

(12) PEDIDO INTERNACIONAL PUBLICADO SOB O TRATADO DE COOPERAÇÃO EM MATÉRIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organização Mundial da Propriedade Intelectual

Secretaria Internacional

(43) Data de Publicação Internacional
14 de Outubro de 2010 (14.10.2010)



(10) Número de Publicação Internacional
WO 2010/115256 A1

(51) Classificação Internacional de Patentes :
F17C 11/00 (2006.01)

(21) Número do Pedido Internacional :

PCT/BR2010/000142

(22) Data do Depósito Internacional :

5 de Abril de 2010 (05.04.2010)

(25) Língua de Depósito Internacional : Português

(26) Língua de Publicação : Português

(30) Dados Relativos à Prioridade :

000159/PE 7 de Abril de 2009 (07.04.2009) BR

(71) Requerente (para todos os Estados designados, exceto US) : **UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO** [BR/BR]; Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife, PE, Cep: 50670-901 (BR).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Requerentes (para US unicamente) : **MORAES DE ABREU, Cesar Augusto** [BR/BR]; Av. Bernardo Vieira de Melo, 2522/Apto.1001, Piedade - Jaboatão dos Guararapes - PE, Cep: 54410-010 (BR). **DE LIMA FILHO, Nelson Medeiros** [BR/BR]; Rua Dona Rita de Souza, 187/Apto. 401, Casa Forte - Recife - PE,

Cep: 52061-480 (BR). **GOMES MARTINS, Rodrigo** [BR/BR]; Rua general Artur Oscar, 140/Apto. 102, Afritos - Recife - PE, Cep: 52050-430 (BR).

(81) Estados Designados (sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção nacional existentes) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

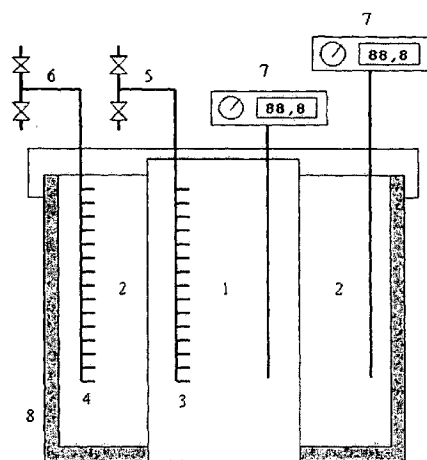
(84) Estados Designados (sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção regional existentes) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasiático (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), Europeu (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(Continua na página seguinte)

(54) Title : COAXIAL GAS STORAGE SYSTEM BY COMPRESSION AND ADSORPTION

(54) Título : SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO

Figura 1. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO



AA... Coaxial storage system by compression and adsorption

recorrendo-se à combinação energética dos efeitos

(57) Abstract : A gas storage system by compression and adsorption is useful in the field of fuels, in particular for storing and transporting gas. The present invention optimises gas storage operations by utilizing the energy obtained by the combination of the effects of simultaneous adsorption and desorption in a new gas storage system by compression and adsorption comprising two concentric reservoirs containing identical charges of activated carbon. The present gas charging and discharging system does not use auxiliary means, such as external sources, and has an increased thermal stability in a reasonable pressure range, i.e. it is more efficient and makes new storage cycles without external processing possible, reducing operating costs in comparison with the prior art.

(57) Resumo : O Sistema de armazenamento de gás por compressão e adsorção tem aplicação na área de combustíveis, em especial, para armazenamento e transporte de gás. A presente invenção desenvolve operações otimizadas de estocagem do gás,

(Continua na página seguinte)

**Publicado:**

— *com relatório de pesquisa internacional (Art. 21(3))*

— *antes da expiração do prazo para modificar as reivindicações e a republicar na eventualidade de receção de tais modificações (Regra 48.2(h))*

de adsorção e dessorção simultâneas em um novo sistema de armazenamento de gás por compressão e adsorção, constituído de dois reservatórios concêntricos com cargas iguais de carvão ativado. O sistema de carga e descarga de gás apresentado não faz uso de meios acessórios, como fontes externas, e tem uma maior estabilidade térmica numa faixa de pressão razoável, ou seja, é mais eficiente e permite novos ciclos de armazenamento sem tratamentos externos resultando num custo de operação menor quando comparado ao atual estado da técnica.

SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO

5 Campo da Invenção

A presente invenção tem aplicação na área de combustíveis, em especial, para armazenamento e transporte de gás.

