos pneus e hélices que movem
 15 veículos terrestres e os aviões; a segunda perda acontece com a queima de combustível num veículo quando está parado com o motor funcionando em marcha lenta, sem produzir nenhuma locomoção nos congestionamentos.

Nas crises, os conceitos e produtos tradicionalmente aceitos
 20 necessitam ser rapidamente reformulados para gerar oportunidades de recuperar a produção e vender produtos de nova geração, com vantagens tais que promovam a rápida substituição pelos próprios usuários da frota atual de automóveis, caminhões, ônibus e

motocicletas como ocorreu na substituição de carroças e cavalos no passado.

O novo motor três-tempos pode ajudar a prolongar a duração das reservas petrolíferas até a substituição gradativa e planejada por combustíveis alternativos como o álcool, metanol, biodiesel e o gás metano e talvez do hidrogênio médio prazo.

Uma concepção mecânica inédita, que reduza o porte do motor e o número de componentes do motor e da transmissão, e recupere parte do calor desperdiçado ($Q_{cool} + Q_{misc}$) e ($H_{e, ic} + M_{he,s}$), convertendo mais energia química em energia mecânica.

Um embasamento científico sólido é essencial para aprovar rapidamente o novo conceito de nossa patente "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS". O primeiro passo é entender a essência das teorias atualmente aceitas nos "Fundamentos dos Motores a Combustão Interna", obtidas com base em experimentos e medições confiáveis, e na experiência pessoal acumulada obtida analisando-se e refletindo-se os sucessos e fracassos do passado, que nos estimulam à busca de novas idéias fundamentais para especular e realizar uma concepção inovadora.

Os motores 'bons' e 'ruins' para a poluição da atmosfera: De 1890 a 1990, ou seja, por um século os fabricantes desenvolveram livremente, diferentes conceitos construtivos do motor Otto e Diesel quatro-tempos, dois-tempos, motores refrigerados a ar e a água, monocilíndricos e multicilíndricos, com os cilindros em linha, em 'V', em 'boxer', em radial ou estrela nos aviões, nos motores rotativos Wankel e nas turbinas aeronáuticas. Os usuários escolhiam livremente o que lhes agradava, engenheiros aplicavam os propulsores disponíveis em seus projetos; sendo que o consumo

elevado de combustível, a poluição e o aquecimento causado eram fatores irrelevantes.

A partir de 1990, as autoridades do meio ambiente na Califórnia estabeleceram padrões de qualidade do gás de escape nos motores à combustão, permitindo que somente os motores mais eficientes em qualidade dos gases de escape fossem vendidos nos EUA. Esta medida foi aplicada em outros estados e nos demais países desenvolvidos, que culmina na retirada do mercado os motores ineficientes como o Wankel, os dois-tempos, os quatro-tempos refrigerados a ar, sendo que todos eles foram aposentados.

Sobraram os motores Otto e Diesel de quatro tempos refrigerados a água, que foram ainda mais aperfeiçoados, deixaram de ferver nas serras, de bater pinos, travar válvulas de escape, equipados com catalisadores e permanecem, por enquanto, como os 'melhores e mais eficientes motores' atuais, os únicos 'aprovados' pelas autoridades ambientais, que agora exigem uma redução de 30% na emissão de CO₂ para a atmosfera. Os motores Otto de 4 cilindros em linha, até 120 HPs e de 6 cilindros em "V" até cerca de 200 HPs, e rotação máxima de 5.000 rpm refrigerados à água estão entre os 'aprovados'. Os motores Diesel 'aprovados' são produzidos com 4 cilindros em linha até 180 HPs e os maiores tem 6 de cilindros em linha, chegando a cerca de 380 HPs, são refrigerados à água, e giram em rotações máximas de 2.000 rpm.

Em aviões com motores Otto, restaram apenas os motores homologados para uso aeronáutico, de 4 e 6 cilindros opostos do tipo 'boxer' refrigerados a ar, de 370 HPs a 2.700 rpm, que atingem 740 HPs nos pequenos aviões bimotores. Os motores maiores, radiais de 9 e 18 cilindros até 2.500 HPs foram aposentados e substituídos pelas

turbinas em versões turbo hélices e turbo fan (jato puro), a potência nas turbinas varia hoje de 800 HPs a 4.000 HPs, na era do jato.

O calcanhar de Aquiles nos motores a combustão interna está em inventar motores térmicos que transformem mais energia química em energia mecânica. Numa visão teórica preliminar, é óbvio, termodinamicamente, que queimando um combustível em um motor que gira uma revolução no virabrequim ou em motor que gira duas revoluções para transformar calor em trabalho, estes motores não diferem teoricamente, a diferença fica puramente na concepção mecânica destes motores.

A maior vantagem em queimar o combustível em uma revolução em vez de duas revoluções, pelo menos teoricamente, é que ele necessita metade do volume de ar deslocado do pistão, em cada revolução para uma dada potência, isto significa um motor com a metade do peso, um volante com a metade do peso, para o mesmo número de cursos efetivos que produzem trabalho, gerando uma eficiência maior na concepção mecânica, conclui o Prof. V.L.Malev na obra 'Internal-Combustion Engines' Mc Graw Hill, quando compara o motor dois-tempos e o motor quatro-tempos. Esta afirmação se visualiza na prática ao consumidor leigo, em seu automóvel de 100 HPs quatro tempos tem um motor maior e mais pesado que um motor de popa dois tempos com a mesma potencia, e ambos giram a cerca de 5.000 rpm na rotação máxima.

Na termodinâmica e na cinética físico-química das reações de combustão entre o ar comprimido e o combustível pressurizado, queimado por explosão através de ignição elétrica ou em queima lenta do óleo diesel por injeção no ar comprimido aquecido, é hoje uma teoria clara e um processo completamente entendido.

Assim, enquanto o motor quatro tempos Otto e Diesel gastam duas revoluções para produzir energia mecânica, onde a transferência efetiva de energia acontece em meia revolução de 0° a 180° , o motor dois tempos realiza a mesma tarefa com uma revolução completa num processo muito mal concebido, que mistura gases queimados com ar fresco mais combustível pulverizado e ainda os mistura com óleo lubrificante que não queima, gerando menor eficiência térmica de conversão de energia química em calor para produzir energia mecânica, de forma ineficiente e com gases de escape poluídos com óleo lubrificante.

Nos motores dois tempos, as válvulas de admissão e descarga nos cabeçotes, usadas por Otto e por Diesel foram substituídas por janelas de exaustão e transferência nas camisas dos cilindros, e ao mesmo tempo, o bloco do motor e a parte traseira do pistão passaram a funcionar como uma bomba de aspiração de ar fresco e combustível pulverizado, aspirada pelo bloco, esta mistura é transferida para o cilindro pelas janelas de transferência. Esta concepção mecânica gera retorno de fluxo na transferência, misturando os gases queimados com o ar fresco e combustível pulverizado ainda não queimado, fator que reduz na prática a eficiência esperada na teoria.

Muitos modelos de janelas de transferência e descarga nas camisas de cilindros e formas nas cabeças de pistão foram testadas por décadas para tentar melhorar a eficiência da transferência e lavagem dos gases: mas é extremamente difícil obter na prática uma boa lavagem de gases quentes queimados, empurrando-os com uma mistura de ar e combustível pulverizado no cilindro em alta rotação.

O dobro de queimas por rotação produz um aquecimento excessivo na cabeça do pistão, provocando derretimento e furo na

cabeça do pistão, reduz a confiabilidade operacional, fundamental em aplicações aeronáuticas e veiculares.

