



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

(21) **PI 0714505-5 A2**

(22) Data de Depósito: 17/07/2007  
(43) Data da Publicação: 02/04/2013  
(RPI 2204)



(51) *Int.Cl.:*  
F01B 17/02  
F02G 1/04  
F01K 25/08

(54) **Título:** ENERGIA TÉRMICA DE TEMPERATURA AMBIENTE E MOTOR CRIOGÊNICO DE PRESSÃO CONSTANTE

(30) **Prioridade Unionista:** 21/07/2006 FR 06 06647

(73) **Titular(es):** MDI Motor Development International S.A.

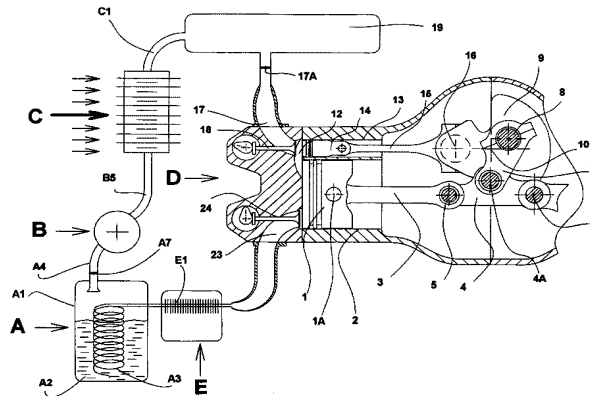
(72) **Inventor(es):** Cyril Negre, Guy Negre

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT EP2007057380 de 17/07/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/009681 de 24/01/2008

(57) **Resumo:** ENERGIA TÉRMICA DE TEMPERATURA AMBIENTE E MOTOR CRIOGÊNICO DE PRESSÃO CONSTANTE. A presente invenção refere-se a um motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente com pressão constante com uma combustão "fria" contínua a uma pressão constante e com uma câmara ativa que opera com um fluido criogênico (A2) armazenado na sua fase líquida, e utilizado como um gás de trabalho na sua fase gasosa e que opera em um ciclo fechado com retorno para a sua fase líquida. O fluido criogênico inicialmente líquido é vaporizado na fase gasosa a temperaturas muito baixas e supre a admissão (A4) de um dispositivo de compressão de gás (B), o qual então descarrega este gás de trabalho comprimido, ainda a uma baixa temperatura, e através de um trocador de calor com a temperatura ambiente (C), para dentro de um tanque de trabalho ou câmara de expansão externa (19) equipada ou não equipada com um dispositivo de aquecimento, onde a sua temperatura e o seu volume aumentarão consideravelmente de modo a então ser de preferência introduzido em um dispositivo de alívio (D) que provê trabalho e por exemplo que compreende uma câmara ativa de acordo com o pedido de patente internacional WO 2005/049968. Aplicação a veículos terrestres, veículos motorizados, ônibus, motocicletas, barcos, aviões, geradores de reserva, conjuntos de cogeração, motores estacionários.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**ENERGIA TÉRMICA DE TEMPERATURA AMBIENTE E MOTOR CRIOGÊNICO DE PRESSÃO CONSTANTE**".

A presente invenção refere-se a um motor.

5 Fundamentos da Técnica

Mais especificamente, a invenção refere-se a um motor que opera especificamente com um fluido criogênico e, por exemplo, que utiliza um dispositivo para controlar o curso do pistão que tem o efeito de parar o pistão no seu ponto morto superior por um período de tempo e girar o motor, e uma  
10 câmara ativa de volume variável que produz trabalho. um dispositivo de compressão integrado (ou separado) e um dispositivo para recuperar a energia térmica de temperatura ambiente.

Os inventores depositaram muitas patentes e pedidos de patente relativos a acionamentos e suas instalações, que utilizam gases e mais especificamente o ar comprimido para uma operação totalmente limpa em um  
15 local urbano e suburbano:

WO 96/27737 - WO 97/00655 - WO 9739232 - WO 97/48884 -  
WO 98/12062 - WO 98/15440 - WO 98/32963 - WO 99/37885 - WO  
01/69080 - WO 03/036088.

20 Para aplicar estas invenções, eles também descreveram um pedido de patente WO 99/63206, o conteúdo da qual é possível referir, um método e um dispositivo para controlar os pistões de motor tornando possível parar o pistão no seu ponto morto superior; um método também descrito no seu pedido de patente WO 99/20881, o conteúdo do qual é possível referir,  
25 relativo à operação destes motores com energia única ou energia dupla, modos de suprimento duplo ou triplo.

No pedido de patente WO 99/37885, eles propuseram uma solução que torna possível aumentar a quantidade de energia que pode ser utilizada e está disponível, caracterizada pelo fato de que o ar comprimido, antes deste ser inserido na câmara de combustão ou de expansão, originário  
30 do reservatório de armazenamento ou diretamente ou após este ter passado para dentro dos trocadores de calor do dispositivo de recuperação de ener-

gia térmica de temperatura ambiente, e antes deste ser inserido na câmara de combustão, é canalizado para dentro de um reaquecedor térmico onde, pelo aumento de sua temperatura, novamente aumentará em pressão e/ou volume antes deste ser inserido na câmara de combustão ou câmara de expansão do motor, por meio disto novamente aumentando consideravelmente o desempenho que pode ser conseguido pelo dito motor.

A utilização de um reaquecedor térmico, e apesar da utilização de um combustível fóssil, tem a vantagem de ser capaz de utilizar combustões contínuas limpas que podem ser catalisadas ou despoluídas por todos os meios conhecidos para o propósito de obter emissões com poluentes infinitesimais.

Os inventores depositaram um pedido de patente WO 03/036088, ao conteúdo do qual é possível referir, relativo a um conjunto de motor - compressor - motor - alternador de injeção de ar comprimido adicional em única ou múltiplas energias.

Nestes tipos de motor que operam com um gás, mais especificamente com ar comprimido que compreende um reservatório de ar comprimido de alta pressão, é necessário aliviar o ar comprimido contido no reservatório de alta pressão mas cuja pressão reduz conforme o reservatório esvazia para uma pressão intermediária estável denominada a pressão de utilização final em um tanque de armazenamento antes deste ser utilizado no cilindro ou cilindros de motor. Os redutores de pressão convencionais bem conhecidos com válvulas e molas têm rendimentos muito baixos e a sua utilização deste pedido requer um aparelho muito pesado e não muito eficiente, estes são também muito sensíveis ao congelamento devido à umidade do ar resfriado durante o alívio.

Para resolver este problema, os inventores também depositaram um pedido de patente WO 03/089764 relativo a um redutor de pressão dinâmico de taxa variável para os motores de injeção de ar comprimido, que compreende um reservatório de ar comprimido de alta pressão, e um tanque de trabalho.

Nestes dispositivos de redução de pressão, o enchimento da

câmara sempre representa um alívio de pressão que é prejudicial para o rendimento geral da máquina.

Para resolver o último problema, os inventores também depositaram um pedido de patente WO 2005/049968 relativo a um motor de câmara ativa que utiliza um dispositivo para parar o pistão no ponto morto superior. Este é de preferência suprido por ar comprimido - ou qualquer outro gás comprimido - contido em um reservatório de armazenamento de alta pressão, através de um tanque de armazenamento denominado o tanque de trabalho. O tanque de trabalho em uma versão de energia dupla compreende um dispositivo para reaquecer o ar suprido por uma energia adicional (fóssil ou outra energia) tornando possível aumentar a temperatura e o volume do ar que passa através do mesmo. O tanque de trabalho é portanto uma câmara de combustão externa.

Neste tipo de motor, a câmara de expansão dentro do motor consiste em um volume variável equipado com um meio que torna possível produzir trabalho e está acoplado e em contato através de uma passagem permanente com o espaço ficando acima do pistão de acionamento principal. Durante a parada do pistão de acionamento no seu ponto morto superior, o ar ou gás pressurizado é conduzido para dentro da câmara de expansão ativa quando a última está no seu menor volume e, sob o empuxo, aumentará o seu volume enquanto produzindo trabalho; quando a câmara ativa está substancialmente no seu maior volume, a admissão é então fechada e o ar comprimido ainda sob pressão contido na câmara de expansão ativa expande dentro do cilindro de motor, por meio disto empurrando o pistão de acionamento no seu curso descendente e suprimindo o trabalho por sua vez; durante o curso ascendente do pistão de acionamento durante o curso de descarga, o volume variável da câmara de expansão é retornado para o seu menor volume de modo a recomeçar um ciclo de trabalho completo.

O ciclo termodinâmico de um motor de câmara ativa portanto compreende quatro fases em um modo de energia único de ar comprimido:

- uma expansão isotérmica sem trabalho;
- uma ligeira expansão de transferência com um trabalho deno-

minado quase isotérmico;

- um alívio politrópico com trabalho; e
- uma descarga a uma pressão quase ambiente.

Na sua aplicação de energia dupla e no modo de combustível adicional, um compressor de ar supre ou o reservatório de alta pressão ou o tanque de trabalho (câmara de combustão) ou então ambos os volumes em combinação.

O motor de câmara ativa pode também ser produzido em um modo de energia única com combustível fóssil. Em uma versão como acima descrito, o reservatório de armazenamento de ar comprimido de alta pressão é então puramente e simplesmente removido e o ar comprimido supre diretamente o tanque de trabalho que compreende o dispositivo de reaquecimento de ar por uma energia fóssil ou outra.

O motor de câmara ativa é um motor com uma câmara de combustão externa, no entanto, a combustão dentro do reaquecedor pode ser interna, denominada "interna externa" trazendo a chama diretamente em contato com o ar comprimido de trabalho ou externa, denominada "externa externa" pelo reaquecimento do ar de trabalho através de um trocador de calor.

Este tipo motor opera em combustão com pressão constante e volume variável de acordo com as relações:  $PV_1 = nRT_1$  e  $PV_2 = nRT_2$

Onde para a constante  $P$ ,  $V_1/V_2 = T_1/T_2$

O aumento de temperatura na pressão constante tem o efeito de aumentar na mesma proporção o volume de ar comprimido, e um aumento em volume de  $N$  vezes requererá um aumento de temperatura idêntico de  $N$  vezes.