10 O armazenamento de gás no sistema proposto poderá ser aplicado em automóveis, em indústrias cujas matrizes energéticas sejam o gás natural, ou em qualquer estabelecimento cuja
necessidade de armazenar gás para uso posterior esteja presente (hospitais, shoppings fábricas, sistemas de ar condicionado, postos
15 de combustíveis e similares). São possíveis aplicações em menores ou maiores escalas (automóveis, hospitais, indústrias, centrais de ar condicionado, postos de combustíveis) adequando-se as dimensões correspondentes do sistema coaxial.

20

Sumário

A presente invenção relata um sistema de armazenamento de gás natural por compressão e adsorção aproveitando as energias
25 inerentes às etapas de carga e descarga do gás. Trata em especial do desenvolvimento de um sistema de armazenamento de gás natural por compressão e adsorção recorrendo-se à combinação energética dos efeitos adsortivos e dessortivos de etapas simultâneas de carga e descarga, respectivamente.

30

Anterioridades

35 A estocagem de gás natural através do processo de compressão (Gás Natural Comprimido – GNC), sob pressões de até 200 bar em temperatura ambiente, é a forma atualmente utilizada para se conseguir densidade energética por unidade de volume do tanque de armazenamento, adequada para seu uso como

combustível. O emprego de níveis elevados de pressão faz com que o custo operacional em estações de compressão de múltiplos estágios para carregamento do gás seja grande. O armazenamento sob a forma de GNC recorre ao uso de cilindros como reservatórios, os quais devem ser feitos de material resistente com espessura de parede compatível, requerendo um amplo espaço físico para o tanque de armazenamento. A tecnologia de gás natural adsorvido (GNA), em que o gás é armazenado principalmente sob a forma adsorvida em um sólido poroso sob pressões moderadas (35 a 40 bar) (LOZANO-CASTELLÓ, D.; ALCÁÑIZ-MONGE, J.; DE LA CASALILLO, M. A.; CAZORLA-AMORÓS, D.; LINARES-SOLANO, A., Advances in the study of methane storage in porous carbonaceous materials. Fuel, 81, 1777-1803, 2002b.), é a alternativa de maior potencial para substituição do processo GNC.

Por esta via, têm-se expectativas de se reduzir os gastos operacionais inerentes ao processo de carregamento, permitindo também a flexibilidade de configuração dos tanques combustíveis e aumento da segurança do sistema de armazenamento. Desenvolvimentos do processo de armazenamento do gás natural com adsorvente (gás natural adsorvido – GNA) têm sido empreendidos (CHANG, K. J.; TALU, O., Behavior and experimental performance of adsorptive natural gas storage cylinders during discharge. Applied Thermal Engineering, 16, 5, 359-374, 1996; VASILIEV, L. L.; KANONCHIK, L. E.; MISHKINIS, D. A.; RABETSKY, M. I., Adsorbed natural gas storage and transportation vessels. International Journal of Thermal Science, 39, 1047-1055, 2000; BILOÉ, S.; GOETZ, V.; MAURAN, S., Dynamic discharge and performance of a new adsorbent for natural gas storage. AIChE Journal, 47, 12, 2819-2830, 2001; YANG, X. D.; ZHENG, Q. R.; GU, A. Z.; LU, X. S., Experimental studies of the performance of adsorbed natural gas storage system during discharge. Applied Thermal Engineering, 25, 591 – 601, 2005; LEE, J.W., BALATHANIGAIMANI, M.S., KANG H.C., SHIM, W.G., KIM C., MOON, H., Journal of Chemical and Engineering Data 52 (1): 66-70 JAN-FEB 2007), caracterizando melhorias relativas aos processos GNC.

Visa-se nas operações de processos GNA se obter uma maior quantidade adsorvida de gás na etapa de carga do sistema e uma

maior disponibilidade na etapa de descarga. Indicações resultantes de avaliações experimentais com gás metano (Chang e Talu, 1996 citado acima) mostraram dificuldades práticas em se operar um sistema GNA sob condições isotérmicas. Variações de temperatura na carga adsortiva e na descarga dessortiva, promovem diminuições de eficiência do processo.

Operações com controle das vazões de alimentação e liberação do gás no sistema de armazenamento e o uso dispositivos termostáticos têm sido propostos (Biloé et al., 2001; Yang et. al., 2005; Lee et. al., 2007) no sentido de garantir menores envolvimento energético garantindo mais estabilidade operacional. Diferentes tipos de carvões ativado têm sido utilizados, operando-se num intervalo de pressão da ordem de 0,1-100 MPa (Vasilev et al., 2000).