O maior problema do motor dois tempos, é a dificuldade para obter uma boa lavagem do cilindro. Este fator foi melhorado no processo Uniflow da GM Diesel entre 1928 a 1980, no entanto, apesar do grande excesso de ar enviado por sopradores sofisticados, melhores que as janelas de transferência, as soluções mecânicas tentadas, tiveram outros problemas e não alcançaram os resultados teoricamente esperados.

A engenharia aeronáutica estuda de forma sistemática as causas de uma falha ou acidente. Revisamos os motores dois tempos à gasolina e o motor GM dois tempos diesel por este prisma: os 2.000 rpm dos motores Diesel convencionais de quatro tempos, realizam 1.000 queimas por minuto, e os 4.000 rpm nos motores compactos Uniflow GM Diesel dois-tempos, realizavam 4.000 queimas por minuto. Com quatro vezes mais queimas pistões e válvulas de escape superaqueciam comprometendo a vida útil do motor. A GM aposenta seu motor diesel dois tempos compacto e rápido nos anos 80.

Objetivos, Breve Descrição e Vantagens da Invenção

A presente invenção "MOTOR A COMBUSTÃO TRÊS-TEMPOS" é um novo conceito de motor a combustão, que por sua concepção inovadora, possui dimensões externas mais compactas que os atuais motores convencionais de quatro tempos hoje aplicados em veículos automotores de passageiros, utilitários leves e aeronaves pequenas ou médias com hélices (motor Otto), ou veículos de carga, ônibus, caminhões, tratores, embarcações que operam hoje com motores Diesel quatro tempos, para os substituir com vantagens técnicas, nas versões: motor três-tempos a ignição e motor três-tempos a óleo diesel.

Para melhor ilustrar os conceitos desta Patente "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS" expomos abaixo sete figuras complementares, com os números de componentes idênticos nas figuras: em parte das exposições é necessária a vista e análise simultânea de diversas figuras para entender a nova tecnologia.

A Figura 1 apresenta um gráfico que demonstra o fluxo de energia térmica total num motor a combustão e que parte desta energia se converte em energia mecânica nos motores atuais Otto e Diesel de quatro tempos, elaborada pelo Prof. Heywood, do MIT em "Internal Combustion Engines Fundamentals";

A Figura 2 apresenta o gráfico de Carnot e o diagrama angular do motor de três tempos destacando tecnicamente as três funções angulares básicas: expansão, permuta de gases (Exchange) e compressão do motor.

A Figura 3 apresenta uma vista esquemática comparativa entre um motor quatro tempos de alta rotação e do novo motor três tempos por revolução, de baixa rotação e mais compacto;

A Figura 4 apresenta uma vista esquemática em corte frontal do novo motor com o pistão (3) na posição do ponto morto inferior (9), um virabrequim volante (1) com came acionadores de válvulas, bombas diversas, um soprador (21) para enviar ar novo ao cilindro (4), um escapamento (20) com uma bomba de sucção ventury (26) e um sistema de partida do motor;

A Figura 5 apresenta em perspectiva, o novo motor 3 tempos exposto em versão com 2 cilindros em linha, sistema de ignição por vela, com válvula de admissão invertida de acionamento direto por um virabrequim especial multifuncional;

A Figura 6 apresenta em visão esquemática em corte frontal e lateral do novo motor em versão diesel / biodiesel de três cilindros em

linha, e mostra o funcionamento do virabrequim multifuncional em detalhes, acionando bombas de combustível, lubrificante de ar (compressor) e de partida.

A Figura 7 apresenta em perspectiva uma vista global do novo conjunto motopropulsor três tempos com 6 cilindros opostos em Box, hélices e um soprador alimentador de ar de admissão e um escapamento do gás de exaustão acionado por ar comprimido numa bomba ventury para propiciar a permuta de gases aprimorada pelo sistema push –pull .

10 Descrição Detalhada da Invenção

Nas figuras de 1 a 7 denominamos com as letras A a compressão do primeiro tempo, B a expansão do segundo tempo, C a permuta de gases do terceiro tempo. A primeira dezena nos números indicadores das figuras indicam as peças fundamentais do motor: virabrequim multifuncional (1), biela (2), pistão (3), camisa do pistão (4), ponto de abertura e fechamento das janelas de descarga de gases quentes de escape do cilindro (5), e o ponto as janelas de descarga de gases queimados (6), o conjunto válvula de descarga invertida (7), o ponto morto superior PMS a $0^\circ = 360^\circ$ (8), o ponto morto inferior PMI a 180° (9). Na primeira dezena indicamos os fluidos líquidos e gasosos e os instantes de ação elétrica, de injeção, de abertura de válvulas, bicos injetores etc., ar fresco (10), rotação para frente (11), rotação para trás (12), início e fim da injeção de combustível (13), combustível pulverizado (14), gás queimado (15), ar comprimido de partida (16), faísca da vela (17), ponto de faísca da vela em operação (18), recuperador de calor em espiral (19). Na segunda dezena, indicamos componentes e conjuntos acessórios: escapamento (20), soprador de ar fresco (21), bico injetor de combustível (22), vela de ignição (23), coletor de ar fresco (24),

compressor (25), bomba de vácuo de gás quente Ventury (26), reservatório de ar comprimido (27), bico injetor de ar comprimido de partida (28), caixa múltipla de bombas de lubrificação, combustível, vácuo-ar auxiliares na operação (29).

- 5 Para maior facilidade de compreensão, explicamos, inicialmente, o motor três-tempos a explosão por ignição elétrica, e somente no fim, exporemos a versão do motor que opera com óleo diesel. Na exposição percorreremos todas as Figuras de 1 a 7.

10 A Figura 1 esquemática deve ser analisada em conjunto com a Tabela 1 que se encontra no texto, mostrando o balanço térmico da energia química inicial ($m_f Q_{lvh} = 100\%$) transformada parcialmente em potência mecânica (P_b), e o saldo em calor perdido na refrigeração e miscelâneas ($Q_{cool} + Q_{misc}$), e em gases quentes de exaustão ($H_{e,ic} + M_{he,s}$).

15 A Figura 2 mostra as características básicas do motor de três tempos por rotação, dispostos em cartas técnicas padrão, aplicados na engenharia mecânica dos motores a combustão alternativos: o gráfico do ciclo de Carnot e o diagrama angular, onde caracterizamos os três-tempos do novo motor: A. compressão, B expansão, e C
 20 permuta (Exchange) a retirada de um gás queimado e sua reposição por nova mistura de ar fresco (10) e combustível (14) pulverizado no interior do cilindro (4) ou no coletor de admissão (24). O trecho da compressão A que inicia no ponto (5) de fechamento da janela de descarga (6) com o início de compressão A pelo movimento
 25 ascendente do pistão (3) da mistura de ar fresco (10) e combustível pulverizado (14) que foi abastecida durante o ciclo da permuta C. Com a mistura comprimida até o ponto (17), ocorre a emissão da faísca de ignição (17) num ângulo (18) antes do ponto morto superior (8).

Ocorre ai, a explosão da mistura comprimida, com súbita elevação da pressão, que coincide com o início da expansão B, do gás quente (15) gerado na explosão da mistura ar fresco (10) mais combustível pulverizado (14), gerando energia mecânica, que desloca o pistão (3) até o ponto (5) onde se inicia a descarga do gás quente (15) de exaustão que seguirá para o escapamento (20) do motor.

