

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(51) Classificação Internacional:

F17C 9/00 (2014.01) **F17C 7/00** (2014.01)

F17C 6/00 (2014.01) **F17C 5/00** (2014.01)

F17C 13/02 (2014.01) **F17C 5/06** (2014.01)

F17C 5/02 (2014.01)

(22) Data de pedido: **2009.02.20**

(30) Prioridade(s): **2008.02.20 US 34284**

(43) Data de publicação do pedido: **2009.08.26**

(45) Data e BPI da concessão: **2014.03.19**
079/2014

(73) Titular(es):

AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC.
7201 HAMILTON BOULEVARD ALLENTOWN, PA
18195-1501 US

(72) Inventor(es):

DAVID JOHN FARESE US
JOSEPH PERRY COHEN US

(74) Mandatário:

MANUEL ANTÓNIO DURÃES DA CONCEIÇÃO ROCHA
AV LIBERDADE, Nº. 69 - 3º D 1250-148 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **MÉTODO DE ENCHIMENTO DE COMPRESSOR E APARELHO**

(57) Resumo:

É DIVULGADO UM MÉTODO E UM APARELHO PARA ENCHER UM RECIPIENTE COM GÁS COMPRIMIDO. O GÁS É COMPRIMIDO PARA DENTRO DO RECIPIENTE A UM DÉBITO PRÉ-DETERMINADO UTILIZANDO UMA BOMBA OU UM COMPRESSOR DE VELOCIDADE VARIÁVEL. O DÉBITO É REGULADO PARA AUMENTAR A PRESSÃO DO GÁS A UMA TAXA DE VARIAÇÃO PRÉ-DETERMINADA. O DÉBITO É REGULADO COM BASE NO VALOR INSTANTÂNEO DE UM PARÂMETRO MEDIDO, COMO A TEMPERATURA OU A PRESSÃO DO GÁS OU A TEMPERATURA AMBIENTE. O PARÂMETRO É MEDIDO POR UM TRANSDUTOR E O VALOR É DEVOLVIDO A UM CONTROLADOR, QUE REGULA A VELOCIDADE DO COMPRESSOR OU DA BOMBA PARA PRODUIR O DÉBITO NECESSÁRIO PARA OBTER A TAXA DE VARIAÇÃO DA PRESSÃO PRÉ-DETERMINADA.

RESUMO**"MÉTODO DE ENCHIMENTO DE COMPRESSOR E APARELHO"**

É divulgado um método e um aparelho para encher um recipiente com gás comprimido. O gás é comprimido para dentro do recipiente a um débito pré-determinado utilizando uma bomba ou um compressor de velocidade variável. O débito é regulado para aumentar a pressão do gás a uma taxa de variação pré-determinada. O débito é regulado com base no valor instantâneo de um parâmetro medido, como a temperatura ou a pressão do gás ou a temperatura ambiente. O parâmetro é medido por um transdutor e o valor é devolvido a um controlador, que regula a velocidade do compressor ou da bomba para produzir o débito necessário para obter a taxa de variação da pressão pré-determinada.

DESCRIÇÃO

"MÉTODO DE ENCHIMENTO DE COMPRESSOR E APARELHO"

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um aparelho e a um método de enchimento de um recipiente, como um depósito de combustível, com um gás comprimido, como hidrogénio, de forma segura, ao longo de um período de tempo mínimo sem sobreaquecer o recipiente.

Prevê-se que o hidrogénio gasoso venha a suplantiar os combustíveis de hidrocarbonetos líquidos, como a gasolina e o gasóleo, como combustível preferido para automóveis, camiões e autocarros, devido à sua vantagem ambiental evidente. O hidrogénio arde de forma limpa e não produz gases de estufa, tais como CO e CO₂, como sub-produto da combustão.

As considerações práticas associadas ao armazenamento em grande escala e ao doseamento de combustível de hidrogénio gasoso para veículos automóveis apresenta problemas diferentes dos associados ao manuseamento de combustíveis líquidos, devido à natureza gasosa do hidrogénio. Um problema, ainda não abordado de forma satisfatória, é o de encher depósitos de combustível de várias capacidades, pressões diferentes e volume de expansão diferente com hidrogénio gasoso de forma segura, ao longo de um período de tempo comparável ao tempo necessário para encher um depósito de combustível de capacidade energética comparável com um combustível líquido.