Operações do processo de armazenamento de gás natural por adsorção foram realizadas por Mota (MOTA, J. P. B, Impact of gas composition on natural gas storage by adsorption. AIChE Journal, 45, 5, 986-996, 1999), utilizando o gás natural que serviu à avaliação da performance do sistema sujeito à adsorção da mistura real de hidrocarbonetos do GN (etano, propano, n-butano e n-pentano). Evidenciou-se que os componentes mais pesados que o metano tinham maiores seletividade de adsorção no leito de carvão ativado após o processo de descarga, provocando maior retenção do componente metano, predominante no GN.

Biloé et. al. (2001 – citado acima) investigaram a influência de duas diferentes condições de troca de calor externa às paredes de um cilindro de armazenamento, recorrendo ao uso de uma camisa externa. A primeira utilizava a água como fluido refrigerante e a segunda empregava ar. Nos dois casos a vazão era de 4 NL/min utilizada para cada fluido. A temperatura medida na parede interna do cilindro indicou decréscimo de 35 K e 1,5 K, para as circulações com ar e água, respectivamente. Os autores concluíram que com a circulação de água haveria uma maior estabilidade térmica no sistema adsortivo.

Yang et. al. (2005) instalaram um tubo em "U" na região central de um cilindro de armazenamento de gás natural adsorvido, representado pelo metano, com o interesse de fornecimento de calor ao sistema durante a etapa de descarga, para isso aproveitaram a água de resfriamento do sistema de combustão de um veículo, alcançando uma temperatura em uma faixa de 343 K a 353 K. Como resultado dos experimentos de descarga realizados com e sem a água de aquecimento a 343 K, os autores puderam concluir que a queda de temperatura, sem a água de circulação, foi de 37 K e com a água de aquecimento foi de apenas 3,2 K, obtendo uma melhor eficiência no que diz respeito à disponibilidade de metano para o sistema durante a descarga.

Lee et al. (2007) estudaram a influência da temperatura sobre leitos adsorventes de carvões ativados, dos tipos RP-15 e RP-20, possuidores de altas áreas superficiais. Operaram em um cilindro de armazenamento, de capacidade de 0,5 L, com pressões de carga de aproximadamente 35 bar. Foram conduzidas operações com temperaturas de 293 K, 303 K e 313 K. Como resultado, os autores obtiveram uma maior quantidade adsorvida de metano a uma menor temperatura de circulação (293K).

Problemas e Limitações do Estado da Técnica

Operações do processo de armazenamento de gás natural por compressão e adsorção têm sido aplicadas em sistemas instalados com leito poroso de carvão ativado em escala de laboratório e piloto.

Em tais sistemas, em razão da condução de operações, ocorrem problemas principalmente com valores dos seguintes parâmetros: vazão de alimentação, vazão de descarga, pressão de trabalho e números de ciclos de armazenamento sem regeneração do leito. Os problemas decorrentes estão diretamente associados à temperatura alcançada no leito de armazenamento, devido às energias de adsorção e dessorção respectivamente liberada ou absorvida nas etapas de carga e descarga do sistema.

Pesquisadores destacam problemas advindos das operações cíclicas de armazenamento de gás. Chang e Talu (1996 – citado acima) observaram que o ciclo de carga de gás natural no reservatório de armazenamento para uso veicular não seria a etapa limitante da tecnologia de GNA, pois a carga poderia ser realizada em postos de abastecimento equipados com sistema de troca de calor ou sob condições de alimentação bem lenta, do tipo *overnight*, para a dissipação do calor de adsorção. O problema consistiria na descarga, devido ao impacto do calor de dessorção envolvido nesta etapa. Os autores concluíram que a operação de um sistema de GNA não é executável sob condições isotérmicas, ou seja, sob qualquer vazão de descarga real, haverá uma queda de temperatura correspondente. Para a menor vazão de descarga empregada em seus experimentos (1.0 L/min), houve uma queda de temperatura de 5 K e uma perda de capacidade adsortiva de cerca de 8%, definida como a relação entre a quantidade liberada de metano em condições reais sobre a quantidade liberada em um processo isotérmico. Para a maior vazão de descarga (15 L/min), a queda de temperatura foi 37 K e houve uma perda de capacidade de 29%.

Em resumo, variações de temperatura na carga adsortiva e na descarga dessorativa, promovem diminuições de eficiência do processo.