Pelo diagrama angular na Figura 2, o tempo de permuta (Exchange) no novo motor três-tempos é realizada entre os pontos (5) de abertura e (5) de fechamento da janela de descarga gases queimados (6) passando pelo ponto morto inferior (9) até o fechamento da janela (6) no mesmo ponto (5) com o pistão já em curso ascendente. Durante a passagem da biela (2) no trecho do ciclo de permuta C, a biela (2) não consegue transmitir com eficiência neste tempo, o movimento de translação do pistão (3) para rotação no virabrequim (1). Aproveitamos justamente o trecho C para realizar o ciclo de permuta de gases (Exchange) a partir do ponto (5).

A Figura 3 demonstra a vantagem obtida comparando, as dimensões básicas dos motores Otto de quatro-tempos a cada duas revoluções e no novo motor três-tempos por revolução desta patente. Como o quatro tempos Otto ou Diesel necessitam de uma revolução completa para realizar a permuta de gases (Exchange) no cilindro e uma segunda revolução completa para realizar a Compressão e a Expansão no motor convencional, eles giram uma volta e meia sem produzir trabalho, que é realizado em menos de meia volta, entre os pontos (8) e (5) no novo motor.

Desta forma, nosso novo motor de três tempos por revolução, pode realizar a mesma tarefa com apenas dois cilindros que fariam o

mesmo trabalho dos quatro cilindros de um motor quatro tempos na mesma rotação. Para conseguir neste motor de dois cilindros a mesma potencia na metade da rotação, dobramos o volume deslocado de 0,5 litro para 1,0 litro em cada pistão, para manter o
5 mesmo volume deslocado de 2 litros, o que se consegue na prática, aumentando em 26% o diâmetro D e o curso S do pistão (3) que passa de 86mm para 108mm conforme exposto na Figura 3.

Assim, temos um motor três-tempos de dois cilindros de 1,0 litros, que totaliza um volume deslocado útil de dois litros, com metade
10 da rotação e mesma potência. A válvula de aspiração invertida (7) diretamente acionada pelo virabrequim multifuncional (1) fez o novo motor três-tempos deste exemplo, ficar com a mesma altura do motor ao quatro tempos, 22mm mais largo, e cerca de 120 mm mais curto no comprimento, ou cerca de 25% mais compacto em volume, mais
15 leve, pois a massa rotativa do volante que pode ser reduzido à metade está incorporado no virabrequim multifuncional (1), com mais eficiência mecânica por reduzirmos atritos, rotações e recuperarmos calor na obtenção de energia mecânica, tornando-se menos poluente e com menor numero de componentes numa concepção geral mais
20 simples, conforme a Figura 3.

A Figura 4 mostra em vista frontal esquemática nosso novo motor três-tempos refrigerado a líquido, onde o eixo virabrequim (1) está girando no sentido horário, acoplado ao pistão (3) através da biela (2). No primeiro ciclo, o pistão (3) se desloca em curso
25 descendente, do ponto morto inferior PMI (9) a 180° até o ponto morto superior PMS (8) a 360° = 0°. Por esta Figura 4 e os gráficos da Figura 2 descrevemos os detalhes do funcionamento do ciclo C de permuta (Exchange) de gases. Temos à direita, o soprador (21) que

capta e envia ar fresco (10) que fica pressurizado e é enviado para o cilindro (4) através da válvula de admissão invertida (7) o ar fresco (10) ajuda a 'empurrar' os gases queimados (15) que estão sendo expelidos através das janelas de descarga (6) para o escapamento-silenciador (20) equipado com uma bomba Ventury, aspiradora de gases quentes (26), acionada por ar comprimido produzido pelo compressor (25) que sopra o ar comprimido no ventury (26). O ar produzido pelo compressor (25) é aquecido pelo recuperador de calor em espiral (19), disposto no escapamento (20), que recupera calor dos gases de escape quentes (15), aumentando a eficiência da exaustão no sistema de Venturi (26) e diminuindo a temperatura destes gases. Com o ar fresco limpando duplamente todo o volume deslocado do cilindro (4), inicia-se a pulverização do combustível (14) através do bico injetor (22) por um tempo (13) ajustado conforme a necessidade de potencia mecânica. A faísca (17) da vela de ignição (23) acontece no ponto (18) com retardo regulável, antes do ponto morto superior PMS (8), que determina a rotação desejada do motor.

As Figuras 2, 4 e 5 em conjunto, mostram o volume útil deslocado durante o movimento descendente do ponto morto superior PMS (8) até o ponto de abertura (5) das janelas de descarga (6) o trecho que produz o trabalho mecânico útil a cada rotação, nosso motor de três-tempos girando a metade do número de rotações de um motor Otto de quatro tempos e quatro cilindros com, por exemplo, 2 litros de volume total deslocado, que tendo 0,5 litros em cada pistão (3) num total de quatro peças, tem um diâmetro de D de 86mm e um curso S de 86mm para produzir a mesma energia mecânica com metade das rotações em nosso novo motor de três-tempos por rotação, queimando o mesmo combustível.

Na Figura 5 em conjunto com as figuras anteriores, examinamos o novo motor girando, nos ciclos A (compressão), B Expansão e C (Permuta). O ciclo A, começa no ponto (5) de fechamento na janela de descarga (6) com a mistura de ar e combustível já abastecida, o virabrequim (1) girando no sentido horário e o pistão (3) em movimento ascendente comprimindo a mistura ar (10) combustível pulverizado (14) pelo bico injetor (22) instalado próximo à válvula de admissão (7). Ao fim da compressão a vela de ignição (23) dispara a faísca (17) provocando a explosão da mistura de ar fresco (10) e combustível pulverizado (14) comprimidos, que explode, aumentando seu volume, pressão e temperatura, formando os gases queimados (15), que iniciam o ciclo B de expansão e produção de energia mecânica que inicia no ponto morto superior (8) e termina no ponto de abertura (5) das janelas de troca (6) do cilindro (4) os ciclos A e B são convencionais.

O calcanhar de Aquiles citado começa no ciclo C que inicia no ponto (5) de abertura da janela de descarga (6) e na permuta de gases (Exchange) expulsa os gases queimados, 'puxados' pela aspiração da bomba ventury (26) instalada no escapamento (20) e 'empurrada' pelo ar fresco (10) pressurizado pelo soprador (21) que alimenta o cilindro (4) através da válvula de admissão (7) enviando um volume de ar soprado que ultrapassa o volume de gás queimado, de forma a eliminar todo o gás queimado.

Desta forma, com dupla ação ajudando na permuta de gases, a bomba a vácuo (26) 'puxa' e o ar fresco (10) proveniente do soprador (21) 'empurra' o gás queimado realizando a permuta em regime de baixa velocidade, para obter uma permuta muito mais eficiente. Durante a admissão de ar no ciclo C, após a passagem do ponto morto inferior (9) inicia-se a injeção de combustível pulverizado (13)

no duto de alimentação (24) próximo a válvula de admissão (27) até pouco antes do fechamento da janela de descarga, se consegue misturar o combustível ao ar admitido de forma que não haja contacto do combustível novo injetado no trecho (13) com o gás queimado (15).

5 Que é 'empurrado' apenas com a frente de ar fresco pressurizado (10) que em contacto com o gás queimado (15) a mistura de ar combustível é produzida de forma a ficar exclusivamente ao redor da vela de ignição (23).