A segurança exige que o enchimento do depósito não seja efectuado de maneira demasiado rápida, por forma a evitar o sobreaquecimento. Além disso, qualquer carregamento de um depósito com gás comprimido fará com que

o gás dentro do depósito aqueça, aumentando a respectiva pressão, sendo o volume fixo. O aumento da temperatura e da pressão do gás dentro de um depósito pode impedir o enchimento total do depósito quando o depósito é cheio até uma pressão de trabalho máxima. Após o enchimento, o calor dissipa-se para o ambiente, arrefecendo o gás e reduzindo a respectiva pressão dentro do depósito. Uma vez arrefecido, o depósito pode aceitar mais gás (até à sua pressão de trabalho máxima), sendo necessário "completar o enchimento" do depósito, carregando-o com gás adicional para ficar totalmente cheio. Consoante a velocidade de enchimento, poderá ser necessário completar o enchimento do depósito várias vezes antes de o depósito ficar totalmente cheio. Estes passos de enchimento e arrefecimento não são práticos e requerem demasiado tempo comparado com o enchimento de um depósito com líquido.

O documento EP 0516580A1 divulga um aparelho de reabastecimento para reabastecer um depósito de combustível de gás 13 com um compressor 1 que pode ser accionado através de um motor eléctrico 3. O compressor 1 é acoplado a um depósito de combustível através da conduta 12 e a uma fonte 8 de combustível de gás através da conduta 7. A fonte de combustível de gás é um gasoduto de gás natural. O aparelho de reabastecimento compreende um interruptor de pressão diferencial 17 e um sensor de pressão 24 que são ligados através das linhas de sinais eléctricos 30 e 31 respectivamente a um aparelho de controlo 32.

BREVE RESUMO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um método de enchimento de um recipiente (12) com um gás a uma taxa de aumento da pressão do gás pré-determinada, compreendendo o referido método:

- (a) comprimir o referido gás para dentro do referido recipiente (12) utilizando um meio de compressão (20);

- (b) medir um valor instantâneo da pressão do gás dentro do recipiente (12);
 - (c) gerar sinais eléctricos indicadores do valor instantâneo da pressão do gás dentro do recipiente (12);
 - (d) transmitir os sinais eléctricos a um controlador (52); caracterizado por comprimir o referido gás no passo (a) para dentro do referido recipiente (12) a um débito pré-determinado utilizando um meio de compressão (20) com um débito mássico variável;
 - (e) utilizar os sinais eléctricos para variar o débito do meio de compressão (20) de acordo com um algoritmo utilizado pelo controlador (52) para regular o referido débito do referido gás para dentro do referido recipiente (12) de modo a obter a referida taxa de aumento pré-determinada da referida pressão do gás;
- e
- (f) repetir os passos (b) a (e) até o referido recipiente (12) estar cheio com o referido gás.

A medição compreende medir a pressão instantânea do gás dentro do recipiente, sendo a pressão do gás dentro do recipiente utilizada para regular o débito para obter a taxa de aumento pré-determinada da pressão do gás dentro do recipiente. Noutra modalidade, o passo de medição (b) poderá também compreender medir a temperatura instantânea do gás dentro do recipiente, sendo a temperatura do gás dentro do recipiente utilizada para regular o débito para obter a taxa de aumento pré-determinada da pressão do gás dentro do recipiente. Noutra modalidade ainda, o passo de medição (b) compreende medir a temperatura ambiente em redor do recipiente, sendo a temperatura ambiente utilizada para regular o débito para obter a taxa de aumento pré-determinada da pressão do gás dentro do recipiente. Noutra modalidade ainda, o passo de medição (b) compreende medir a temperatura do gás antes de comprimir o gás para dentro do

recipiente, sendo a temperatura do gás antes da compressão para dentro do recipiente utilizada para regular o débito para obter a taxa de aumento pré-determinada da pressão do gás dentro do recipiente.

