



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) BR 112018002719-7 B1

(22) Data do Depósito: 13/08/2015

(45) Data de Concessão: 04/04/2023

(54) Título: MOTOR TERMODINÂMICO

(51) Int.Cl.: F01K 25/06; F01K 21/04; F22B 1/14; F22B 1/18.

(73) Titular(es): GAS EXPANSION MOTORS LIMITED.

(72) Inventor(es): ALAN CHARLES PEARCE; NATALIE ADELE WINTER; SIMON FEW.

(86) Pedido PCT: PCT GB2015052344 de 13/08/2015

(87) Publicação PCT: WO 2017/025700 de 16/02/2017

(85) Data do Início da Fase Nacional: 08/02/2018

(57) Resumo: MOTOR TERMODINÂMICO. Um expansor do tipo de pistão (2) e cilindro (3) tem invertida a sua orientação normal, com o virabrequim (4) na posição mais alta e a cabeça do cilindro (5) na posição mais baixa. A cabeça de cilindro tem um par de injetores de líquido (6, 7) orientados para os líquidos respectivos pentano e glicerina a serem injetados em forma de neblina em contato entre si no fundo do cilindro. O pentano é vaporizado por transferência do calor latente para ele a partir da glicerina. São propostas válvulas injetoras respectivas (9, 10) provenientes de trilhos de alta pressão (11, 12) alimentadas por bombas (14, 15). Uma válvula de descarga 18 leva a um separador de ciclone (19) em que se faz a corrente de descarga rodopiar, resultando em névoa e gotículas de glicerina voando para fora para a parede (20) do separador e correndo para o seu fundo (21), de onde ele é drenado periodicamente sob o controle de uma válvula flutuante (22). O vapor de pentano é extraído do centro (23) do topo do separador. Deve ser observado que os trajetos de fluido do motor são fechados. Faz-se passar o vapor de pentano para um condensador (26). Do fundo deste, também por meio de uma válvula flutuante (27), é drenado o pentano líquido. Os líquidos respectivos (...).

MOTOR TERMODINÂMICO

[001] A presente invenção se refere a um motor termodinâmico.

[002] Os motores termodinâmicos operam por expansão de um gás ou vapor, a que se refere abaixo como "fluído de trabalho", a partir de uma pressão e temperatura elevadas para uma pressão e temperatura mais baixas, extraindo um trabalho útil no processo. Normalmente isto é efetuado em um motor de pistão e cilindro ou em uma turbina.

[003] A elevação da pressão e da temperatura pode ser efetuada internamente como em um motor de combustão interna ou externamente como em uma turbina a vapor.

[004] Normalmente um único fluido de trabalho é usado, embora no caso de combustão interna, o fluido será provavelmente uma mistura de gases, especialmente nitrogênio do ar usado na combustão e nos produtos de combustão, especialmente dióxido de carbono e vapor de água.

[005] É conhecida a prática de se fazer um líquido passar através de um motor, em forma de água, transformando-se em vapor úmido.

[006] A presente invenção se refere ao aquecimento do fluido de trabalho com um fluido diferente.

[007] O objetivo da presente invenção consiste em propor um motor termodinâmico melhorado.

[008] De acordo com a invenção é proposto um motor termodinâmico que compreende:

- um expansor termodinâmico para expandir o fluido de trabalho combinado com um segundo fluido;
- um separador conectado a uma descarga do expansor

para separar o segundo fluido do fluido de trabalho;

- meios para fazer passar o segundo fluido para
 - um aquecedor para tal fim e, portanto, para
 - uma região de vaporização;
- um condensador para condensar o fluido de trabalho da forma gasosa para uma forma de líquido volátil; e
 - meios para fazer o fluido de trabalho condensado na forma líquida passar para a região de vaporização para entrar em contato com o segundo fluido reaquecido para fazer o fluido de trabalho se volatilizar para a sua expansão produtora de trabalho no expansor.

[009] O expansor pode ser tanto um dispositivo de deslocamento positivo tal como um expansor reciprocante, ou um dispositivo de deslocamento variável tal como uma turbina.

[0010] A região de vaporização pode se encontrar no interior do expansor, tal como o volume de ponto morto superior de um dispositivo reciprocante de pistão e cilindro, análogo à câmara de combustão de um motor de combustão interna, ou a uma região de entrada de uma turbina.