Uma construção equivalente em resultados pode ser obtida em
10 segunda alternativa ao sistema 'puxa-empurra' alimentando o ventury (26) com ar soprado pelo ventilador (21) para retirar o gás queimado, a terceira alternativa é apenas 'empurrar' o ar queimado com a ventoinha (21). Nas três modalidades para obter uma ótima permuta no terceiro tempo, poderão ser escolhidas por cada fabricante
15 licenciado. No entanto, a aplicação do virabrequim multifuncional (1) e as válvulas de aspiração invertidas (7) é que possibilitam a compactação do motor três-tempos e a redução da rotação. As três alternativas possíveis no tempo C serão afinadas na prática por cada fabricante licenciado, que poderá afinar seu produto, o motor três-
20 tempos conforme a necessidade e o uso do seu motor.

As melhorias obtidas: a baixa rotação e a válvula de aspiração (7) invertida eliminam uma série de problemas de concepção mecânica dos antigos motores dois tempos: as válvulas de descarga do GM Uniflow superaquecem mesmo com sódio metálico insertado
25 na sua haste, nosso três-tempos utiliza apenas válvulas de cabeçote de aspiração, que trabalham frias. Sem o uso do volume interno no bloco e na parte traseira do pistão como bomba de ar, eliminamos a lubrificação do motor por óleo dois tempos.

Eliminamos a janela de transferência na camisa dos motores dois-tempos tradicionais. A rotação mais baixa elimina o problema de superaquecimento e o derretimento da cabeça do pistão. A ausência de óleo dois tempos na gasolina melhora a qualidade do ar de exaustão e reduz o desperdício de óleo e diminui os problemas de carbonização das velas, pistões, anéis, escapamentos, aumenta a confiabilidade do motor e reduz a necessidade de manutenção periódica causada pelo acúmulo de carvão.

Mecanismo de autopartida: A figura 4 mostra também, um dispositivo de partida integrada no motor, pode acioná-lo para frente ou para trás, revertendo a rotação criando uma alternativa econômica de partida que elimina a marcha a ré em manobras do veículo, e pode economizar combustível em operações de tráfego congestionado. Parte do ar comprimido produzido pelo compressor (25), fica armazenado no tanque (27) e pode ser aplicado no bico injetor de partida (28) que funciona como uma pistola de pintura que envia ar comprimido para mover o pistão e pode aplicar também pequena quantidade de gasolina para partida do sistema no ponto (16) e acionar na vela de ignição (23) a faísca (17) para promover a rotação do motor na direção (11). Para o motor partir em sentido de rotação reverso (12), é necessário que o ponto de partida (16) esteja antes do ponto morto superior PMS. Finalmente mostra a caixa bombeadora de múltipla finalidade (29) que pode bombear o combustível ao bico injetor, bombear óleo lubrificante para os mancais e anéis, ou bombear vácuo para instrumentos, limpadores de pára-brisas etc.

As Figuras 4. e 5. detalham as funções inovadoras do virabrequim multifuncional (1) que além da função clássica de árvore manivela com contrapesos, apresenta a função de volante para absorver e devolver energia mecânica regularizada dos picos de

explosão (8) mostrados no gráfico de Carnot na Figura 2, as funções dos came (curvas excêntricas) que evitam outras peças clássicas internas de um motor convencional como o eixo comando, suas engrenagens acionadoras, seus mancais, balancins das válvulas, seus eixos, correias ou correntes, etc. O motor de baixa rotação pode eliminar bronzinas ou reduzir seu desgaste, elimina válvulas de escape, que necessitam de sódio metálico no interior da haste, para evitar travamentos.

A Figura 6. mostra em corte frontal e lateral da versão Diesel/Biodiesel, de construção mais robusta, do novo motor que pode substituir o motor diesel tradicional de 4 ou 6 cilindros. Ele inicia seu funcionamento da mesma forma, que a versão a ignição por faísca elétrica, tendo portanto a vela de ignição para partida (23) e o bico injetor diesel (22), o bico pulverizador de ar comprimido e gasolina (28). Como a partida ocorre de forma suave os níveis de compressão de ar são adequados para iniciar o funcionamento com gasolina e converter em seguida para o óleo diesel ou biodiesel.

A Figura 7. mostra uma versão aeronáutica de seis cilindros boxer (opostos) com ignição por faísca com até 4 velas de ignição (23) por cilindro, com coletor de ar fresco (24) hélices propulsoras (26) de alto rendimento que operam com rotações máximas de 1.800 rpm pentapás ou hexapás de ultima geração, vários compressores (25), refrigerados a líquido.

Este motor na configuração da Figura 7, teoricamente equivale a um motor aeronáutico de 12 cilindros em rotações baixas. Os antigos motores V-12, dos anos 30 e 40, fabricados pela GM Allyson, Pakcard, Rolls Royce, Junkers Benz, trabalhavam em rotações de 5.000 giros e necessitavam de redutores para atingir a rotação ideal, nas hélices: estes redutores, suas engrenagens e seus virabrequins,

rolamentos não resistiam pela ausência de volantes entre o motor e o redutor para absorver choques das explosões dos doze cilindros. Os volantes são componentes muito pesados para serem montadas nos aviões. Nos anos 50 as turbinas em versões turbo-hélice e turbo-fan (jato puro) aposentaram os motores aeronáuticos ciclo Otto, radiais de 9 e de 18 cilindros até 2.500 HPs a 2.700 rpm.

Os novos motores três-tempos alternativos compactos, podem iniciar uma nova era de aviões com hélices modernas, e rotação máxima abaixo de 2.000 rpm, com menor consumo de combustíveis como gasolina, querosene, álcool, metanol, puro ou em mistura, em versões boxer de 8 cilindros opostos para aviões quadrimotores que voem em velocidades abaixo de 700 km/h.

REINVINDICAÇÕES

1- "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS", caracterizado
por operar em três tempos bem definidos, A de compressão indo do
ponto de fechamento (5) até o ponto morto superior (8), B de expansão
5 indo do ponto morto superior (8) ao ponto de abertura (5) e C de permuta
indo do ponto de abertura (5), passando pelo ponto morto inferior (9) até
o ponto de fechamento (5).

2- "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS" caracterizado
por possuir a válvula de admissão invertida (7), comandada de forma
10 direta por um virabrequim multifuncional (1).

3- "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS", caracterizado
por possuir um virabrequim multifuncional (1) que funciona como árvore
manivela, contra-peso, volante e ao mesmo tempo eixo comando para a
válvula de admissão (7), compressor (25) e bombas diversas (29).

15 4- "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS", caracterizado
por admitir mistura de ar (10) com combustível pulverizado (14) através
da válvula de admissão invertida (7) e descarregar os gases queimados
(15) através de janelas de descarga de gases queimados (6) dispostas
na parede do cilindro (4).

20 5- "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS", caracterizado
por possuir um tempo C de permuta que se inicia no ponto de abertura
(5) quando as janelas de descarga (6) se abrem, permitindo a saída dos
gases queimados (15) que são empurrados para fora do cilindro (4)
através das janelas de descarga (6) pela ação do soprador de ar fresco
25 (21) e também aspirados por sistema Venturi (26) disposta no interior do
escapamento (20), passando pelo morto inferior (9) quando o
combustível pulverizado (14) começa a ser injetado no interior do cilindro

(4) até o término do tempo de injeção de combustível (13), e o tempo C termina no ponto de fechamento (5).