O aparelho compreende uma fonte de gás e um meio de compressão para a compressão do gás. O meio de compressão apresenta um débito mássico variável e uma entrada e uma saída. Uma primeira conduta liga a fonte e a entrada, e uma segunda conduta liga a saída e o recipiente. Um controlador controla o débito mássico do meio de compressão. Um transdutor mede o valor da pressão do gás dentro do recipiente. Um transdutor pode medir adicionalmente o valor de um parâmetro seleccionado do grupo composto por temperatura do gás, temperatura ambiente e combinações das mesmas. O controlador recebe sinais eléctricos do transdutor e utiliza os sinais eléctricos para controlar o débito mássico do meio de compressão para encher o recipiente a partir da fonte.

BREVE DESCRIÇÃO DE VÁRIAS VISTAS DOS DESENHOS

A Figura 1 é um diagrama esquemático de um aparelho para encher um recipiente com um gás, de acordo com a invenção; a

Figura 2 é um fluxograma que ilustra um método para encher um recipiente com um gás, de acordo com a invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A Figura 1 mostra, de forma esquemática, um aparelho 10 para encher um recipiente 12 com um gás 14. O aparelho 10 compreende uma fonte 16 de gás 14. O gás 14 pode ser armazenado como um líquido 15 ou como o gás 14 na fonte. A fonte 16 é ligada em comunicação fluida com a entrada 18 de um meio de compressão de fluido 20 através de uma conduta 22. O meio de compressão de fluido 20 pode compreender uma bomba ou um compressor com débito mássico variável, conforme aplicável, consoante forem fornecidos à entrada 18 um líquido ou um fluido gasoso. Um compressor ou uma bomba

com débito mássico variável podem ser utilizados para líquidos, enquanto que um compressor com débito mássico variável é utilizado para gás alimentado para a entrada. O débito mássico para estas bombas e estes compressores varia normalmente através da variação da velocidade da bomba ou do compressor.

O débito de fluido (líquido 15 ou gás 14) da fonte 16 até à entrada do meio de compressão 18 é controlado por uma válvula 24 posicionada dentro da conduta 22 entre a fonte e o meio de compressão. O meio de compressão 20 possui uma saída 26 que pode ser ligada em comunicação fluida ao recipiente 12 utilizando uma conduta 28. Se for fornecido líquido 15 do meio de compressão 20 para a conduta 28, então um vaporizador 29 está em comunicação fluida com a conduta 28 para alterar o estado do fluido para o gás 14. Para aplicações práticas, a conduta 28 possui um acoplamento 30 que é conectável e desconectável de forma estanque ao recipiente 12. O débito de líquido 15 ou de gás 14 da saída do meio de compressão 26 pode ser controlado por uma válvula 32 na conduta 28. A fonte 16 pode também ser ligada directamente ao recipiente utilizando uma conduta 34. Uma válvula 36 na conduta 34 é utilizada para controlar o débito de gás 14 directamente da fonte 16 para o recipiente 12. Note-se que a conduta 34 pode partilhar o acoplamento 30 com a conduta 28 para ligação ao recipiente 12.

O aparelho compreende um ou mais transdutores de pressão e pode compreender um ou mais transdutores de temperatura, por exemplo, o transdutor de pressão 38, que mede a pressão do gás fornecido da fonte na conduta 22, os transdutores de pressão 40 e 42, que medem a pressão do gás na entrada 18 e na saída 26, respectivamente, do meio de compressão 20, e o transdutor de pressão 44, que mede a pressão do gás dentro das condutas 28 e 34 conforme fornecida ao recipiente 12, e está pelo menos presente no