No modo de energia dupla e operando autonomamente com uma energia adicional, e quando o ar comprimido é admitido no reservatório de alta pressão, o ciclo termodinâmico então compreende sete fases:

- aspiração;
- compressão;
- expansão isotérmica dentro do tanque de trabalho;

- aumento de temperatura;
- transferência - ligeira expansão com um trabalho denominado quase isotérmico;

5

- alívio politrópico com trabalho; e
- descarga a uma pressão quase atmosférica.

Quando o ar comprimido é admitido diretamente no tanque de trabalho ou na câmara de combustão, o ciclo termodinâmico compreende seis fases e torna-se:

10

- aspiração;
- compressão;
- aumento de temperatura;
- transferência - ligeira expansão com um trabalho denominado quase isotérmico;

15

- alívio politrópico com trabalho; e
- descarga a uma pressão quase atmosférica.

20

Neste tipo de moto com aplicação de energia dupla, a temperatura do ar comprimido admitido no tanque de trabalho ou na câmara de combustão acontece a uma temperatura igual a ou maior do que a temperatura ambiente, substancialmente igual se o ar comprimido originar do reservatório de armazenamento de alta pressão e maior se este vier diretamente do compressor e o volume aumentado é conseguido na fase seguinte do ciclo por aumento da pressão.

25

Originando diretamente do compressor, a temperatura do ar pode alcançar, por exemplo, valores da ordem de 400 °C (673 graus Kelvin) acima da temperatura ambiente.

30

Para fixar as idéias, como um exemplo não limitante, para o propósito de suprir uma câmara ativa de 30 cm<sup>3</sup> a 30 bar, uma carga de ar comprimido de 5 cm<sup>3</sup> a 30 bar e na temperatura ambiente de 293 K (20 °C) é tomada do reservatório de armazenamento de modo a ser inserida em uma câmara de trabalho e reaquecimento de pressão constante na qual, para obter os 30 cm<sup>3</sup> requeridos, é necessário conseguir uma combustão que levará a temperatura a seis vezes o valor inicial, a saber 1758 K ou 1485 °C.

Se a carga de 5 cm<sup>3</sup> originar diretamente do compressor, esta está substancialmente a uma temperatura de 693 K (420 °C) e, para o mesmo resultado, a temperatura da carga deve ser levada para seis vezes 693 K, a saber 2158 K ou 1885 °C.

5 A utilização de altas temperaturas dentro da câmara de combustão externa causa numerosas tensões em termos de materiais e resfriamentos e emissão de poluentes especificamente de NOx (óxidos de nitrogênio) que formam-se acima de 1000 °C.

10 Para resolver o último problema, os inventores também depositaram um pedido de patente Francesa número 0506437 (FR-A-2.887.591) relativo a um motor - compressor de baixa temperatura equipado com uma combustão "fria" contínua a uma pressão constante e com uma câmara ativa que propõe resolver estas tensões permitindo, para um desempenho equivalente, combustões muito mais frias as quais, paradoxalmente, provêem um  
15 aumento considerável no rendimento da máquina.

O conjunto de motor - compressor de baixa temperatura com uma combustão "fria" contínua a uma pressão constante e com uma câmara ativa compreende uma câmara fria tornando possível diminuir para temperaturas baixas ou muito baixas o ar atmosférico que supre a admissão de um  
20 dispositivo de ar comprimido, que então descarrega este ar de trabalho comprimido, ainda a baixa temperatura, para dentro de um tanque de trabalho ou câmara de combustão externa equipada com um dispositivo de aquecimento de ar, onde este aumenta consideravelmente em volume de modo então a ser de preferência admitido em uma câmara ativa de acordo  
25 com o pedido de patente WO 2005/049968 onde, durante uma parada do pistão de acionamento no seu ponto morto superior, o ar ou gás pressurizado é admitido na câmara de expansão ativa quando a última está no seu menor volume e, sob o empuxe, aumentará o seu volume enquanto produzindo trabalho; quando a câmara ativa está substancialmente no seu maior  
30 volume, a admissão é então fechada e o ar comprimido ainda pressurizado contido na câmara de expansão ativa expande dentro do cilindro de motor por meio disto empurrando o pistão de acionamento no seu curso descen-

dente e provendo trabalho por sua vez; durante o curso ascendente do pistão de acionamento durante o curso de descarga, o volume variável da câmara de expansão é retornado para o seu menor volume de modo a recomençar um ciclo de trabalho completo.

5 O ciclo termodinâmico do conjunto de motor - compressor de baixa temperatura com combustão "fria" contínua a uma pressão constante e com uma câmara ativa de acordo o pedido de patente Francesa FR 0506437 compreende sete fases:

- redução considerável da temperatura do ar atmosférico ;
- 10 - aspiração;
- compressão;
- aumento de temperatura (combustão a um volume constante);
- transferência quase isotérmica;
- alívio politrópico; e
- 15 - descarga para a atmosfera a uma pressão quase atmosférica.

#### Sumário da Invenção

No conjunto de motor - compressor de baixa temperatura utilizando o ciclo termodinâmico de acordo com a invenção, o ar admissão do compressor é muito grandemente resfriado dentro da câmara fria de uma máquina de refrigeração (ou criogênica) que utiliza líquidos para absorver o calor de modo a vaporizar, onde um refrigerante ou um fluido criogênico inicialmente no estado gasoso é comprimido graças a um compressor criogênico e descarregado em uma serpentina onde este liquefaz, este fenômeno de liquefação fornece calor, e o líquido é então inserido em um evaporador posicionado dentro da câmara fria onde este vaporiza (um fenômeno que absorve calor). O vapor assim gerado retorna para o compressor e o ciclo pode recommençar. O ar de trabalho contido na câmara fria é então consideravelmente resfriado e contraído, este é então aspirado, e comprimido por um compressor de ar novamente a baixa temperatura, dentro da câmara de combustão, onde este é reaquecido e consideravelmente aumenta em volume antes de ser transferido quase isotermicamente para dentro da câmara ativa produzindo o trabalho antes de seu alívio politrópico dentro do cilindro

de motor produzindo o trabalho por sua vez.

De modo a fixar as idéias, se uma carga de ar comprimido de 5 cm<sup>3</sup> for inserida pelo compressor de ar diretamente em uma câmara de trabalho e de combustão a uma pressão de 30 bar e a uma temperatura de 90 K, de modo a tornar possível suprir a 30 bar uma câmara ativa de 30 cm<sup>3</sup>, é necessário produzir uma combustão que levará a temperatura a seis vezes o seu valor inicial, a saber 540 K ou 267 °C.

De acordo com uma variante da invenção, o ar de trabalho comprimido na saída do compressor, ainda a baixa temperatura, passa através de um trocador de ar / ar antes de ser direcionado para a câmara de combustão e por meio disto retorna virtualmente para a temperatura ambiente enquanto aumentando consideravelmente em volume antes deste ser inserido na câmara de combustão. As exigências necessárias de provisão de energia térmica são portanto consideravelmente reduzidas.

Para fixar as idéias, como um exemplo comparativo se uma carga de 5 cm<sup>3</sup> de ar comprimido que origina do compressor de ar a 90 K passar através de um trocador de ar - ar e ver a sua temperatura trazida para uma temperatura virtualmente ambiente ou 270 K, o volume inserido na câmara de trabalho e de reaquecimento é então de 15 cm<sup>3</sup>, e, ainda para suprir a câmara ativa a 30 bar, é então necessário atingir uma combustão que levará a temperatura a somente duas vezes o seu valor (ou 540 K) por meio disto fazendo uma economia considerável de energia provida pelo combustível.

As descrições destas invenções acima e do presente texto indicam valores de temperatura de ar sob as denominações genérica - "temperaturas muito baixas", "baixas temperaturas", "ambiente" ou "temperatura ambiente" e "combustão fria". As temperaturas de operação são de fato relativas umas às outras, no entanto, de modo a clarificar as idéias e, em um modo não limitante, o autor utiliza o termo "temperaturas muito baixas" para os valores menores do que 90 K, o termo "baixas temperaturas" para os valores menores do que 200 K, o termo "ambiente" para os valores entre 273 e 293 K - quanto ao termo e "combustão "fria"" - este é uma comparação com

as temperaturas de combustão de motores correntes maiores do que 2000 K - para os valores situados 400 e 1000 K.

Neste tipo de conjunto de motor - compressor de baixa temperatura com combustão "fria" contínua a uma pressão constante e com uma câmara ativa de acordo com o pedido de patente Francesa FR 0506437, a máquina criogênica para resfriar a "câmara fria" está projetada para reduzir a temperatura do ar ou do gás de trabalho para a temperatura mais baixa possível da temperatura ambiente a aproximadamente 290 K. A eficiência deste conjunto no entanto permanece limitada pela temperatura do gás de trabalho utilizado a qual não pode ser menor do que a temperatura para liquefazer o dito gás de trabalho.

Como o motor de câmara ativa e o conjunto de motor - compressor de combustão fria de acordo com o pedido de patente Francesa número FR 0506437 acima descrito, o motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com a presente invenção utiliza um gás de trabalho comprimido e de preferência, mas não somente, um dispositivo volumétrico de alívio de câmara ativa.