6- "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS" caracterizado por possuir um sistema *push-pull* sendo a ação de *push* uma ação
5 constante realizada pelo soprador de ar fresco (21) e a ação de *pull* também uma ação constante e realizada pelo sistema de sucção.

7- "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS" caracterizado por possuir um sistema de sucção, realizando a chamada ação de *pull*,
que aspira o gás queimado (15) do interior do cilindro (4) através de
10 depressão produzida no escapamento (20), sendo tal sistema composto pelo compressor (25), recuperador de calor (19) e pelo sistema de Ventury (26), disposto no interior do escapamento (20).

8- "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS" caracterizado por possuir um sistema integrado de auto-partida a ar comprimido
15 composto pelo compressor (25), reservatório de ar comprimido (27), bico injetor de partida (28), que permite a partida do motor para o sentido horário (11) injetando uma mistura ar/combustível no ponto (16) após o ponto morto superior (8) ou no sentido anti-horário (12), injetando uma mistura ar/combustível no ponto (16) antes do ponto morto superior (8).

20 9- "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS" caracterizado por poder operar em duas versões: a explosão por vela de ignição (23) com combustível líquido (14) (gasolina querosene, álcool, metanol), gás combustível (metano, etano, propano, butano e gás natural) ou em versão a óleo diesel ou biodiesel de construção mais robusta e bico
25 injetor (22) e bomba de combustíveis para injeção (29).

10- "MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS" caracterizado por ser de alta cilindrada e baixa rotação em relação às rotações dos

motores da técnica, reduzindo ou eliminado componentes de transmissão como eixos, engrenagens, caixas de redução e câmbio.