aparelho. Os transdutores de pressão incluem o transdutor 46, que mede a temperatura ambiente em redor do recipiente 12, o transdutor 48, que mede a temperatura do gás dentro do recipiente 12, e o transdutor 50, que mede a temperatura do gás dentro das condutas 28 e 34 antes de entrar no recipiente 12. Cada transdutor de pressão 38, 40, 42 e 44 gera sinais eléctricos indicadores de pressão nos respectivos pontos de medição. Da mesma forma, os transdutores de pressão 46, 48 e 50 geram sinais eléctricos indicadores da temperatura nos respectivos pontos de medição. Note-se que os transdutores não têm, necessariamente, de estar localizados exactamente no ponto onde se deseja efectuar a medição, uma vez que é possível inferir a temperatura ou a pressão numa localização, por exemplo, dentro do recipiente 12, medindo a temperatura na superfície exterior do recipiente, e a pressão numa conduta ligada hidraulicamente ao recipiente. Além disso, entende-se que todos os transdutores divulgados no presente documento não são necessariamente utilizados em simultâneo no aparelho; a modalidade exemplificativa mostrada na Figura 1 ilustra várias configurações possíveis que podem apresentar um único transdutor ou combinações de transdutores.

Os sinais gerados pelos transdutores são transmitidos a um controlador 52 que está também em comunicação com as válvulas 24, 32 e 36, assim como o meio de compressão com débito variável 20. O controlador 52, que pode ser, por exemplo, um controlador lógico programável ou outro dispositivo baseado num microprocessador, executa software residente e utiliza os sinais dos transdutores num circuito de feedback para abrir e fechar as válvulas e variar o débito do meio de compressão (por exemplo, variando a sua velocidade), de acordo com um algoritmo, para regular o débito de gás 14 para o recipiente 12 para aumentar a pressão do gás dentro do recipiente a uma taxa de variação

pré-determinada, conforme descrito abaixo. Uma interface de utilizador 54, por exemplo, um teclado e um monitor, providenciam comunicação com o controlador, permitindo que o aparelho 10 seja operado de modo a distribuir gás da fonte para o recipiente.

Numa modalidade prática, o aparelho 10 pode servir como estação de abastecimento para a distribuição de combustível de hidrogénio a veículos, compreendendo o depósito de combustível o recipiente 12. Os depósitos de combustível apresentam uma pressão máxima permitida de aproximadamente 875 bar. É desejável manter o recipiente a uma temperatura igual ou inferior a 85 °C para evitar o sobreaquecimento. Numa tal estação, a fonte de gás 16 compreende um depósito de armazenamento de hidrogénio líquido com uma capacidade entre 5,700 litros e aproximadamente 171,000 litros. O gás de hidrogénio é armazenado no reservatório a uma pressão entre aproximadamente 0 e aproximadamente 90 MPa. (Alternativamente, a fonte de gás 16 pode compreender, por exemplo, um reformador de metano com vapor, um aparelho de electrólise ou um gasoduto de hidrogénio.) As válvulas podem ser válvulas de fecho pneumáticas que são accionáveis pelo controlador. Os transdutores de pressão podem ser, por exemplo, transdutores piezoeléctricos. Os transdutores de temperatura podem compreender termístores. O meio de compressão opera para providenciar um débito mássico variável entre aproximadamente 0,1 e aproximadamente 10 kg/min.

A Figura 2 providencia um fluxograma que descreve um modo exemplificativo de operação do aparelho. O modo exemplificativo descrito no presente documento parte do princípio que o gás 14 é fornecido a partir da fonte 16. A operação na qual o líquido 15 é fornecido da fonte é substancialmente semelhante à operação descrita no presente documento e não é descrita separadamente, entendendo-se que

o líquido 15 acaba por ser vaporizado antes de entrar no recipiente 12.

Relativamente também à Figura 1, o acoplamento 30 é ligado ao recipiente 12 e um utilizador activa o aparelho com a interface 54. A válvula 24 é aberta, providenciando gás 14 da fonte 16 para o meio de compressão 20. A válvula 32 é aberta providenciando gás do meio de compressão para o recipiente 12. O meio de compressão é iniciado e inicia a compressão do gás 14 para dentro do recipiente 12 a um débito pré-determinado. Um ou mais dos transdutores supra-referidos, mas pelo menos o transdutor 44, medem o valor instantâneo de um parâmetro ou parâmetros seleccionados (pressão ou temperatura do gás, ou temperatura ambiente, ou combinações das mesmas) e geram sinais indicadores desse valor ou valores. Os sinais são transmitidos ao controlador 52. A transmissão de sinais, simbolizada pelas linhas pontilhadas na Figura 1, pode ser feita através de fios ou sem fios através de uma ligação de radiofrequência. Utilizando os valores medidos do parâmetro ou parâmetros, o controlador regula o débito do meio de compressão (por exemplo, regulando a sua velocidade de operação) para aumentar a pressão do gás dentro do recipiente a uma taxa de variação pré-determinada, conhecida como a taxa de aumento da pressão, o que encherá o recipiente num espaço de tempo pré-determinado sem sobreaquecer o recipiente. Durante o enchimento, as medições de parâmetros são repetidas periodicamente para que o débito do meio de compressão possa ser regulado de forma contínua para ter em conta as alterações de pressão dentro do recipiente. O controlador interrompe o fluxo de gás para o recipiente quando este está totalmente cheio. As válvulas 24 e 32 são fechadas e o acoplamento é desligado do recipiente.