De acordo com a presente invenção, é proposto:

um motor que utiliza um dispositivo volumétrico de alívio de câmara ativa que consiste em um volume variável equipado com um meio que torna possível gerar um trabalho quando este é preenchido, acoplado, e em contato permanente através de uma passagem, com o espaço ficando acima de um pistão de acionamento principal, e um dispositivo de compressão integrado ou não integrado, caracterizado:

- pelo fato de que o gás de trabalho é um fluido criogênico utilizado em um ciclo fechado armazenado na fase líquida que trabalha na fase gasosa e retornado para um reservatório de armazenamento na fase líquida,
- pelo fato de que o gás de trabalho, inicialmente líquido, é vaporizado na fase gasosa a temperaturas muito baixas, substancialmente na sua temperatura de vaporização, e supre a admissão de um dispositivo volumétrico de compressão de gás, dentro do qual este é comprimido para a sua pressão de trabalho,

- pelo fato de que este gás de trabalho comprimido, ainda a temperaturas muito baixas, na saída do compressor, é descarregado para dentro de um tanque de expansão na sua pressão de trabalho e levado, por troca de calor com a atmosfera, substancialmente para a temperatura ambiente, de modo que, sob o efeito da transferência de energia térmica da temperatura ambiente, a sua temperatura aumenta consideravelmente, o seu volume aumenta nas mesmas proporções de acordo com a relação de pressão constante:  $V1/V2 = T1/T2$ ,

- pelo fato de que o dito gás ainda comprimido na sua pressão de trabalho e ainda substancialmente na temperatura ambiente é então conduzido para dentro de um dispositivo de alívio volumétrico com trabalho que compreende uma câmara de expansão ativa e de alívio,

- pelo fato de que o gás de trabalho, sendo descarregado do dito dispositivo de alívio volumétrico com trabalho novamente a uma temperatura muito baixa após o seu alívio, é descarregado na direção do tanque de armazenamento de fluido criogênico onde este é liquefeito de modo a recomençar um novo ciclo, de modo a constituir um motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante.

De acordo com outras características do motor:

\* o seu ciclo termodinâmico compreende as seguintes sete fases:

- vaporização de um fluido criogênico;
- compressão deste fluido a temperaturas muito baixas;
- reaquecimento a uma pressão constante pela temperatura ambiente;
- transferência quase isotérmica que produz trabalho;
- alívio politrópico que provê trabalho com redução de temperatura;
- descarga de ciclo fechado para dentro do reservatório de armazenamento; e
- liquefação do gás retornado para o reservatório de armazenamento.

\* A vaporização do fluido na fase líquida dentro do reservatório de armazenamento é obtida por aquecimento pela utilização de um trocador de fluido de trabalho / fluido de trabalho no qual o fluido criogênico então na fase semigásosa e retornado da descarga do dispositivo de alívio volumétrico que está a uma temperatura suficiente para fazê-lo, aquece e vaporiza uma porção do fluido criogênico na fase líquida que está no reservatório de armazenamento enquanto resfriando e liquefazendo.

\* O trocador de calor de vaporização de liquefação de fluido criogênico consiste em uma serpentina imersa no tanque dentro do qual o fluido que origina da descarga do motor terminará o seu resfriamento e a sua liquefação enquanto fornecendo o calor necessário para vaporizar o fluido no estado líquido dentro do reservatório de armazenamento.

\* Uma máquina criogênica está posicionada entre a saída de descarga do dispositivo de alívio volumétrico e o reservatório de armazenamento de fluido de modo a tornar possível ajustar a temperatura do gás de trabalho aliviada na saída da descarga então na fase gasosa ou semigásosa e antes deste ser inserido no trocador de calor do reservatório de armazenamento de modo a ser liquefeito no mesmo; o fluido no estado gasoso ou semigásoso na saída da descarga do dispositivo de alívio é então resfriado durante a sua passagem dentro de um trocador de calor posicionado dentro da câmara fria da máquina criogênica.

\* a máquina criogênica opera pela utilização dos efeitos magnético - caloríficos que utilizam a propriedade que certos materiais precisam aquecer sob o efeito de um campo magnético e resfriar para uma temperatura mais baixa do que a sua temperatura inicial após o campo magnético ter desaparecido ou após uma variação deste campo magnético.

\* O seu ciclo termodinâmico compreende oito fases:

- vaporização de um fluido criogênico;
- compressão deste fluido a temperaturas muito baixas;
- reaquecimento deste fluido pela temperatura ambiente a uma pressão constante;
- transferência quase isotérmica que provê trabalho;

- alívio politrópico que provê trabalho com redução de temperatura;

- descarga de ciclo fechado para dentro do reservatório de armazenamento;

5 - resfriamento em uma máquina criogênica; e

- liquefação do gás retornado para o reservatório de armazenamento.

\* O tanque de expansão de pressão constante consiste em um reservatório de armazenamento de pressão de trabalho de grande volume  
10 no qual o gás de trabalho contido no mesmo, mantido na temperatura ambiente, de acordo com: a área de superfície de troca de calor de sua carcaça com a atmosfera, o seu volume e o tempo de armazenamento no dito reservatório, e em que o gás de trabalho comprimido que origina do compressor é levado virtualmente para a temperatura ambiente naturalmente misturando  
15 com o gás de trabalho na temperatura ambiente já contido no dito reservatório de armazenamento de pressão. Dependendo do volume do reservatório de armazenamento e do tempo de armazenamento no dito reservatório, e da área de superfície de sua parede em contato com a atmosfera, o retorno para a temperatura ambiente pode ser obtido naturalmente misturando com o  
20 gás na temperatura ambiente já contido no reservatório e mantido na temperatura ambiente por troca de calor com a temperatura ambiente, através da parede.

\* A carcaça do dito reservatório de armazenamento de pressão compreende meios de troca de calor externos e/ou internos tais como aletas  
25 para promover a troca de calor entre a atmosfera e o gás de trabalho contido no mesmo, assim tornando possível aumentar consideravelmente as áreas de superfície de troca de calor e aperfeiçoar a sua eficiência de troca de calor com a atmosfera.

\* Pelo menos um trocador de ar atmosférico / gás de trabalho  
30 está instalado entre o compressor e o tanque de expansão de pressão constante e/ou o reservatório de expansão de pressão de trabalho, e/ou entre o dito reservatório e o dispositivo de alívio com trabalho, de modo a ativar o

retorno do dito gás de trabalho para a temperatura ambiente.

\* Um dispositivo de aquecimento de gás de trabalho está posicionado antes de sua inserção no motor, tornando possível obter temperaturas mais altas do que a temperatura ambiente, o aumento de temperatura então sendo conseguido dentro de uma câmara de combustão do tipo externa - externa através de um trocador de calor de modo a não contaminar pela combustão o fluido criogênico em sua fase gasosa.

\* o seu ciclo termodinâmico compreende as seguintes nove fases:

- 10                   - vaporização de um fluido criogênico;
- compressão deste fluido a temperaturas muito baixas;
- reaquecimento deste fluido pela temperatura ambiente a uma pressão constante;
- reaquecimento e aumento de temperatura maior do que a temperatura ambiente;
- 15                   - transferência quase isotérmica que provê trabalho;
- alívio politrópico que provê trabalho com redução de temperatura;
- descarga de ciclo fechado para dentro do reservatório de armazenamento;
- 20                   - resfriamento em uma máquina criogênica; e
- liquefação do gás retornado para o tanque.

\* - Este compreende um dispositivo para controlar o curso do pistão fazendo o pistão parar no seu ponto morto superior por um período de tempo, e uma câmara ativa,

- 25                   - durante a parada do pistão de acionamento em seu ponto morto superior, o gás pressurizado é admitido em uma câmara de expansão ativa e de alívio, - a qual consiste em um volume variável equipado com um meio que torna possível gerar trabalho, e que está acoplado e em contato
- 30                   permanente através de uma passagem, com o espaço que fica acima do pistão de acionamento principal - quando o último está no seu menor volume e o qual, sob o empuxo de gás de trabalho, aumentará o seu volume en-

quanto produzindo trabalho;

- em que, quando a câmara de expansão ativa e de alívio está substancialmente no seu maior volume, a admissão é então fechada e o gás de trabalho ainda comprimido sob pressão, contido na dita câmara, expande dentro do cilindro do motor por meio disto empurrando para trás o pistão de acionamento no seu curso descendente enquanto produzindo trabalho por sua vez e por meio disto sofrendo uma grande redução de temperatura,

- durante o curso ascendente do pistão de acionamento durante o curso de descarga, o volume variável da câmara de expansão ativa e de alívio é retornado para o seu menor volume de modo a recomeçar um ciclo de trabalho completo.

Para fixar as idéias, como um exemplo não limitante, com a utilização de hélio (He) como o fluido criogênico cuja temperatura de vaporização é de cinco graus Kelvin (5 K), e tornar possível suprir com o gás de trabalho uma câmara ativa de  $30 \text{ cm}^3$  a 30 bar, o volume aspirado do compressor de gás é de  $15 \text{ cm}^3$  a 5 K, e o volume descarregado é de  $1,91 \text{ cm}^3$  de gás de trabalho a 19 K e 30 bar. Este mesmo gás de trabalho, levado por troca de calor para a temperatura ambiente de 293 K (aquecimento isocórico), encontrando a sua energia na atmosfera aumenta em  $(293/19)$  15,42 vezes em volume, na mesma pressão (30 bar) para atingir os  $30 \text{ cm}^3$  ( $1,91 \cdot 15,42 = 30 \text{ cm}^3$ ) requeridos. O gás aliviado dentro do dispositivo de alívio volumétrico e após ter suprido trabalho está a uma temperatura na ordem de 90 K na pressão atmosférica. Este é então resfriado então liquefeito e retornado para o tanque de armazenamento para permitir um novo ciclo.

No exemplo acima, a compressão por revolução de motor de um pequeno volume de gás ( $15 \text{ cm}^3$  aspirados) representa um trabalho negativo de pouca importância, substancialmente na ordem de 0,88 KW (1,2 hp) a 4000 rpm, tornando possível obter  $1,9 \text{ cm}^3$  a 30 bar, e, a somente 19 K, a energia térmica ambiente então torna possível, por troca de calor com a atmosfera, levar o volume deste gás para  $30 \text{ cm}^3$  o qual expandido dentro do dispositivo de alívio volumétrico de câmara ativa, produz um trabalho de quase 12 KW (16 hp), enquanto que a energia necessária para retornar a

temperatura do gás de descarga de 90 K para a sua temperatura de liquefação (5 K) representa 3,29 KW (4,4 hp). Quase 10 hp (7,65 KW) são portanto providos pela energia térmica de temperatura ambiente durante o aumento de temperatura.