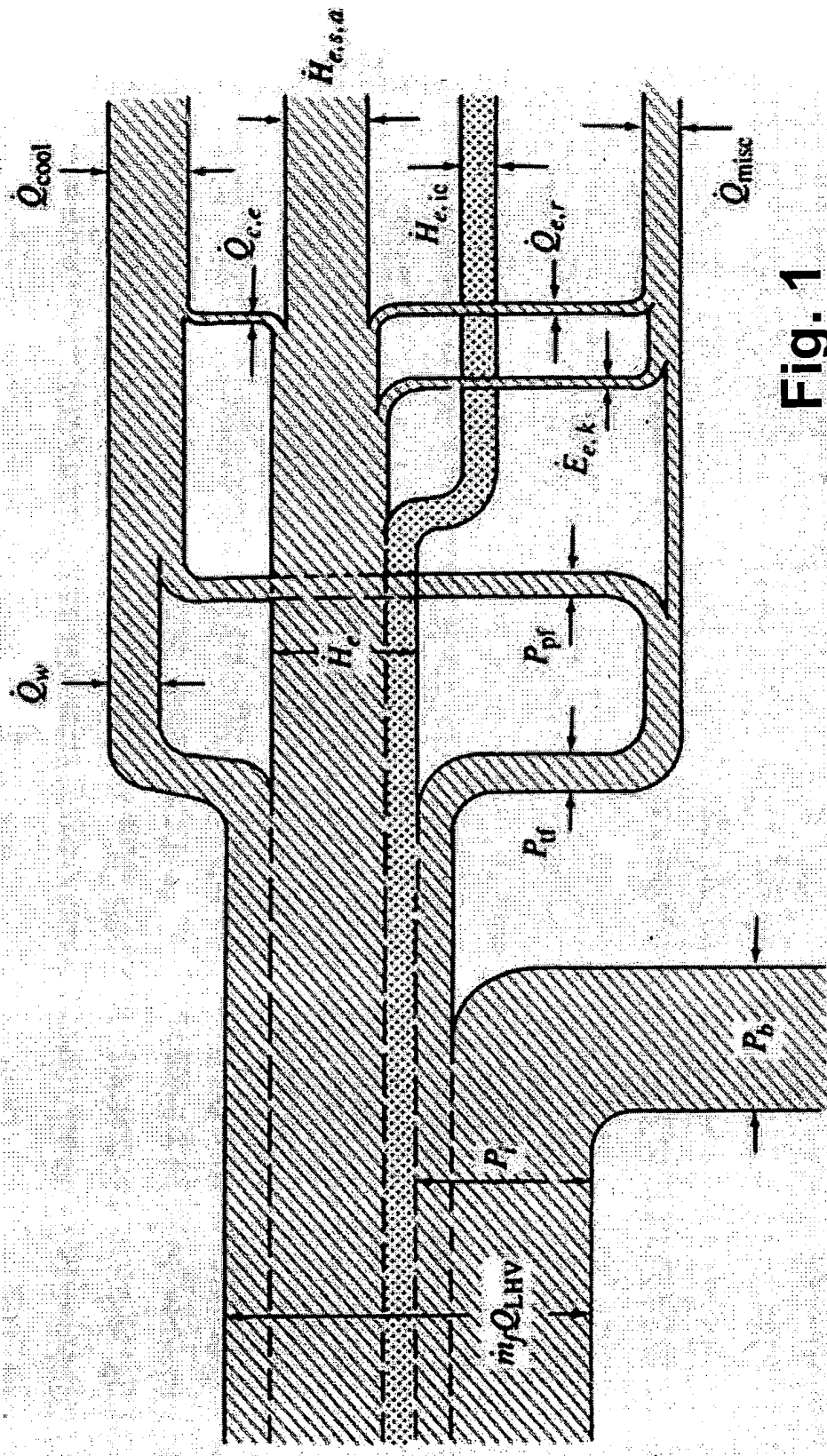


Fig. 1

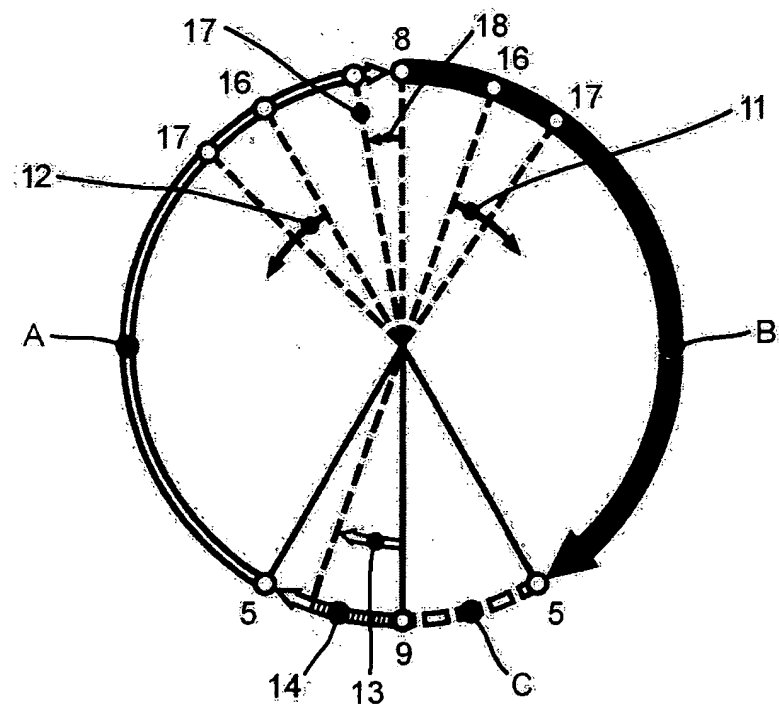
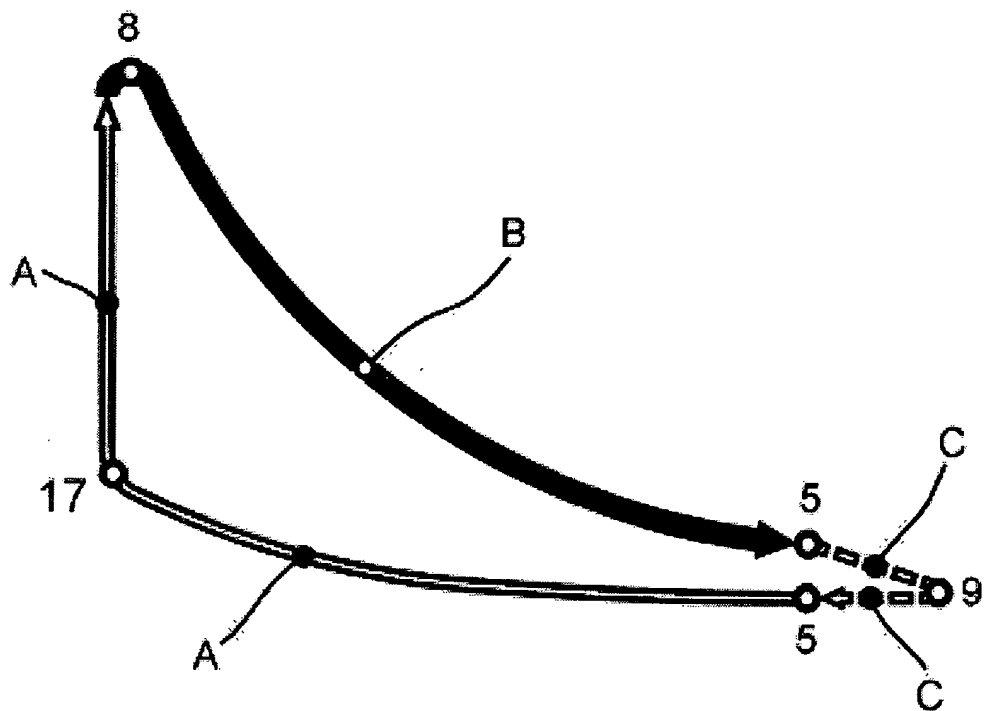
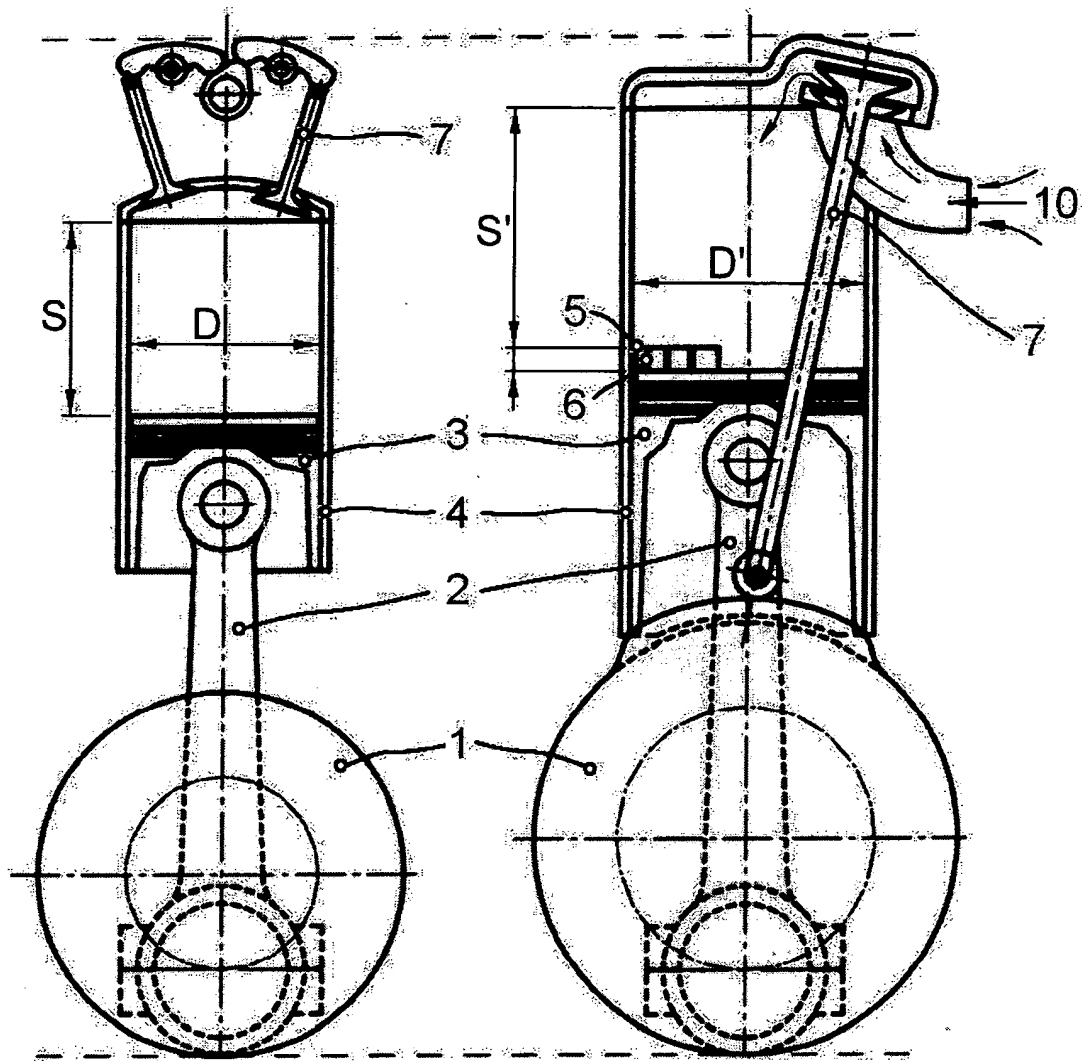