Vários parâmetros e os algoritmos associados podem ser utilizados pelo controlador para obter a taxa de variação da pressão do gás pretendida dentro do recipiente 12. Por

exemplo, a pressão do gás pode ser aumentada a uma velocidade constante. Para aplicações práticas, por exemplo, para encher um depósito de combustível com gás de hidrogénio, a taxa de aumento constante pode variar entre aproximadamente 2,5 MPa/min e aproximadamente 35 MPa/min. Noutro algoritmo, a pressão do gás no recipiente aumenta a uma velocidade maior. Existe também a possibilidade de aumentar a pressão a uma velocidade menor.

Numa modalidade, o controlador recebe medições da pressão do transdutor de pressão 44 que mede valores da pressão do gás dentro do recipiente 12. O controlador regula o débito do meio de compressão utilizando os valores da pressão do gás para obter e manter a taxa de aumento da pressão pretendida, de acordo com a relação de feedback:

$$\text{Débito do meio de compressão}_{(ri+i)} = \text{Débito do meio de compressão}_{(n)} + (\text{Taxa de aumento da pressão alvo} - \text{Taxa de aumento da pressão medida}) \times K$$

Segundo a qual:

Débito do meio de compressão_(n) é o débito de volume real ao qual o compressor ou a bomba movem o fluido, sendo proporcional à velocidade a que um compressor ou uma bomba são accionados durante o intervalo de tempo recém-terminado;

Débito do meio de compressão_(n+1) é o débito de volume real ao qual o compressor ou a bomba movem o fluido, sendo proporcional à velocidade a que um compressor ou uma bomba são accionados durante o intervalo de tempo seguinte;

Taxa de aumento da pressão alvo é a taxa de aumento da pressão pretendida com base nas condições actuais e na estratégia de enchimento;

Taxa de aumento da pressão medida é o aumento da pressão real medido durante o intervalo de tempo recém-terminado; e

K é o ganho, ou a taxa à qual o controlador responde ao estímulo.

O débito do meio de compressão pode ser medido como um débito mássico em gramas/segundo e as taxas de aumento da pressão podem ser medidas em MPa/min. Isto produz as unidades associadas ao ganho K como gramas/segundo por MPa/min para coerência da relação funcional. O ganho K será específico em relação a um aparelho particular e é determinado de forma experimental, em conformidade com as práticas de sistemas de controle.

O controlador pode também receber medições de temperatura do transdutor de temperatura 48, que mede os valores da temperatura do gás dentro do recipiente 12. O controlador regula o débito do meio de compressão utilizando os valores da temperatura do gás, por exemplo com base na relação funcional:

Quando a temperatura do gás dentro do recipiente é inferior a $65,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, a taxa de aumento da pressão é mantida a 35 MPa/min ; quando a temperatura do gás no recipiente é superior a $65,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, a taxa de aumento da pressão é reduzida de acordo com a fórmula: taxa de aumento da pressão = $(85 - \text{temperatura do gás}) \times 0,555$.

O controlador pode também receber medições da temperatura do transdutor de temperatura 46, que mede os valores da temperatura ambiente em redor do recipiente 12. O controlador regula o débito do meio de compressão utilizando os valores da temperatura ambiente, por exemplo com base na relação funcional:

Se a temperatura ambiente $< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, então a taxa de aumento da pressão = 10 MPa/min ; se $15\text{ }^{\circ}\text{C} < \text{temperatura ambiente} < 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, então a taxa de aumento da pressão = $7,5\text{ MPa/min}$; se a temperatura ambiente $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, então a taxa de aumento da pressão = 5 MPa/min .