5 O compressor de gás de trabalho de temperatura muito baixa vantajosamente consiste em um compressor criogênico que permite a sua operação nas temperaturas utilizadas; este é ou acionado pelo eixo de motor do dispositivo de alívio volumétrico de câmara ativa ou incorporado no projeto do dispositivo de alívio volumétrico (por exemplo com pistões de dois es-  
10 tágios). O número de estágios de compressor e o seu método de operação: pistões alternantes, pistão rotativo, rotativo com pás, compressor com membrana, turbina, podem variar sem que tudo isto mude o princípio da invenção.

As disposições em combinação que compreendem um ou mais  
15 tanques de expansão de pressão constante, de maior ou menor volume, e um ou mais trocadores de calor posicionados antes e/ou após o dito tanque de expansão podem ser produzidas por aqueles versados na técnica sem, para isto tudo, mudar o princípio da invenção descrita. O mesmo aplica-se ao projeto do trocador ou trocadores de calor que podem utilizar gases (ar  
20 ambiente / gás), líquidos (líquidos / gás de trabalho) ou sólidos (sólidos / gás de trabalho) tornando possível prover o gás de trabalho com as calorias da temperatura ambiente da atmosfera.

A vaporização do fluido na fase líquida dentro do tanque pode ser conseguida por todos os meios de aquecimento ou de reaquecimento  
25 conhecidos mas de preferência, e de acordo com a invenção, isto é conseguido pela utilização da temperatura do fluido criogênico retornado da descarga de motor, que está a uma temperatura suficiente para fazer isto, por troca de calor em um trocador de calor consiste, por exemplo, na serpentina imersa no tanque de armazenamento e na qual o fluido que origina da des-  
30 carga de motor termina, por troca recíproca, o seu resfriamento e a sua liquefação fornecendo o calor necessário para a vaporização.

Vantajosamente, a saída da serpentina está colocada no fundo

do tanque que contém o fluido criogênico em forma líquida com a chegada da dita serpentina na porção imersa na porção superior do líquido que é a primeira que precisa ser vaporizada.

Vantajosamente, a máquina criogênica, projetada para produzir  
5 frio, está posicionada entre a saída de descarga de motor e o tanque de fluido de modo a tornar possível ajustar a temperatura do fluido de descarga na fase gasosa ou semigásosa antes deste ser inserido no trocador de calor do tanque. O gás de trabalho expandido, e também no estado gasoso, que emerge da descarga de motor é então resfriado dentro da câmara fria de uma  
10 máquina criogênica que utiliza líquidos que absorvem o calor de modo a vaporizar, e na qual o fluido criogênico inicialmente no estado gasoso é comprimido graças a um compressor criogênico, então descarregado em uma serpentina onde este é liquefeito, este fenômeno de liquefação fornece calor; o líquido é então inserido em um vaporizador posicionado dentro da câmara  
15 fria, onde este vaporiza (um fenômeno que absorve o calor e com isto produz frio) e o vapor assim produzido retorna para o compressor e o ciclo pode recomeçar.

Vantajosamente, a invenção pode utilizar uma máquina criogênica de efeito magnético - calorífico.

20 Uma primeira tecnologia, com base na utilização de conjuntos magnéticos de supercondutor de grande tamanho, é utilizada em laboratórios e no campo de pesquisa nuclear para atingir temperaturas próximas do zero absoluto. Especificamente, a patente US-A-4.674.288 é conhecida que descreve um dispositivo de liquefação de hélio que compreende uma substância magnetizável que pode mover dentro de um campo magnético gerado  
25 por uma bobina supercondutora e um reservatório que contém hélio e em condução térmica com a dita bobina supercondutora. O movimento em translação da substância magnetizável gera um frio que é transmitido para o hélio por meio de elementos de condução. Também conhecida é a patente  
30 WO 2005/043052 para a qual uma referência pode ser feita que descreve um dispositivo de geração de fluxo de calor feito de um material magnético - calorífico que compreende uma unidade de geração de fluxo de calor provi-

da com pelo menos dois membros de calor cada um contendo pelo menos um elemento magnético - calorífico, um meio magnético disposto para emitir pelo menos um campo magnético, um meio de movimento acoplado com o meio magnético de modo a movê-lo em relação aos elementos magnético - caloríficos de modo a sujeitá-los a uma variação ou uma remoção do campo magnético de modo a fazer com que a sua temperatura varie, e um meio para recuperar as calorias e/ou a refrigeração emitidas por estes elementos magnético - caloríficos.

O dispositivo para reaquecer o gás de trabalho posicionado antes de sua inserção no motor torna possível obter temperaturas maiores do que a temperatura ambiente. Este reaquecimento do gás de trabalho pode ser obtido por combustão de um combustível fóssil em um modo de combustível adicional, o ar comprimido contido no tanque de trabalho é reaquecido por uma energia adicional em um reaquecedor térmico. Esta disposição torna possível aumentar a quantidade de energia que pode ser utilizada e está disponível pelo fato de que o gás de trabalho comprimido antes deste ser inserido no dispositivo de alívio volumétrico de câmara ativa aumentará a sua temperatura e aumentará em volume tornando possível o aumento em desempenho do motor para uma e a mesma capacidade de cilindro. A utilização de um reaquecedor térmico tem a vantagem de ser capaz de utilizar combustões contínuas limpas que podem ser catalisadas ou despoluídas por todos os meios conhecidos para o propósito de obter emissões poluentes infinitesimais.

O aumento de temperatura é então conseguido dentro de uma câmara de combustão do tipo externa - externa através de um trocador de calor de modo a não contaminar pela combustão o fluido criogênico na sua fase gasosa.

O ciclo termodinâmico do motor de acordo com esta variante da invenção está caracterizado pelo fato de que este compreende as nove fases acima listadas.

O motor criogênico de acordo com esta invenção pode operar com todos os fluidos criogênicos conhecidos, dependendo das especifica-

ções do motorista, do desempenho buscado e dos custos gerados, no entanto, de modo a obter uma maior potência, este utilizará o fluido que tem a menor temperatura de ebulição que permita a maior diferença de temperatura possível entre a sua fase líquida e a sua temperatura de vaporização e a temperatura do fluido, próxima da temperatura ambiente, na fase gasosa quando este é inserido no cilindro da câmara ativa, esta diferença de temperatura determinando a eficiência do motor.

Entre os fluidos de refrigeração e criogênicos que são conhecidos estão o hélio (He) cuja temperatura de ebulição é de 5 K, o hidrogênio (H<sub>2</sub>) cuja temperatura de ebulição é de 20 K ou então o nitrogênio (N<sub>2</sub>) cuja temperatura de ebulição é de 77 K que podem ser utilizados para obter os resultados buscados.

Misturas de gás que modificam estas características de acordo com as especificações podem também ser utilizadas.

O modo de compressão da máquina de refrigeração, os evaporadores e os trocadores de calor, os materiais utilizados, os fluidos de refrigeração ou criogênicos, o tipo de máquina criogênica de liquefação utilizados para aplicar a invenção podem variar sem que tudo isto mude a invenção descrita.

Todas as disposições mecânicas, hidráulicas, elétricas ou outras, que permitem a execução da evaporação, da compressão, dos ciclos de trabalho de câmara ativa, a saber a inserção da carga de admissão pelo aumento de volume que produz trabalho seguido pela manutenção a um volume determinado que é o volume de câmara real durante o curso de expansão do pistão de acionamento, então do retorno para o seu volume mínimo de modo a permitir um novo ciclo, podem ser utilizadas sem, para tudo isto, mudar a invenção que foi apenas descrita.

A câmara de expansão interna do dispositivo de alívio volumétrico do motor de acordo com a invenção participa ativamente no trabalho. O dispositivo de alívio volumétrico de acordo com a invenção é denominado uma "câmara ativa".

A câmara de expansão de volume variável e alívio denominada

câmara ativa pode consistir em um pistão denominado um pistão de pressão que desliza dentro de um cilindro e conectado através de uma biela a um pino de manivela do eixo de manivela do motor. No entanto, outras disposições mecânicas, elétricas ou hidráulicas que tornam possível executar as mesmas funções e o ciclo termodinâmico da invenção podem ser utilizadas sem, para tudo isto, mudar os princípios da invenção.

Todo o equipamento móvel do dispositivo de alívio volumétrico (pistão e alavanca de pressão) é balanceado estendendo o braço inferior além de sua extremidade imóvel, ou articulação, por uma alavanca de pressão de espelho oposta em direção, simétrica e de inércia idêntica à qual está preso, capaz de mover sobre um eixo geométrico paralelo ao eixo geométrico de movimento do pistão, um peso de inércia idêntica e oposto em direção àquela do pistão. "Inércia" é denominada o produto do peso vezes a distância de seu centro de gravidade até o ponto de referência. No caso de um dispositivo de alívio volumétrico de múltiplos cilindros, o peso oposto pode ser um pistão que opera normalmente como o pistão que este balanceia.

O dispositivo de acordo com a presente invenção pode utilizar está última disposição na qual o eixo geométrico dos cilindros opostos, e o ponto fixo da alavanca de pressão estão substancialmente em linha sobre o mesmo eixo geométrico e onde o eixo geométrico da biela de controle conectada no eixo de manivela está posicionado por outro lado não sobre o eixo geométrico comum dos braços articulados mas sobre o próprio braço entre o eixo geométrico comum e o ponto fixo ou articulação. Consequentemente, o braço inferior e a sua simetria representam um único braço com a articulação, ou ponto fixo, substancialmente no seu centro e dois mandris em cada uma de suas extremidades livres conectados aos pistões opostos.

O número de cilindros pode variar sem, para tudo isto, mudar o princípio da invenção enquanto de preferência conjuntos em números pares de dois cilindros opostos são utilizados ou então, de modo a obter uma maior regularidade cíclica, mais do que dois cilindros, por exemplo quatro ou seis, etc.