Fig. 2



**Fig. 3**

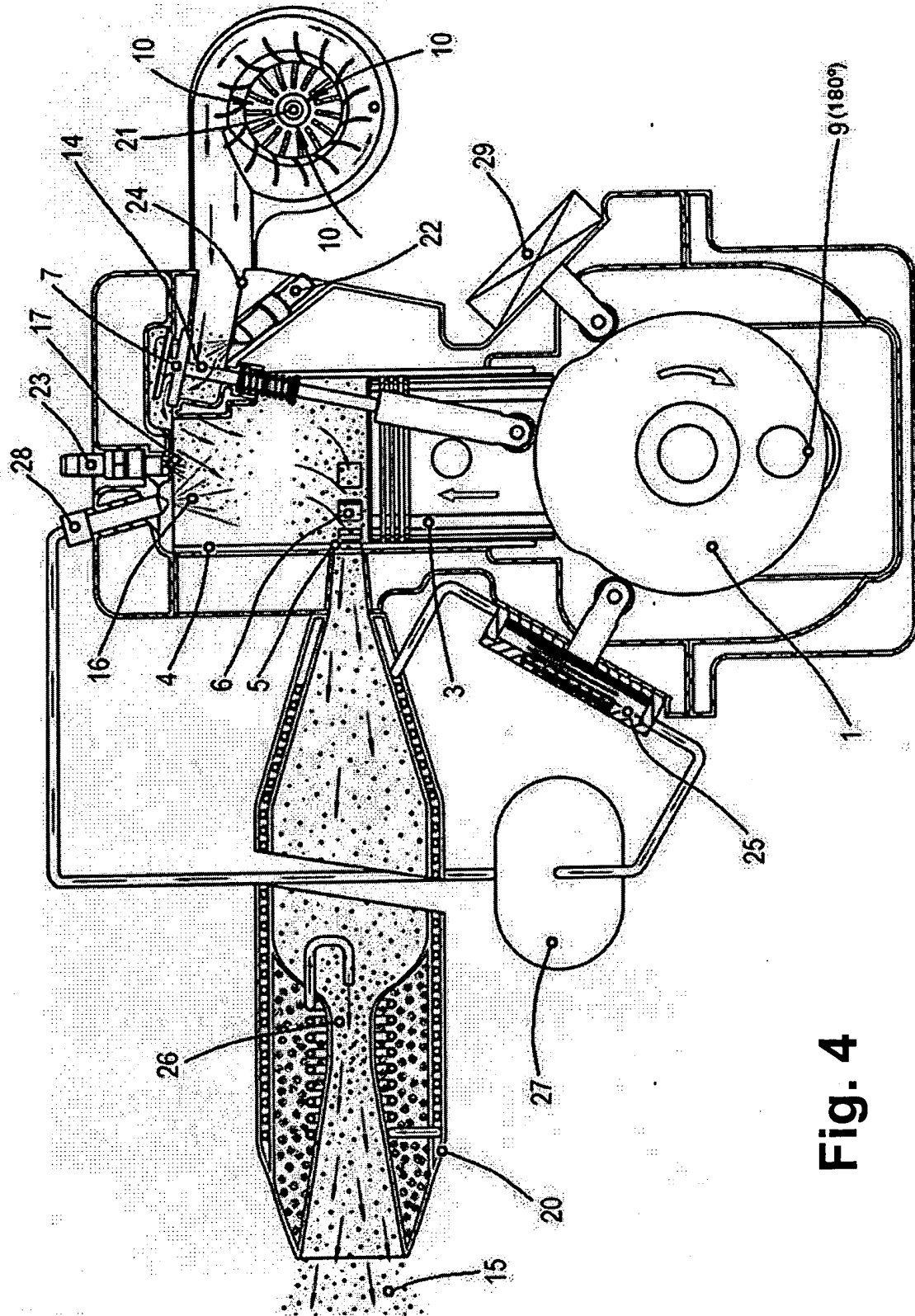
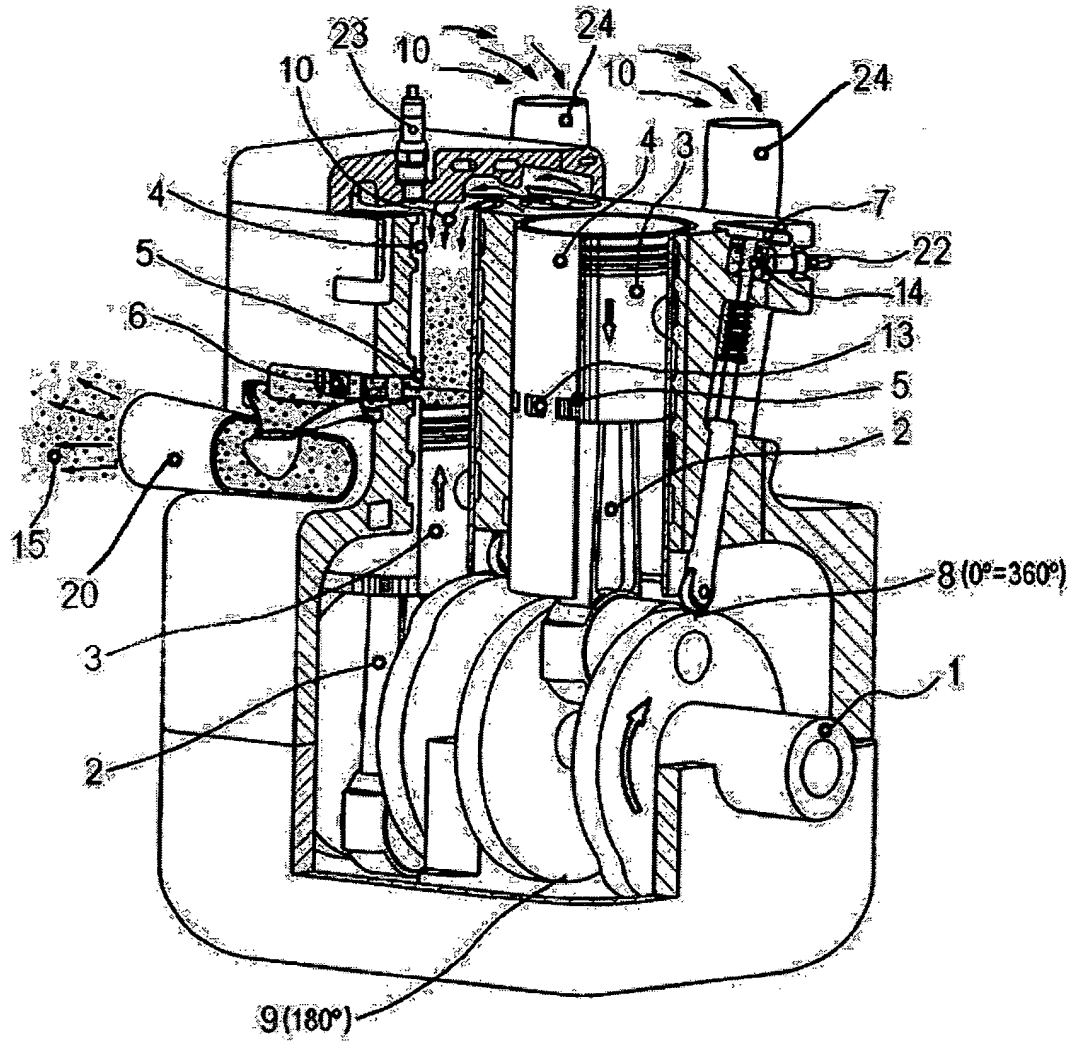