[0011] Alternativamente, a região de vaporização pode se encontrar no exterior do expansor, de um modo análogo ao de uma caldeira de um motor/turbina a vapor, com a distinção de que se faz o segundo fluido reaquecido passar para dentro da caldeira juntamente com o fluido de trabalho condensado para entrar em contato íntimo para uma transferência de calor e uma vaporização do fluido de trabalho.

[0012] Normalmente, o segundo fluido será um líquido. O separador pode se encontrar ou do lado do expansor do condensador, quando então ele será um separador de líquido/vapor, ou do outro lado do condensador, sendo então um separador de líquido/líquido.

[0013] Nas modalidades preferidas, o pentano é usado como o meio de alteração de fase e o glicerol (propano-1,2,3-triol) com uma adição opcional de propano-1,2-diol é usado como um fluido transportador de calor.

[0014] O segundo fluido pode ser aquecido de uma variedade de modos, tal como por calor residual e por energia solar.

[0015] Para ajudar a compreender a invenção, duas modalidades específicas suas serão agora descritas a título de exemplo e fazendo referência aos desenhos apensos em que:

a Figura 1 é um diagrama de blocos de um primeiro motor termodinâmico de acordo com a invenção, e

a Figura 2 é um diagrama de blocos de um segundo motor termodinâmico de acordo com a presente invenção.

[0016] Com referência à Figura 1, um motor termodinâmico 1 ali mostrado tem um expansor do tipo de pistão 2 e cilindro 3, tendo invertida a orientação normal do motor de combustão interna, com o virabrequim 4 na posição mais alta e a "cabeça" do cilindro 5 na posição mais baixa. A cabeça de cilindro tem um par de injetores de líquido 6, 7 orientados para que os seus respectivos líquidos pentano e glicerina sejam injetados em forma de névoa para entrarem em contato entre si no fundo do cilindro em uma região de vaporização 8 entre a posição do

ponto morto "superior" do pistão e a cabeça de cilindro - sendo a posição de ponto morto "superior" a posição da aproximação máxima do pistão com a cabeça do cilindro e recebe a denominação de ponto morto "superior" por analogia com o termo em motores convenientemente orientados. O pentano é vaporizado para transferir o calor latente para ele da glicerina. São propostas válvulas injetores 9, 10 provenientes dos trilhos de alta pressão 11, 12 alimentados por bombas 14, 15.

[0017] Também montado na cabeça do cilindro se encontra uma válvula de descarga 16 aberta por um excêntrico 17 acionado à velocidade do virabrequim por um acionamento por corrente - não mostrado deste modo. Uma tubulação de descarga 18 leva a um separador de ciclone 19. Neste, faz-se a corrente de descarga proveniente do motor rodopiar, fazendo-se com que a névoa e gotículas de glicerina voem da parede 20 do separador e corram para o seu fundo 21, de onde ela é drenada periodicamente sob o controle de uma válvula flutuante 22. O vapor de pentano é extraído do centro 23 do topo do separador. Deve ser observado que os trajetos de fluido do motor são fechados, ao contrário de serem abertos à atmosfera e o interior do separador é também fechado. Ele deve se encontrar a uma pressão e temperatura elevadas acima das condições ambientes.

[0018] Através da tubulação 25, o vapor de pentano passa para um condensador 26. Do fundo deste, também por meio de uma válvula flutuante 27 é drenado o pentano líquido. Os líquidos respectivos são canalizados para serem coletados em tanques 28, 29. Estes têm tampas vedadas. A

tubulação para a glicerina é inclinada, de preferência, para baixo a partir do exaustor e na direção do separador, e em seguida para o tanque de glicerina para que a glicerina escorra por gravidade. Este é o motivo também para que o expansor seja disposto com a cabeça do cilindro voltada para baixo.

[0019] Do tanque de glicerina este líquido é bombeado por uma bomba de pressão baixa 30 para um aquecedor 31. Este pode ser de muitos tipos, tipicamente um trocador de calor a calor residual ou um coletor solar.

[0020] Em uso, o motor tem a probabilidade de acionar um gerador de eletricidade para gerar proporcionalmente ao calor disponível. Um sistema de controle 32 é previsto para regular o fluxo de glicerina de modo tal que ele sai do aquecedor a uma temperatura consideravelmente elevada, adequadamente 150°C. Os fluxos de glicerina quente provenientes do seu tanque e do pentano líquido do seu tanque são bombeados por bombas injetoras 14, 15, pressurizando os líquidos até pressões de trilhos de injetores.