De acordo com outra variante da invenção, o motor criogênico

de energia térmica de temperatura ambiente consiste em diversos estágios de expansão, cada estágio compreendendo uma câmara ativa de acordo com a invenção onde, entre cada estágio, um trocador de calor está posicionado tornando possível reaquecer o ar de descarga do estágio precedente e/ou onde necessário um dispositivo de reaquecimento com energia adicional. Os tamanhos de cilindro do estágio seguinte sendo maiores do que aqueles do estágio anterior.

A máquina criogênica de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante vantajosamente utiliza um dispositivo de alívio volumétrico com trabalho equipado com uma câmara ativa de acordo com o pedido de patente WO 2005/049968.

No entanto, e de acordo com uma variante da invenção, é proposto:

um motor caracterizado:

- pelo fato de que o gás de trabalho é um fluido criogênico utilizado em um ciclo fechado armazenado na fase líquida que trabalha na fase gasosa e retornado para um reservatório de armazenamento na fase líquida,

- pelo fato de que o fluido criogênico, inicialmente líquido, é vaporizado na fase gasosa a temperaturas muito baixas, e supre a admissão de um dispositivo de compressão de gás, o qual então descarrega este gás, comprimido para a sua pressão de trabalho e ainda uma baixa temperatura, através de um trocador de ar atmosférico / gás de trabalho, e/ou diretamente, para dentro de um tanque de expansão de pressão constante que compreende ou não compreende um dispositivo de aquecimento, no qual, a sua temperatura aumenta consideravelmente, o seu volume aumenta nas mesmas proporções de acordo com a relação de pressão constante:  $V1/V2 = T1/T2$ ,

- pelo fato de que o dito gás, ainda comprimido na sua pressão de trabalho, é então conduzido para dentro de um dispositivo de alívio volumétrico com trabalho utilizado, ou motores convencionais com o dispositivo de biela de manivela convencional, ou então sobre motores de pistão rotativo ou outros dispositivos de combustão interna que produzem um alívio com

trabalho,

5 - pelo fato de que o gás de trabalho, na descarga do dispositivo de alívio volumétrico com trabalho, novamente a uma temperatura muito baixa após o seu alívio, é descarregado para o reservatório de armazenamento do líquido criogênico através de uma máquina criogênica posicionada entre a saída de descarga e o tanque de fluido (A1) de modo a tornar possível ajustar a temperatura do gás de trabalho aliviado na saída de descarga então na fase gasosa ou semigásosa e antes de sua inserção no trocador de calor do reservatório de armazenamento de modo a ser liquefeito ali; o fluido no estado gasoso ou semigásoso na saída de descarga do dispositivo de alívio é então resfriado durante a sua passagem dentro de um trocador de calor posicionado dentro da câmara fria da máquina criogênica, e liquefeito de modo a recomeçar um novo ciclo.

15 O ciclo termodinâmico do motor de acordo com esta variante da invenção está caracterizado pelo fato de que este compreende sete fases:

- vaporização de um fluido criogênico;
- compressão deste fluido a temperaturas muito baixas;
- reaquecimento deste fluido pela temperatura ambiente a uma pressão constante;
- 20 - alívio politrópico que provê trabalho com redução de temperatura;
- descarga de ciclo fechado para dentro do tanque;
- resfriamento em uma máquina criogênica; e
- liquefação do gás retornado para o tanque.

25 O motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante pode ser utilizada em todos os veículos terrestres, marítimos, sobre trilhos, aéreos assim como em qualquer aplicação de estação fixa tal como um conjunto de motor e bomba, que aciona várias máquinas (máquinas-ferramenta, por exemplo).

30 O motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante pode também e vantajosamente encontrar a sua aplicação em conjuntos geradores de reserva, de emergência e/ou produção de

eletricidade, assim como em muitas aplicações de co-geração domésticas que produzem eletricidade, aquecimento e condicionamento de ar.

De acordo com outras características dos motores de acordo com a invenção:

5                   \* uma válvula borboleta de acelerador está posicionada sobre o duto de admissão do dispositivo de alívio volumétrico com trabalho de modo a tornar possível controlar o motor permitindo mais ou menos gás de trabalho para dentro câmara ativa e/ou para dentro de seu cilindro.

10                   \* uma válvula borboleta de acelerador está posicionada na entrada do compressor de temperatura muito baixa e de preferência controlada por um dispositivo eletrônico de modo a tornar possível ajustar a admissão, a taxa do compressor enquanto mantendo a pressão desejada dentro do tanque de expansão de pressão constante que tende a cair dependendo da quantidade de gás retirada pelo dispositivo de alívio volumétrico.

#### 15    Breve Descrição Dos Desenhos

Outros objetos, vantagens e características da invenção aparecerão na leitura da descrição não limitante de diversas modalidades, feita com relação aos desenhos anexos nos quais:

20                   - figura 1 representa, em forma de diagrama de blocos e vista esquematicamente em corte transversal, um motor criogênico de câmara ativa de acordo com a invenção.

                    - figuras 2 a 4 representam, em forma de diagrama de blocos e vistas esquemáticas em corte transversal, as várias fases de operação do motor criogênico de acordo com a invenção.

25                   - figura 5 representa esquematicamente um diagrama de temperatura / volume do ciclo termodinâmico do motor criogênico.

#### Descrição Detalhada Da Invenção

30                   A figura 1 representa, em forma de diagrama de blocos e vista esquematicamente em corte transversal, um motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente de acordo com a invenção, que compreende seus cinco elementos principais: o reservatório de fluido criogênico em fase líquida A, o compressor de temperatura muito baixa B, o trocador de

gás / ar ambiente C, o dispositivo de alívio volumétrico com trabalho, com câmara ativa D, e a máquina criogênica para resfriar antes da liquefação E, onde é possível ver o reservatório A1 no qual o fluido criogênico em fase líquida A2 está armazenado, e que inclui um trocador de calor para liquefação e vaporização A3. Este reservatório está conectado através de um duto A4 na admissão de um compressor de temperatura muito baixa B cuja descarga está conectada através de um duto B5 a um trocador de fluido criogênico / ar ambiente C este próprio conectado através de um duto C1 a um tanque de expansão de pressão constante 19 este próprio conectado na admissão 17 do dispositivo de alívio volumétrico de câmara ativa que compreende um pistão de acionamento 1 (mostrado em seu ponto morto superior), que desliza dentro de um cilindro 2 e controlado por uma alavanca de pressão. O pistão de acionamento 1 está conectado através de seu eixo na extremidade livre 1A de uma alavanca de pressão que consiste em um braço 3 articulado sobre um eixo comum 5 a outro braço 4 fixo oscilante sobre um eixo imóvel 6, e sobre o qual está disposto, substancialmente em seu meio, um eixo 4A no qual está presa uma haste de conexão de controle 7 conectada no pino de manivela 8 de um eixo de manivela 9 que gira sobre o seu eixo geométrico 10. Durante a rotação do eixo de manivela, a haste de conexão de controle 7 através do braço inferior 4 e de seu eixo 4A exerce uma força sobre o eixo comum 5 dos dois braços 3 e 4 da alavanca de pressão, por meio disto permitindo que o pistão 1 mova ao longo do eixo geométrico do cilindro 2, e por sua vez transmite para o eixo de manivela 9 as forças exercidas sobre o pistão 1 durante o curso de acionamento por meio disto fazendo-o girar. O cilindro de motor 2 está em comunicação através de uma passagem 12 feita na sua porção superior, com o cilindro de câmara ativa 13 dentro do qual um pistão 14 desliza, denominado o pistão de pressão, conectado através de uma haste de conexão 15 a um pino de manivela 16 (em linhas tracejadas) do eixo de manivela 9. Um duto de admissão 17, controlado por uma válvula 18 abre para a passagem 12 que conecta o cilindro de motor 2 e o cilindro de câmara ativa 13 torna possível suprir o motor com gás comprimido (fluido criogênico na fase gasosa) que origina do tanque de

expansão 19 mantido a uma pressão quase constante. Na porção superior do cilindro de motor 2, um duto de descarga 23 está feito, controlado por uma válvula de descarga 24, conectada no trocador de calor de liquefação e vaporização A3 após ter passado através de uma câmara fria E que torna possível resfriar o fluido criogênico da descarga e prepará-lo para a sua liquefação no trocador de calor A3.

Uma válvula borboleta de acelerador 17A está posicionada sobre o duto de admissão do dispositivo de alívio volumétrico com trabalho D e torna possível controlar o motor permitindo mais ou menos gás de trabalho para dentro da câmara ativa 12, 13.

A válvula borboleta de acelerador A7 está posicionada sobre o duto de admissão A4 do compressor de temperatura muito baixa; esta é de preferência controlada por um dispositivo eletrônico para tornar possível regular na admissão, a saída do compressor enquanto mantendo a pressão desejada dentro do tanque de expansão de pressão constante 19, a qual cai dependendo da quantidade de gás retirada pelo motor.

O fluido criogênico em fase líquida A2 é vaporizado na fase gasosa com o auxílio do trocador de calor A3 e aspirado através do duto de admissão A4 pelo compressor de fluido criogênico B; o fluido de trabalho criogênico em forma gasosa mas ainda a uma temperatura muito baixa é então comprimido, por exemplo para 30 bar, e descarregado através do duto D6 para o trocador de ar ambiente / fluido criogênico C onde a sua temperatura aumentará virtualmente para a temperatura ambiente causando o aumento de seu volume de modo a subsequentemente ser direcionado através do duto C1 para o tanque de expansão de pressão constante 19 conectado através de um duto de admissão 17 no dispositivo de alívio volumétrico com trabalho com a câmara ativa D onde, figura 2, o pistão de acionamento 1 está parado na sua posição de ponto morto superior e a válvula de admissão 18 apenas foi aberta; a pressão do gás contido no tanque de expansão de pressão constante 19 empurra o pistão de pressão 14 enquanto preenchendo o cilindro da câmara ativa 13 e produzindo trabalho causando, através de sua haste de conexão 15, a rotação do eixo de manivela 9, o trabalho sendo

considerável porque este é executado a uma pressão quase constante sobre todo o curso do pistão de pressão 14.