Fig. 4

**Fig. 5**

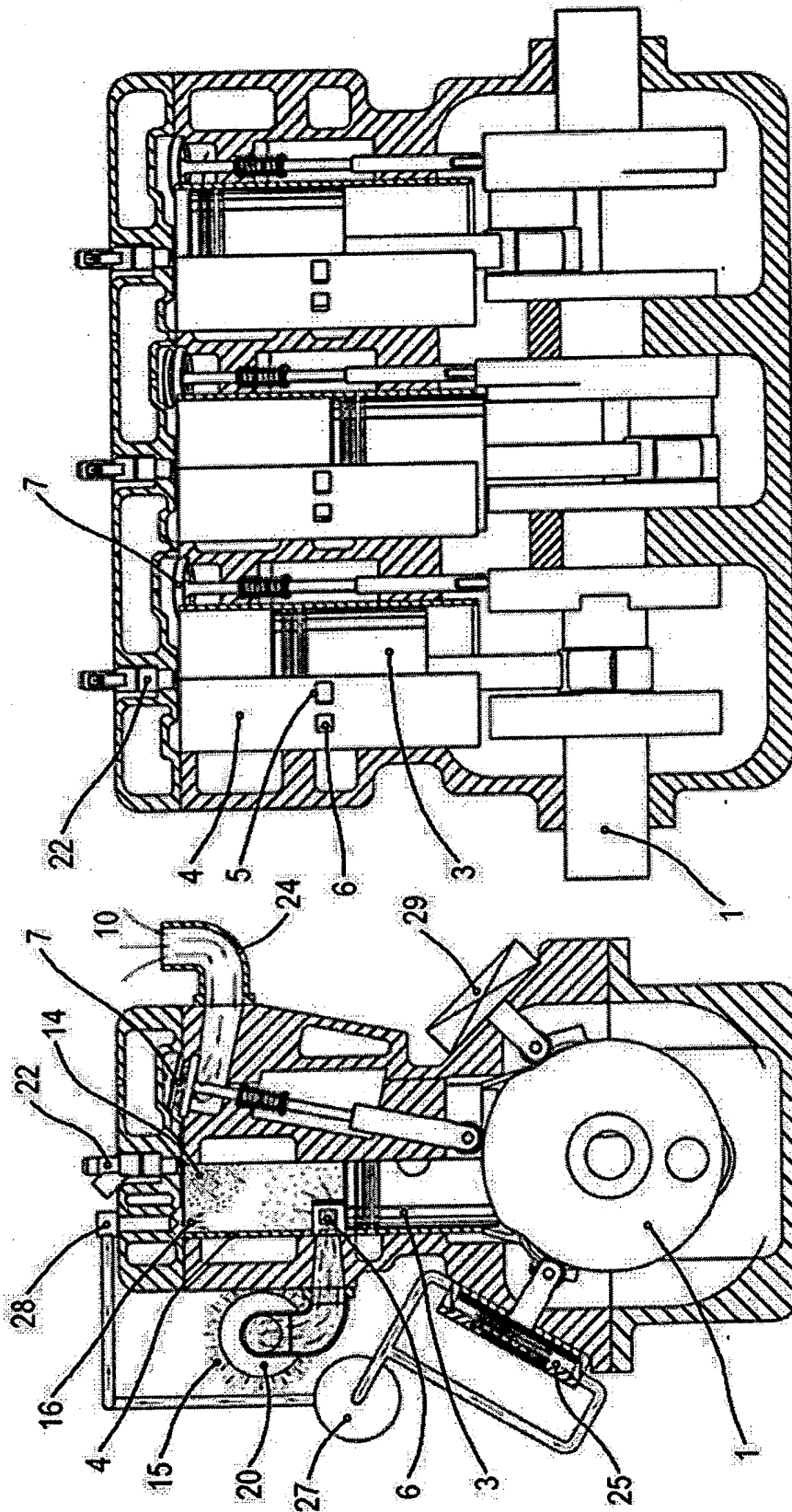


Fig. 6

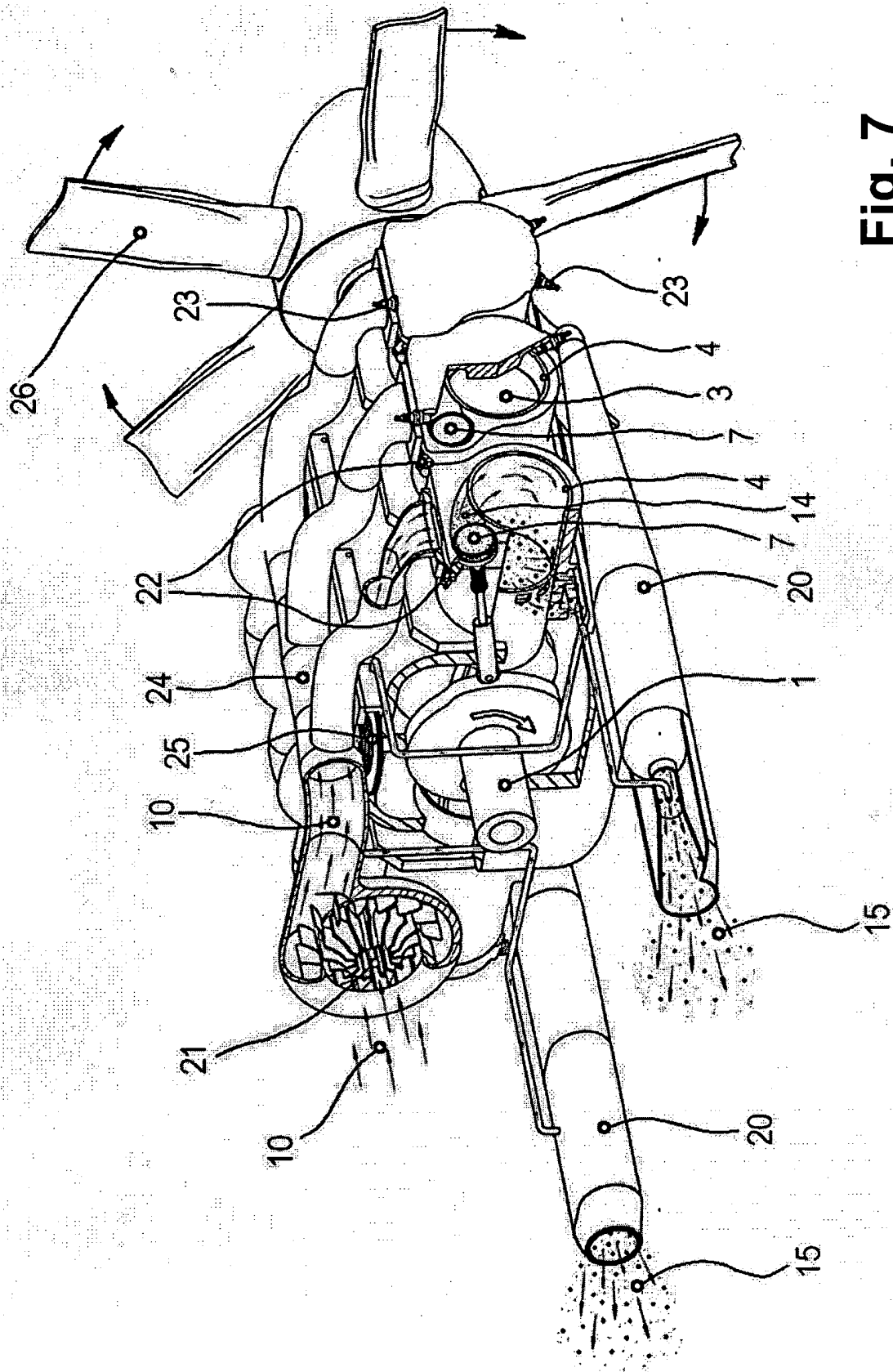


Fig. 7

RESUMO

"MOTOR A COMBUSTÃO DE TRÊS-TEMPOS" baixa rotação, alto volume deslocado, concepção compacta, com um inovador virabrequim multifuncional (1) que aciona válvulas de admissão invertidas (7), compressores (25), sopradores de ar fresco (21) bombas a vácuo Ventury (26) que possibilitam uma permuta eficiente de gases quentes queimados por ar novo fresco e combustível pulverizado, e sistemas de autopartida (28) que possibilitam partida para frente em tráfego congestionado ou em marcha à ré por reversão de rotação. Em versões por ignição por centelha elétrica aplicáveis em veículos leves (automóveis e utilitários) com combustíveis líquidos como: gasolina, álcool, querosene, metanol, ou combustíveis gasosos como: gás natural, metano, propano, butano e aviões, com ignição elétrica por centelha ou para uso em veículos pesados: ônibus, caminhões, tratores, locomotivas, rebocadores, com óleo diesel ou biodeiesel.