O controlador pode também receber medições da temperatura do transdutor de temperatura 50, que mede os

valores da temperatura do gás antes de este ser comprimido para dentro do recipiente 12. O controlador regula o débito do meio de compressão utilizando os valores da temperatura do gás, por exemplo com base na relação funcional:

Se a temperatura do gás $< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, então a taxa de aumento da pressão = 10 MPa/min; se $15\text{ }^{\circ} < \text{temperatura do gás} < 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, então a taxa de aumento da pressão = 7,5 MPa/min; se a temperatura do gás $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, então a taxa de aumento da pressão = 5 MPa/min.

Quando a fonte de gás 16 compreende um reservatório com pressão e capacidade suficientes, por exemplo a uma pressão entre aproximadamente 15 MPa e aproximadamente 70 MPa e uma capacidade entre aproximadamente 40 litros e aproximadamente 1000 litros, é viável encher inicialmente o recipiente 12 acoplando a fonte 16 directamente ao recipiente. Conforme mostrado na Figura 1, quando o acoplamento 30 está ligado ao recipiente 12, o controlador 52 abre primeiro a válvula 36 permitindo o fluxo de gás da fonte 16 directamente para o recipiente 12 até que a pressão do gás dentro do recipiente seja igual à pressão do gás da fonte. Em seguida, o controlador fecha a válvula 36, abre as válvulas e inicia o meio de compressão, conforme descrito anteriormente, para encher o recipiente, aumentando a pressão do gás a uma taxa de variação pré-determinada.

O método e o aparelho de acordo com a invenção permitem o enchimento dos recipientes de gás de forma segura e num espaço de tempo razoável, sem receio de sobreaquecimento e respectivas consequências.

DOCUMENTOS REFERIDOS NA DESCRIÇÃO

Esta lista de documentos referidos pelo autor do presente pedido de patente foi elaborada apenas para informação do leitor. Não é parte integrante do documento de patente europeia. Não obstante o cuidado na sua elaboração, o IEP não assume qualquer responsabilidade por eventuais erros ou omissões.

Documentos de patente referidos na descrição

- EP 0516580 A1 [0005]

REIVINDICAÇÕES

1. Um método de enchimento de um recipiente (12) com um gás a uma taxa de aumento da pressão do gás pré-determinada, compreendendo o referido método:

(a) comprimir o referido gás para dentro do referido recipiente (12) utilizando um meio de compressão (20);

(b) medir um valor instantâneo da pressão do gás dentro do recipiente (12);

(c) gerar sinais eléctricos indicadores do valor instantâneo da pressão do gás dentro do recipiente (12);

(d) transmitir os sinais eléctricos a um controlador (52);

caracterizado por

comprimir o referido gás no passo (a) para dentro do referido recipiente (12) a um débito pré-determinado utilizando o meio de compressão (20) que apresenta um débito mássico variável;

(e) utilizar os sinais eléctricos para variar o caudal do meio de compressão (20) de acordo com um algoritmo utilizado pelo controlador (52) para regular o referido débito do referido gás para dentro do referido recipiente (12) de modo a obter a referida taxa de aumento pré-determinada da pressão do referido gás;

e

(f) repetir os passos (b) a (e) até o referido recipiente (12) estar cheio com o referido gás.

2. Um método de acordo com a Reivindicação 1, segundo a qual a referida taxa de aumento pré-determinada compreende uma taxa de variação constante.

3. Um método de acordo com a Reivindicação 1, segundo a qual a referida taxa de aumento pré-determinada compreende

uma taxa de variação que aumenta a uma velocidade maior.

4. Um método de acordo com a Reivindicação 1, segundo a qual a referida taxa de aumento pré-determinada compreende uma taxa de variação que aumenta a uma velocidade menor.