Continuando a sua rotação, o eixo de manivela permite - figura 3 - que o pistão de acionamento 1 mova para o seu ponto morto inferior e substancialmente simultaneamente a válvula de admissão 18 é então fechada novamente; a carga contida dentro da câmara ativa então expande enquanto empurrando o pistão de acionamento 1 o qual por sua vez produz trabalho girando o eixo de manivela 9 através de seu equipamento móvel que consiste nos braços 3 e 4 e na haste de conexão de controle 7.

10 Durante este ciclo do pistão de acionamento 1, o pistão de pressão 14 continua o seu curso para o ponto morto inferior e começa o seu curso ascendente para o seu ponto morto superior, e todos os elementos sendo dispostos de modo que, durante o curso ascendente dos pistões - ver figura 4 - o pistão de pressão 14 e o pistão de acionamento 1 chegam substancialmente juntos no seu ponto morto superior onde o pistão de acionamento 1 parará e o pistão de pressão 14 iniciará um novo curso descendente de modo a recomençar um novo ciclo de trabalho. Durante o curso ascendente dos dois pistões 1 e 14, a válvula de descarga 24 é aberta de modo a retornar o fluido criogênico, intensamente resfriado durante a sua expansão através do duto 23 e da máquina criogênica E e de seu trocador de calor E1, para o reservatório A onde este será liquefeito durante a sua passagem para dentro do trocador de calor A3 e retornado para o tanque de modo a recomençar um novo ciclo.

25 A figura 5 representa um diagrama de temperatura / volume do ciclo termodinâmico de acordo com a invenção no qual, sobre o eixo geométrico horizontal, podem ser vistas as temperaturas e sobre o eixo geométrico vertical os volumes de gás empregados nos vários segmentos relativos ao ciclo, a vaporização (segmento V) então a compressão para a pressão de trabalho (segmento Com). O gás é então levado para a temperatura (quase) ambiente a uma pressão constante (segmento EthA), de modo a ser subseqüentemente transferido a uma pressão constante e quase isotérmica enquanto produzindo trabalho (segmento W) para a câmara ativa do motor e

expandir (segmento W1) de acordo com um politrópico, produzindo trabalho, resfriando e movendo para mais próximo da pressão atmosférica, de modo a ser subsequentemente inserido em uma máquina criogênica (segmento RE-FR) de modo a ser intensamente resfriado e então liquefeito L e tornar possível recomeçar o ciclo termodinâmico.

5 A invenção não está limitada às modalidades exemplares descritas e representadas; os materiais, os meios de controle, os dispositivos descritos podem variar dentro do limite dos equivalentes para produzir os mesmos resultados, sem, para tudo isto, mudar a invenção que acabou de ser

10 descrita.

## REIVINDICAÇÕES

1. Motor que utiliza um dispositivo volumétrico de alívio de câmara ativa que consiste em um volume variável equipado com um meio que torna possível gerar um trabalho quando este é preenchido, acoplado, e em contato permanente através de uma passagem, com o espaço ficando acima de um pistão de acionamento principal, e um dispositivo de compressão integrado ou não integrado, caracterizado:
- 5
- pelo fato de que o gás de trabalho é um fluido criogênico utilizado em um ciclo fechado armazenado na fase líquida (A2) que trabalha na fase gasosa e retornado para um reservatório de armazenamento (A, A1) na fase líquida,
- 10
- pelo fato de que o gás de trabalho, inicialmente líquido, é vaporizado na fase gasosa a temperaturas muito baixas, substancialmente na sua temperatura de vaporização, e supre a admissão (A4) de um dispositivo volumétrico de compressão de gás (B), dentro do qual este é comprimido para a sua pressão de trabalho,
- 15
- pelo fato de que este gás de trabalho comprimido, ainda a temperaturas muito baixas, na saída do compressor (B), é descarregado para dentro de um tanque de expansão (19) na sua pressão de trabalho e levado, por troca de calor com a atmosfera, substancialmente para a temperatura ambiente, de modo que, sob o efeito da transferência de energia térmica da temperatura ambiente, a sua temperatura aumenta consideravelmente, o seu volume aumenta nas mesmas proporções de acordo com a relação de pressão constante:  $V1/V2 = T1/T2$ ,
- 20
- pelo fato de que o dito gás ainda comprimido na sua pressão de trabalho e ainda substancialmente na temperatura ambiente é então conduzido para dentro de um dispositivo de alívio volumétrico com trabalho (D) que compreende uma câmara de expansão ativa e de alívio,
- 25
- pelo fato de que o gás de trabalho, sendo descarregado (23) do dito dispositivo de alívio volumétrico com trabalho (D) novamente a uma temperatura muito baixa após o seu alívio, é descarregado na direção do tanque de armazenamento (A, A1) de fluido criogênico (A2) onde este é li-
- 30

quefeito de modo a recomeçar um novo ciclo, de modo a constituir um motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante.

2. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com a Reivindicação 1, caracterizado pelo
- 5 fato de que o seu ciclo termodinâmico compreende as seguintes sete fases:
- vaporização de um fluido criogênico;
  - compressão deste fluido a temperaturas muito baixas;
  - reaquecimento a uma pressão constante pela temperatura ambiente;
  - 10 - transferência quase isotérmica que produz trabalho;
  - alívio politrópico que provê trabalho com redução de temperatura;
  - descarga de ciclo fechado para dentro do reservatório de armazenamento; e
  - 15 - liquefação do gás retornado para o reservatório de armazenamento.

3. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com a Reivindicação 2, caracterizado pelo

20 fato de que a vaporização do fluido na fase líquida dentro do reservatório de armazenamento é obtida por aquecimento pela utilização de um trocador de fluido de trabalho / fluido de trabalho (A3) no qual o fluido criogênico então na fase semigásosa e retornado da descarga (23) do dispositivo de alívio volumétrico (D) e que está a uma temperatura suficiente para fazê-lo, aquece e vaporiza uma porção do fluido criogênico na fase líquida (A2) que está

25 no reservatório de armazenamento (A, A1) enquanto resfriando e liquefazendo.

4. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com a Reivindicação 3, caracterizado pelo

30 fato de que o trocador de calor de vaporização de liquefação de fluido criogênico consiste em uma serpentina (A3) imersa no tanque dentro do qual o fluido que origina da descarga do motor terminará o seu resfriamento e a sua liquefação enquanto fornecendo o calor necessário para vaporizar o fluido no

estado líquido dentro do reservatório de armazenamento (A, A1).

5 5. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com a Reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que uma máquina criogênica (E) está posicionada entre a saída de  
5 descarga (23) do dispositivo de alívio volumétrico (D) e o reservatório de armazenamento de fluido (A, A1) de modo a tornar possível ajustar a temperatura do gás de trabalho aliviada na saída da descarga (23) então na fase gasosa ou semigásosa e antes deste ser inserido no trocador de calor (A3) do reservatório de armazenamento (A, A1) de modo a ser liquefeito no  
10 mesmo; o fluido no estado gasoso ou semigásoso na saída da descarga (23) do dispositivo de alívio é então resfriado durante a sua passagem dentro de um trocador de calor (E1) posicionado dentro da câmara fria da máquina criogênica (E).

15 6. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com a Reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a máquina criogênica (E) opera pela utilização dos efeitos magnético - caloríficos que utilizam a propriedade que certos materiais precisam aquecer sob o efeito de um campo magnético e resfriar para uma temperatura mais baixa do que a sua temperatura inicial após o campo magnético ter  
20 desaparecido ou após uma variação deste campo magnético.

7. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com a Reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o seu ciclo termodinâmico compreende oito fases:

- 25 - vaporização de um fluido criogênico;
- compressão deste fluido a temperaturas muito baixas;
- reaquecimento deste fluido pela temperatura ambiente a uma pressão constante;
- transferência quase isotérmica que provê trabalho;
- 30 - alívio politrópico que provê trabalho com redução de temperatura;
- descarga de ciclo fechado para dentro do reservatório de armazenamento;

- resfriamento em uma máquina criogênica; e
- liquefação do gás retornado para o reservatório de armazenamento.

5 8. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com qualquer uma das reivindicações prece-  
dentes, caracterizado pelo fato de que o tanque de expansão de pressão  
constante (19) consiste em um reservatório de armazenamento de pressão  
de trabalho de grande volume no qual o gás de trabalho contido no mesmo,  
mantido na temperatura ambiente, de acordo com: a área de superfície de  
10 troca de calor de sua carcaça com a atmosfera, o seu volume e o tempo de  
armazenamento no dito reservatório, e em que o gás de trabalho comprimido  
que origina do compressor é levado virtualmente para a temperatura ambi-  
ente naturalmente misturando com o gás de trabalho na temperatura ambi-  
ente já contido no dito reservatório de armazenamento de pressão.

15 9. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com a Reivindicação 6, caracterizado pelo  
fato de que a carcaça do dito reservatório de armazenamento de pressão  
(19) compreende meios de troca de calor externos e/ou internos tais como  
aletas para promover a troca de calor entre a atmosfera e o gás de trabalho  
20 contido no mesmo.

10. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambien-  
te e pressão constante de acordo com a Reivindicação 7, caracterizado pelo  
fato de que pelo menos um trocador de ar atmosférico / gás de trabalho (C)  
está instalado entre o compressor (B) e o tanque de expansão de pressão  
25 constante (19) e/ou o reservatório de expansão de pressão de trabalho, e/ou  
entre o dito reservatório (19) e o dispositivo de alívio com trabalho (D).

11. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambien-  
te e pressão constante de acordo com qualquer uma das reivindicações pre-  
cedentes, caracterizado pelo fato de que um dispositivo de aquecimento de  
30 gás de trabalho está posicionado antes de sua inserção no motor, tornando  
possível obter temperaturas mais altas do que a temperatura ambiente, o  
aumento de temperatura então sendo conseguido dentro de uma câmara de

combustão do tipo externa - externa através de um trocador de calor de modo a não contaminar pela combustão o fluido criogênico em sua fase gasosa.

- 5 12. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com a Reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o seu ciclo termodinâmico compreende as seguintes nove fases:
- vaporização de um fluido criogênico;
  - compressão deste fluido a temperaturas muito baixas;
  - reaquecimento deste fluido pela temperatura ambiente a uma
  - 10 pressão constante;
  - reaquecimento e aumento de temperatura maior do que a temperatura ambiente;
  - transferência quase isotérmica que provê trabalho;
  - alívio politrópico que provê trabalho com redução de tempera-
  - 15 tura;
  - descarga de ciclo fechado para dentro do reservatório de armazenamento;
  - resfriamento em uma máquina criogênica; e
  - liquefação do gás retornado para o tanque de armazenamento.

- 20 13. Motor, caracterizado:
- pelo fato de que este compreende um dispositivo para controlar o curso do pistão fazendo o pistão parar no seu ponto morto superior por um período de tempo, e uma câmara ativa,
  - pelo fato de que, durante a parada do pistão de acionamento
  - 25 (1) em seu ponto morto superior, o gás pressurizado é admitido em uma câmara de expansão ativa e de alívio (12, 13), - a qual consiste em um volume variável equipado com um meio que torna possível gerar trabalho, e que está acoplado e em contato permanente através de uma passagem (12), com o espaço que fica acima do pistão de acionamento principal (1) - quando o
  - 30 último está no seu menor volume e o qual, sob o empuxo de gás de trabalho, aumentará o seu volume enquanto produzindo trabalho;
  - pelo fato de que, quando a câmara de expansão ativa e de alí-

vio (12, 13) está substancialmente no seu maior volume, a admissão (17) é então fechada e o gás de trabalho ainda comprimido sob pressão, contido na dita câmara (12, 13), expande dentro do cilindro do motor (2) por meio disto empurrando para trás o pistão de acionamento (1) no seu curso descendente enquanto produzindo trabalho por sua vez e por meio disto sofrendo uma grande redução de temperatura,

- pelo fato de que, durante o curso ascendente do pistão de acionamento (1) durante o curso de descarga, o volume variável da câmara de expansão ativa e de alívio (12, 13) é retornado para o seu menor volume de modo a recomeçar um ciclo de trabalho completo.

#### 14. Motor caracterizado:

- pelo fato de que o gás de trabalho é um fluido criogênico utilizado em um ciclo fechado armazenado na fase líquida (A2) que trabalha na fase gasosa e retornado para um reservatório de armazenamento (A, A1) na fase líquida,

- pelo fato de que o fluido criogênico, inicialmente líquido, é vaporizado na fase gasosa a temperaturas muito baixas, e supre a admissão de um dispositivo de compressão de gás, o qual então descarrega este gás, comprimido para a sua pressão de trabalho e ainda uma baixa temperatura, através de um trocador de ar atmosférico / gás de trabalho, e/ou diretamente, para dentro de um tanque de expansão de pressão constante (19) que compreende ou não compreende um dispositivo de aquecimento, no qual, a sua temperatura aumenta consideravelmente, o seu volume aumenta nas mesmas proporções de acordo com a relação de pressão constante:  $V1/V2 = T1/T2$ ,

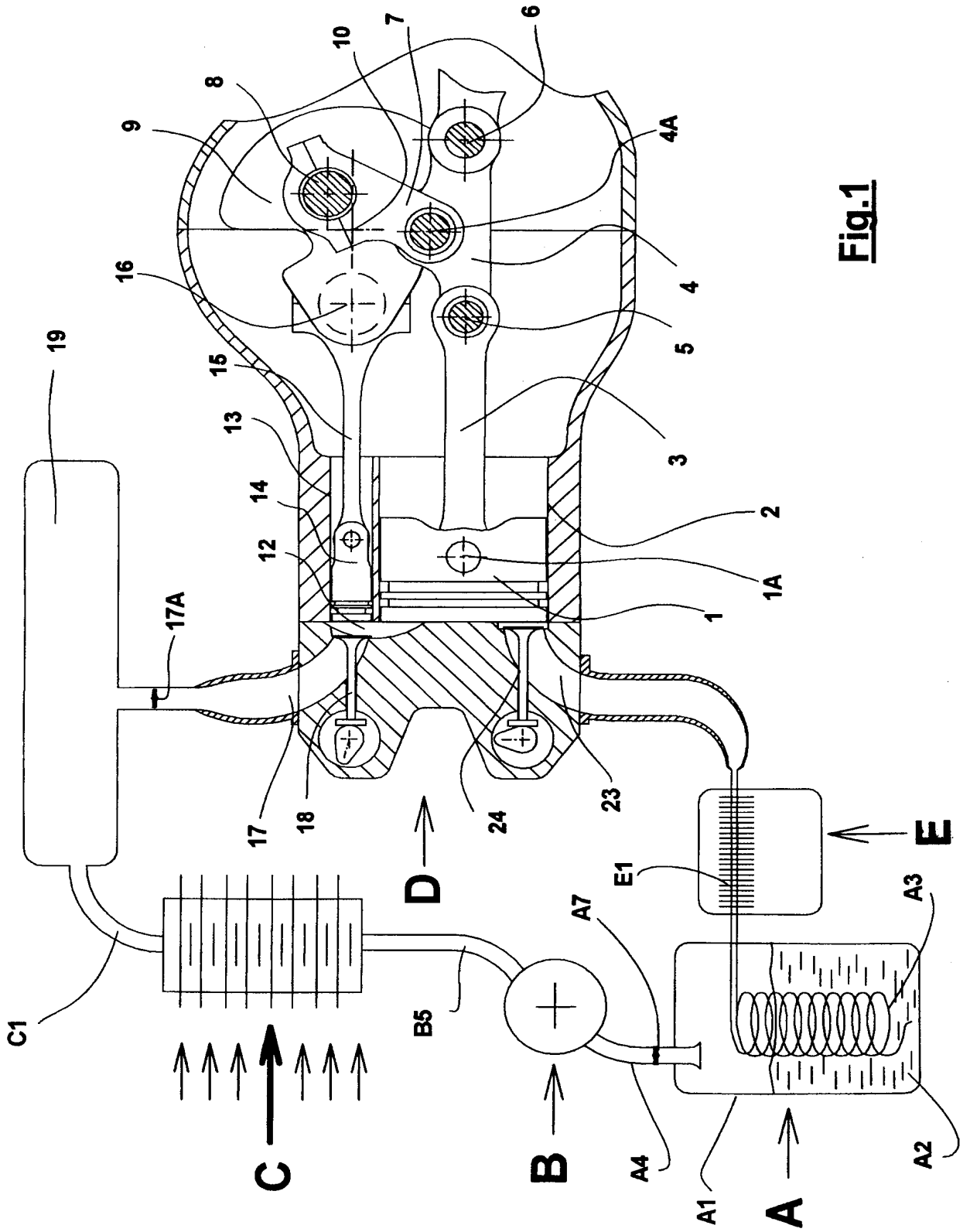
- pelo fato de que o dito gás, ainda comprimido na sua pressão de trabalho, é então conduzido para dentro de um dispositivo de alívio volumétrico com trabalho utilizado, ou motores convencionais com o dispositivo de biela de manivela convencional, ou então sobre motores de pistão rotativo ou outros dispositivos de combustão interna que produzem um alívio com trabalho,

- pelo fato de que o gás de trabalho, na descarga (23) do dispo-

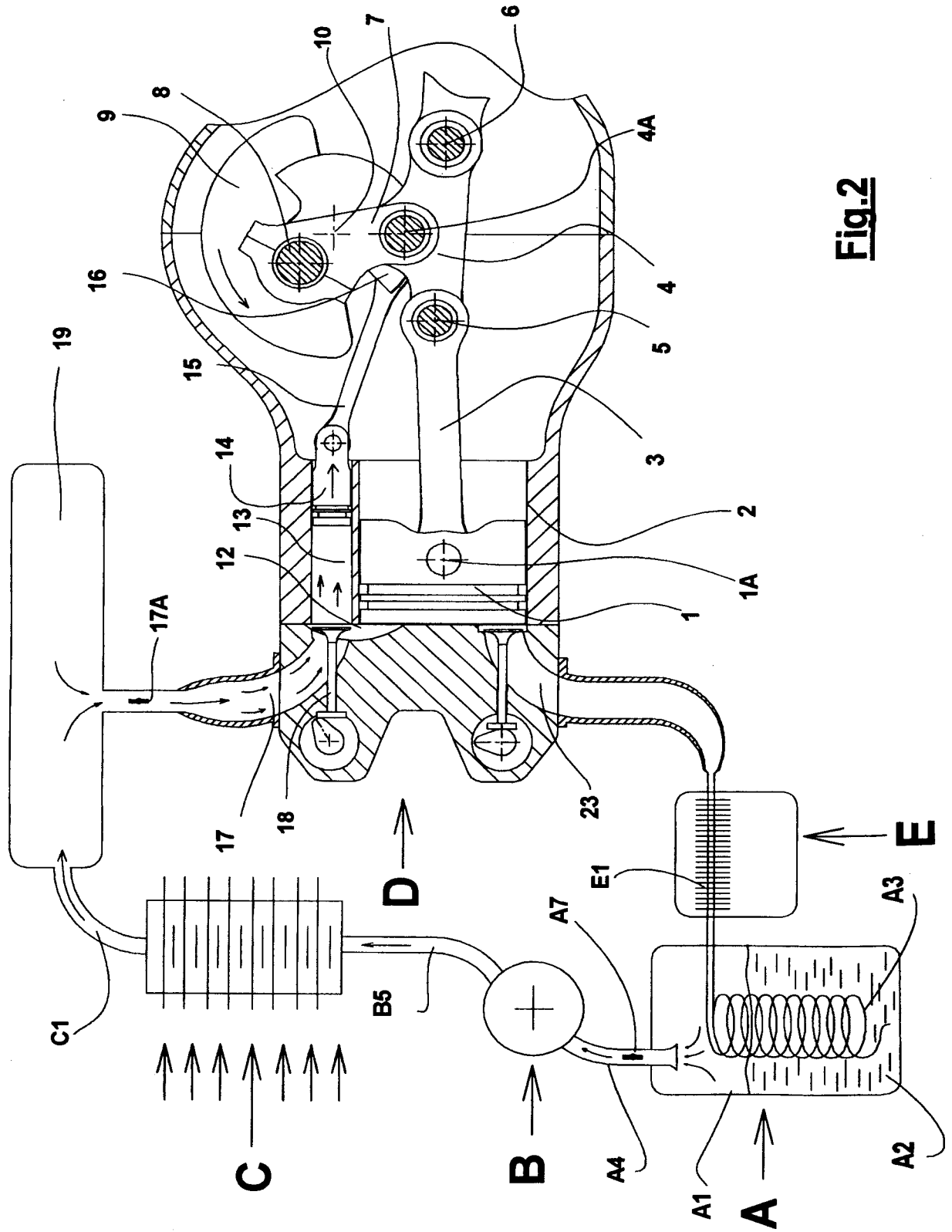
sitivo de alívio volumétrico com trabalho, novamente a uma temperatura muito baixa após o seu alívio, é descarregado para o reservatório de armazenamento (A, A1) do líquido criogênico através de uma máquina criogênica (E) posicionada entre a saída de descarga e o tanque de fluido (A1) de modo a tornar possível ajustar a temperatura do gás de trabalho aliviado na saída de descarga (23) então na fase gasosa ou semigásosa e antes de sua inserção no trocador de calor (A3) do reservatório de armazenamento (A, A1) de modo a ser liquefeito ali; o fluido no estado gasoso ou semigásoso na saída de descarga (23) do dispositivo de alívio é então resfriado durante a sua passagem dentro de um trocador de calor (E1) posicionado dentro da câmara fria da máquina criogênica (E), e liquefeito de modo a recomençar um novo ciclo.

15. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que uma válvula borboleta de acelerador (17A) está posicionada sobre o duto de admissão (17) do dispositivo de alívio volumétrico com trabalho (D) de modo a tornar possível controlar o motor permitindo mais ou menos gás de trabalho para dentro câmara ativa (12, 13) e/ou para dentro de seu cilindro (2).

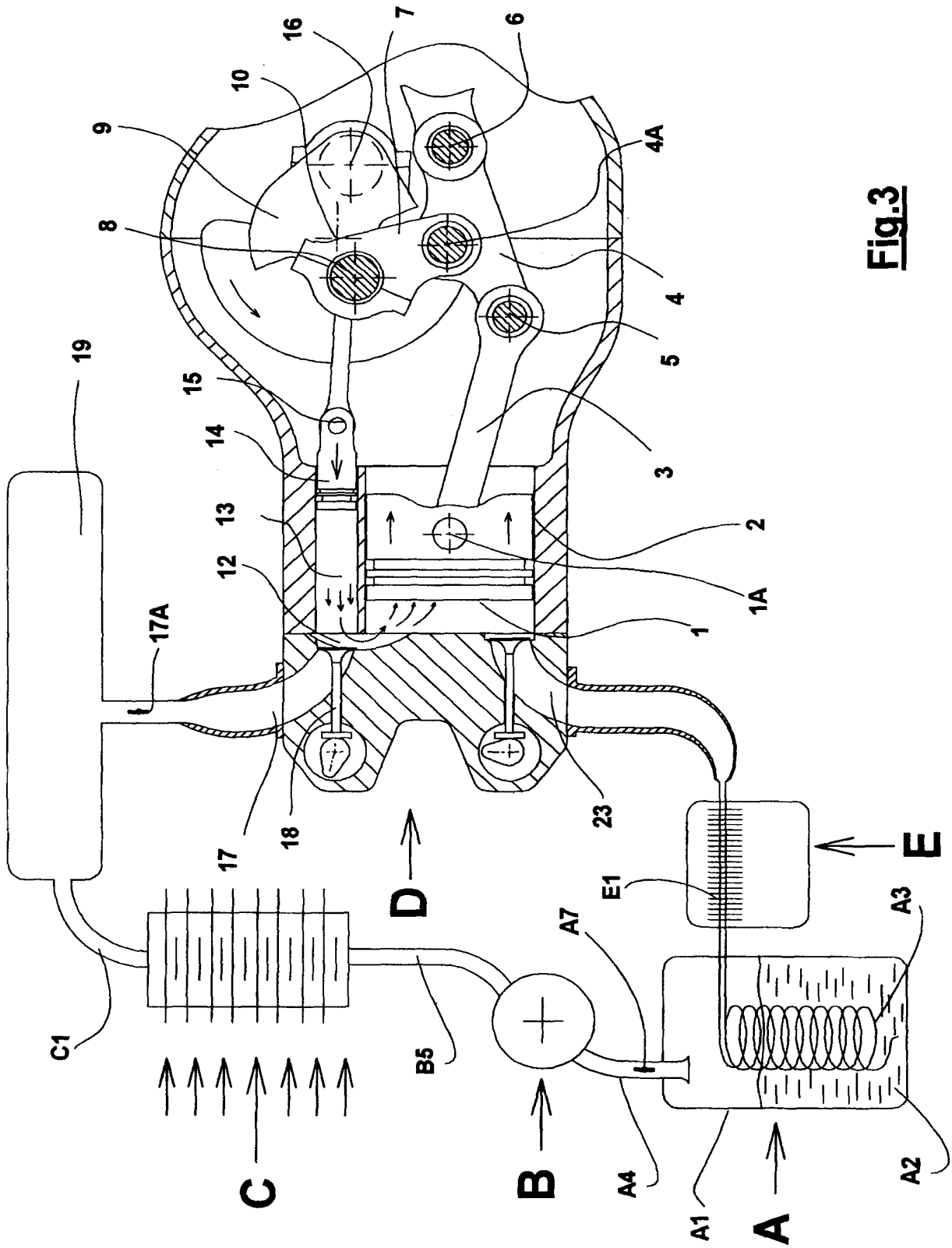
20 16. Motor criogênico de energia térmica de temperatura ambiente e pressão constante de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que uma válvula borboleta de acelerador (A7) está posicionada na entrada do compressor de temperatura muito baixa (B) e de preferência controlada por um dispositivo eletrônico de modo a tornar possível ajustar a admissão, a taxa do compressor (B) enquanto mantendo a pressão desejada dentro do tanque de expansão de pressão constante (19) que tende a cair dependendo da quantidade de gás retirada pelo dispositivo de alívio volumétrico (D).



**Fig. 1**

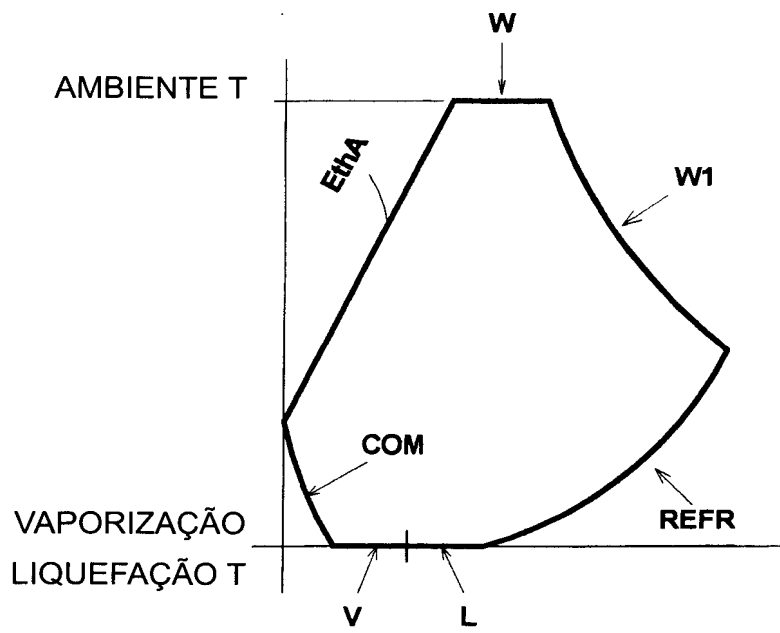


**Fig.2**



**Fig.3**





**Fig.5**

## RESUMO

Patente de Invenção: **"ENERGIA TÉRMICA DE TEMPERATURA AMBIENTE E MOTOR CRIOGÊNICO DE PRESSÃO CONSTANTE"**.

5 A presente invenção refere-se a um motor criogênico de energia  
térmica de temperatura ambiente com pressão constante com uma combustão "fria" contínua a uma pressão constante e com uma câmara ativa que opera com um fluido criogênico (A2) armazenado na sua fase líquida, e utilizado como um gás de trabalho na sua fase gasosa e que opera em um ciclo fechado com retorno para a sua fase líquida. O fluido criogênico inicialmente  
10 líquido é vaporizado na fase gasosa a temperaturas muito baixas e supre a admissão (A4) de um dispositivo de compressão de gás (B), o qual então descarrega este gás de trabalho comprimido, ainda a uma baixa temperatura, e através de um trocador de calor com a temperatura ambiente (C), para dentro de um tanque de trabalho ou câmara de expansão externa (19) equipada ou não equipada com um dispositivo de aquecimento, onde a sua temperatura e o seu volume aumentarão consideravelmente de modo a então ser de preferência introduzido em um dispositivo de alívio (D) que provê trabalho e por exemplo que compreende uma câmara ativa de acordo com o pedido de patente internacional WO 2005/049968. Aplicação a veículos terrestres, veículos motorizados, ônibus, motocicletas, barcos, aviões, geradores de reserva, conjuntos de co-geração, motores estacionários.  
15  
20