[0021] O ciclo de operação para um cilindro prossegue do seguinte modo, iniciando com PMS: as quantidades dos dois meios determinados dinamicamente pelo sistema de controle são injetadas numa relação de tempo adequada de um para o outro e em relação à posição angular do motor. Quando tiver sido injetada uma quantidade suficiente dos dois meios (novamente calculada dinamicamente pelo sistema de controle), a injeção cessa. A partir deste ponto e até que o pistão atinja o fim do seu curso, o meio de troca de fase vaporizado se expande,

acionando o pistão e fornecendo energia.

[0022] No fim do curso, a válvula de descarga abre (e permanece aberta durante o curso de volta), descarregando os meios misturados na parte de recuperação de fluido do motor.

[0023] Com referência agora à Figura 2, o motor termodinâmico 101 mostrado ali tem uma turbina 102 que aciona um gerador elétrico 103. A corrente de descarga da turbina passa para um separador 119 com o vapor de pentano passando para um condensador 124 e dali para um tanque de pentano líquido 129. Daqui ele é bombeado por uma bomba 139 contra a pressão elevada para uma caldeira 140.

[0024] A caldeira contém glicerina quente 141 com uma camada de topo 142 de pentano em ebulação. O pentano líquido é pulverizado sobre a superfície do pentano em ebulação e se vaporiza, transformando-se em vapor de pentano 143 na parte superior da caldeira. A glicerina é extraída do fundo do reservatório e é bombeada por uma bomba 144 para o aquecedor 131, de onde ela corre de volta ao reservatório e é pulverizada no vapor de pentano para maximizar a transferência de calor.

[0025] O vapor de pentano corre da caldeira a uma taxa controlada pela velocidade da turbina, ela mesma controlada pela carga do gerador. Este fluxo inclui névoa de glicerina. É esta glicerina que é separada pelo ciclone. A corrente de glicerina separada é devolvida à caldeira por uma outra bomba 145.

[0026] Deve ser observado que as modalidades descritas acima da invenção são variantes inéditas do Ciclo Orgânico de Rankine que torna desnecessária a exigência de

qualquer trocador de calor do lado da entrada. Tal trocador de calor é substituído pela injeção direta da glicerina quente no pentano que efetua a alteração de fase do Ciclo Orgânico de Rankine.

[0027] A dispersão da glicerina transportadora de calor em gotículas extremamente pequenas em contato íntimo com o pentano de alteração de fase sobre uma área superficial maior do que poderia ser obtida com um trocador de calor convencional, funciona como um mecanismo eficiente e rápido de troca de calor. Isto evita a diferença de temperatura considerável e uma perda consequente de eficiência sofrida com um trocador de calor convencional.

[0028] Como os ciclos do expansor são completamente fechados, não é produzida nenhuma corrente de descarga.

[0029] A presente invenção não se destina a ser restrita às modalidades descritas acima. O expansor reciprocante de pistão e cilindro, por exemplo, poderia consistir em um dispositivo de cilindros múltiplos.

REIVINDICAÇÕES

1. Motor termodinâmico (1), caracterizado pelo fato de que compreende:

- um expansor termodinâmico (2, 3, 4, 5) para a expansão de um fluido de trabalho combinado com um segundo fluido;
- um separador (19) conectado a uma descarga (16) do expansor para separar o segundo fluido do fluido de trabalho;
- meios para fazer o segundo fluido passar para um aquecedor (31) para aquecer/reaquecer o segundo fluido, e então para uma região de vaporização (8);
- um condensador (26) para a condensação do fluido de trabalho da forma gasosa para uma forma de líquido volátil; e
- meios para passar o fluido de trabalho condensado na forma líquida para a região de vaporização (8) de um primeiro tanque de coleta (28) para entrar em contato com o segundo fluido aquecido/reaquecido dentro da região de vaporização (8) para volatilizar o fluido de trabalho para produzir trabalho durante a expansão no expansor.

2. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o expansor (2, 3, 4, 5) é um expansor de deslocamento positivo.

3. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o expansor (2, 3, 4, 5) é um expansor de deslocamento variável.

4. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que a região de vaporização (8) se encontra no interior do expansor (2, 3,

4, 5).

5. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a região de vaporização (8) é o volume do ponto morto superior de um pistão reciprocante (2) e cilindro (3) do expansor.

6. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o expansor (2, 3, 4, 5) é disposto com a cabeça (5) do cilindro embaixo.

7. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a região de vaporização (8) fica no exterior do expansor (2, 3, 4, 5).

8. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a região de vaporização (8) é uma caldeira de um motor/turbina de vapor e a caldeira é adaptada para a passagem do segundo fluido aquecido/reaquecido para dentro da caldeira com o fluido de trabalho condensado para entrar em contato íntimo com ele para uma transferência de calor e para a vaporização do fluido de trabalho.

9. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o segundo fluido é um líquido, o separador (19) é um separador de líquido/vapor disposto do lado do expansor do condensador (26).

10. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a tubulação proveniente da descarga para o separador (18) e do separador para um segundo tanque de coleta é inclinada para baixo.

11. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui meios para o aquecimento (31) do segundo fluido por calor residual.

12. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui meios para o aquecimento (31) do segundo fluido pela energia solar.

13. Motor termodinâmico (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que é adaptado e configurado para usar pentano como o meio de alteração de fase e glicerol (propano-1,2,3-triol) com uma adição opcional de propano-1,2-diol como o fluido transportador de calor.

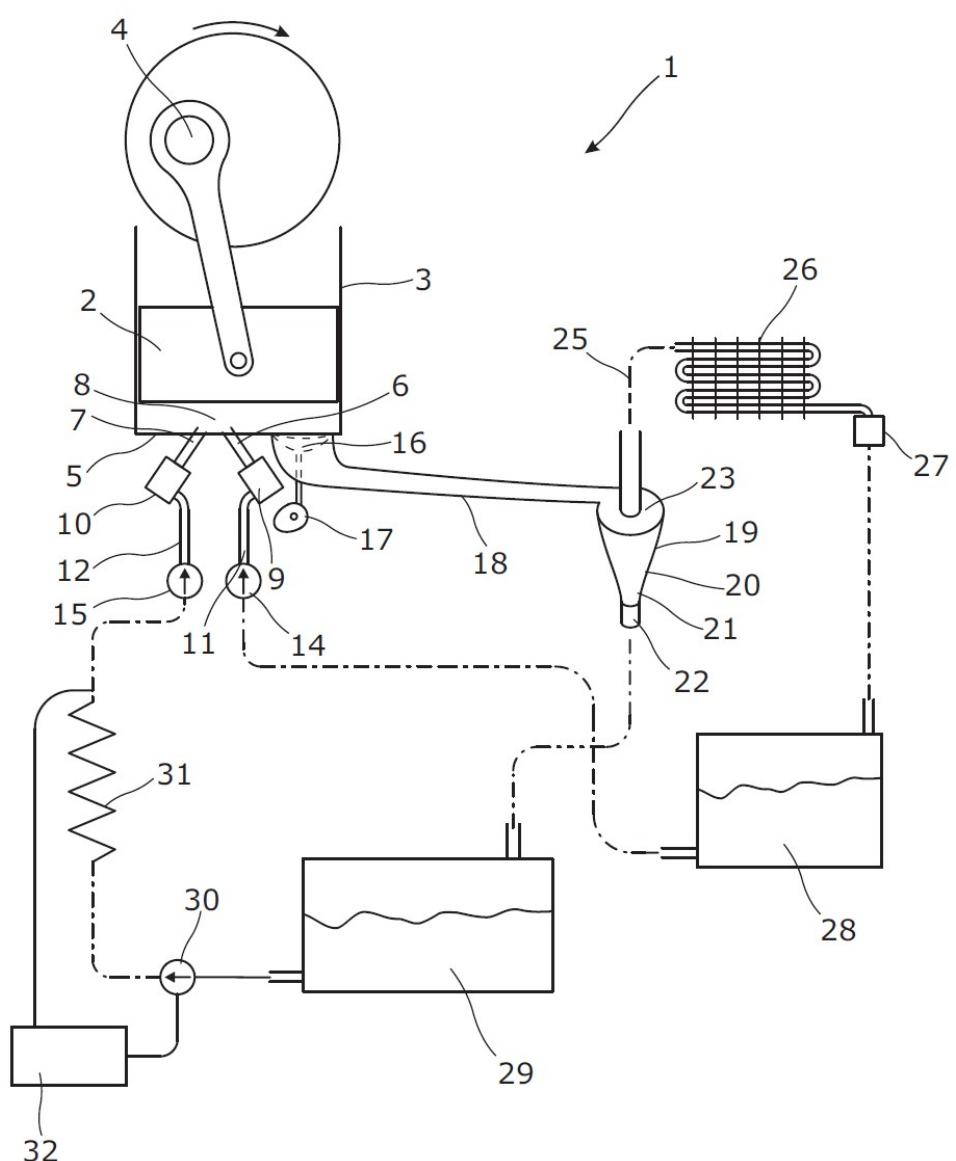


FIGURA 1

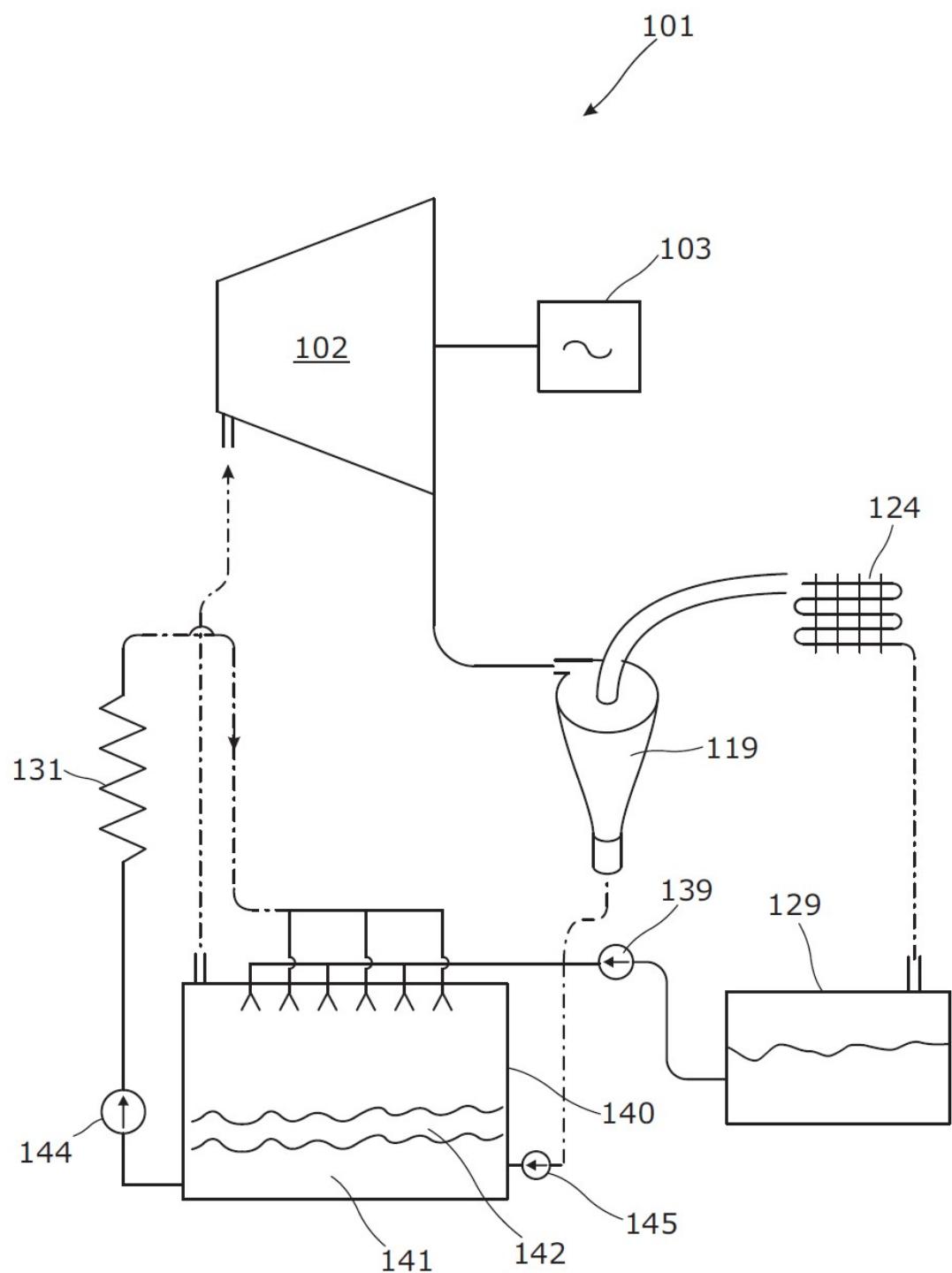


FIGURA 2