5. Um método de acordo com a Reivindicação 1, segundo a qual o referido débito é providenciado de acordo com a relação: Débito do meio de compressão_(n+1)=Débito do meio de compressão_(n)+(Taxa de aumento da pressão alvo - Taxa de aumento da pressão medida) x K, em que K é um ganho para o controlador (52).

6. Um método de acordo com qualquer uma das Reivindicações anteriores, compreendendo adicionalmente medir a temperatura instantânea do gás dentro do referido recipiente (12), sendo a referida temperatura do gás dentro do referido recipiente (12) utilizada para regular o referido débito para obter a referida taxa de aumento pré-determinada da referida pressão do gás dentro do referido recipiente (12).

7. Um método de acordo com a Reivindicação 6, segundo a qual a referida taxa de aumento pré-determinada da referida pressão do gás dentro do referido recipiente (12) é mantida a 35 MPa/min quando a referida temperatura do gás dentro do referido recipiente (12) é inferior a 65,6 °C, e quando a referida temperatura do gás no referido recipiente (12) é superior a 65,6 °C, a referida taxa de aumento da pressão é reduzida de acordo com a fórmula: taxa de aumento da pressão = (85 [°C] - temperatura do gás [°C]) x 0,555 [MPa/min °C].

8. Um método de acordo com qualquer uma das Reivindicações anteriores, compreendendo adicionalmente

medir a temperatura ambiente em redor do referido recipiente (12), sendo a referida temperatura ambiente utilizada para regular o referido débito para obter a referida taxa de aumento pré-determinada da referida pressão do gás dentro do referido recipiente (12).

9. Um método de acordo com a Reivindicação 8, segundo a qual, se a referida temperatura ambiente for inferior a 15 °C, então a taxa de aumento pré-determinada é mantida a 10 MPa/min, e, se a referida temperatura ambiente for superior a 15 °C e inferior a 30 °C, então a taxa de aumento pré-determinada é mantida a 7,5 MPa/min, e, se a referida temperatura ambiente for superior a 30 °C, então a referida taxa de aumento pré-determinada é mantida a 5 MPa/min.

10. Um método de acordo com qualquer uma das Reivindicações anteriores, compreendendo adicionalmente medir a temperatura do referido gás antes de comprimir o referido gás para dentro do referido recipiente (12), sendo a referida temperatura do referido gás antes da referida compressão para dentro do referido recipiente (12) utilizada para regular o referido débito para obter a referida taxa de aumento pré-determinada da referida pressão do gás dentro do referido recipiente (12).

11. Um método de acordo com a Reivindicação 10, segundo a qual, se a referida temperatura do gás for inferior a 15 °C, então a referida taxa de aumento pré-determinada é mantida a 10 MPa/min, e, se a referida temperatura do gás for superior a 15 °C e inferior a 30 °C, então a referida taxa de aumento pré-determinada é mantida a 7,5 MPa/min, e, se a referida temperatura do gás for superior a 30 °C, então a referida taxa de aumento pré-determinada é mantida a 5 MPa/min.

12. Um método de acordo com qualquer uma das Reivindicações anteriores, compreendendo adicionalmente:

providenciar um reservatório contendo o referido gás a uma primeira temperatura do gás e uma primeira pressão do gás;

fazer fluir o gás do referido reservatório para dentro do referido recipiente (12) até que a pressão do gás dentro do referido recipiente (12) seja igual a uma segunda pressão do gás, sendo a referida segunda pressão do gás substancialmente igual à referida pressão do gás dentro do referido recipiente.

13. Um aparelho (10) para encher um recipiente (12) com um gás, compreendendo o referido aparelho (10):

uma fonte (16) do referido gás;

um meio de compressão (20) para comprimir o referido gás, apresentando o referido meio de compressão (20)

uma entrada (18) e uma saída (26);

uma primeira conduta (22) ligada entre a referida fonte (16) e a referida entrada (18);

uma segunda conduta (28) que pode ser ligada entre a referida saída (26) e o referido recipiente (12);

um controlador (52); e

um transdutor (44) que mede o valor da pressão do gás dentro do recipiente (12);

caracterizado por:

o referido meio de compressão (20) apresentar um débito mássico variável;

o referido controlador (52) controlar o referido débito mássico do referido meio de compressão (20); e o

referido controlador (52) receber sinais eléctricos do referido transdutor (44), utilizando o referido controlador (52) os referidos sinais eléctricos para controlar o débito mássico do referido meio de compressão (20) para aumentar a pressão do gás dentro

do recipiente (12) a uma taxa de variação pré-determinada.

14. Um aparelho (10) de acordo com a Reivindicação 13, compreendendo adicionalmente:

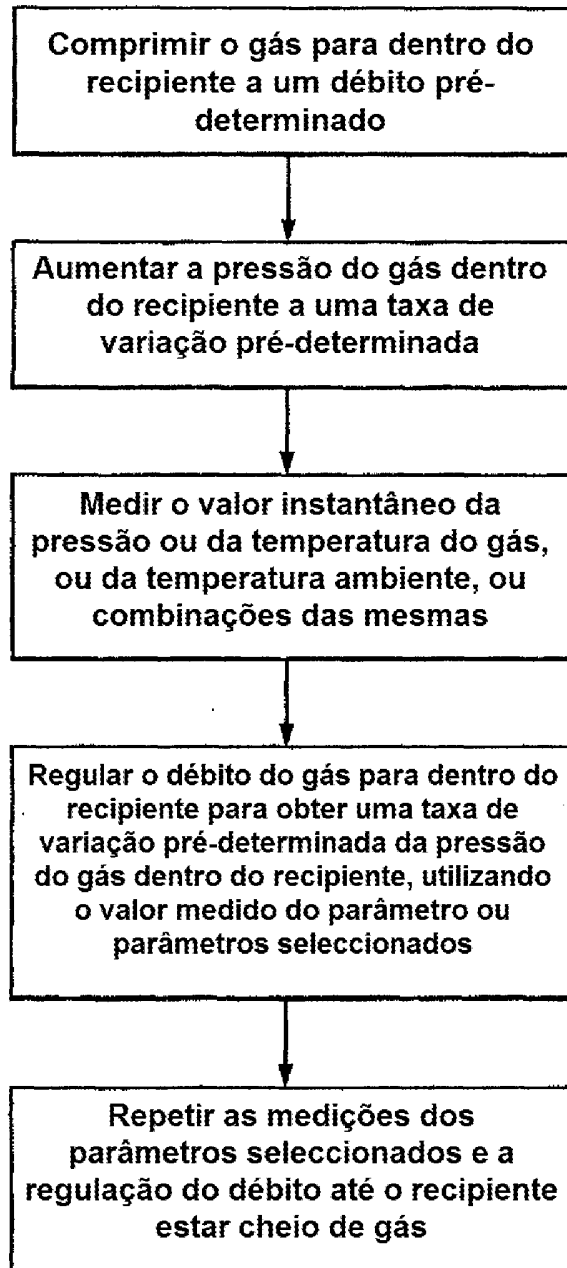
uma primeira válvula (36) posicionada dentro de uma terceira conduta (34) que controla o débito de gás entre a referida fonte (16) e o referido recipiente (12);

uma segunda válvula (24) posicionada dentro da referida primeira conduta (22) que controla o débito de gás entre a referida fonte (16) e a referida entrada do meio de compressão (18);

uma terceira válvula (32) posicionada dentro da referida segunda conduta (28) que controla o fluxo de gás entre a referida saída do meio de compressão (26) e o referido recipiente (12), controlando o referido controlador (52) as referidas primeira (36), segunda (24) e terceira (32) válvulas.

15. Um aparelho de acordo com qualquer uma das Reivindicações 13 a 14, compreendendo adicionalmente pelo menos um de entre um transdutor de temperatura (48) que mede a temperatura do gás dentro do referido recipiente (12), um transdutor de temperatura (50) que mede a temperatura do gás antes de entrar no referido recipiente (12), e um transdutor de temperatura (46) que mede a temperatura ambiente em redor do referido recipiente (12).

16. Um aparelho de acordo com qualquer uma das Reivindicações 13 a 15, segundo as quais o referido meio de compressão (20) é selecionado do grupo consistindo de uma bomba e um compressor.

**FIG.2**