Vasilev et al. (2000 – citado acima) afirmaram que existe uma similaridade entre os processos de dessorção e adsorção. No primeiro processo haveria uma maior eficiência se houvesse uma fonte de calor no leito poroso, enquanto no segundo caso, no processo de adsorção, deveria haver uma retirada de calor do leito. Nesta direção, os autores se concentraram na dessorção do metano com fornecimento de calor à amostra de carvão ativado, utilizando um aquecedor elétrico posicionado no eixo da amostra contida no cilindro de armazenamento.

Tanger et al. (2003), detentores da Patente No. US 6613126 B2, propuseram metodologia para armazenamento de gás natural por adsorção em um sistema estruturado em dois tanques

envolvendo previamente a separação dos componentes do gás, de baixas massas moleculares (metano, etano) em um dos reservatórios, e no outro reservatório aqueles componentes de mais altos números de carbono (propano, butano,...). O método pleiteia a
5 solução do problema causado em sistemas adsorativos de armazenamento de gás natural, em que os componentes de números de carbono mais elevados se condensam no interior dos poros do adsorvente, inibindo a adsorção do componente principal do gás natural.

10

No método foi proposto que os componentes mais leves fossem armazenados sob elevadas pressões, enquanto os hidrocarbonetos mais pesados estivessem submetidos a pressões mais elevadas. Os efeitos térmicos não foram considerados, bem
15 como não se destacaram os efeitos envolvidos quando da dessorção. No segundo reservatório buscou-se incrementar a adsorção dos mais pesados resfriando-se esta parte do sistema. O uso de uma fonte externa de remoção de calor distingue a proposição dos citados autores (Tanger et al., 2003) da presente reivindicação, a qual não aplica fonte externa, optando por envolver
20 o sistema coaxial de armazenamento de gás, fazendo usos das energias de adsorção e dessorção, associadas às operações de carga e descarga de gás.

25 Assim, tanto Vasilev et al. (2000 – citado acima) quanto Tanger et al. (2003), detentores da Patente No. US 6613126 B2 usam dispositivos externos nas suas soluções.

Kobayashi et al. (1994) patentearam um método segundo a
30 proposição que indicou o tratamento de uma mistura gasosa para separação dos componentes por adsorção seletiva. O método coloca a invenção como capaz de melhorar a separação dos componentes de um gás, contando com a contribuição da dessorção preferencial de um dos componentes, favorecendo a separação dos outros
35 componentes que permaneceram adsorvidos. O sistema não recorreu aos efeitos associados de adsorção e dessorção, na operação realizada, sendo de conceito completamente distinto

daquele aplicado no sistema coaxial de armazenamento de gás, objeto da presente reivindicação.

5 Pupier et al. (2005 – citado acima) avaliaram os efeitos das operações cíclicas de carga e descarga de gás natural em um cilindro de armazenamento de 2 L de capacidade contendo um composto adsorvente de carvão ativado e grafite natural expandido. Após o primeiro ciclo, os sucessivos ciclos de carga e descarga eram efetuados sem a regeneração do leito. Para as operações cíclicas com gás natural, foi possível observar que os perfis transientes de pressão, temperatura e vazão alimentada eram influenciados pelo número de ciclos. A eficiência do processo de armazenamento, definida como a relação entre as disponibilidades volumétricas de gás natural no ciclo de número n e essa disponibilidade para o primeiro ciclo, também era fortemente dependente do número de ciclos. Isto se deveu à adsorção preferencial e saturação do adsorvente pelos hidrocarbonetos mais pesados que o metano e também pelo dióxido de carbono, ambos presentes no gás natural.

20 Ridha et al. (2007 – citado acima) estudaram a influência da vazão de descarga, de um cilindro de armazenamento contendo carvão ativado, zeólitas ou sílica gel, com a disponibilidade volumétrica do metano para o sistema. As avaliações mostraram aumentos da vazão entre 1 L/min a 5 L/min, que promoviam uma redução na disponibilidade volumétrica para o sistema numa ordem de 7,6 a 12,1 %. Adicionalmente foram avaliadas as disponibilidades volumétricas, para os gases etano e propano, para os quais houve redução de 14,98%, e 14,54%, respectivamente, para a mesma faixa de vazão. Tais reduções de disponibilidade volumétrica ocorreram devido à influência da temperatura no processo de descarga. Com o aumento da taxa de descarga, os efeitos da temperatura eram mais severos, aumentando a instabilidade térmica, dificultando a liberação de gás do leito.

35 O emprego de níveis elevados de pressão, também é um problema que ocorre e faz com que o custo operacional em estações de compressão de múltiplos estágios para carregamento do gás seja grande.

Além disso, armazenamento sob a forma de GNC recorre ao uso de cilindros como reservatórios, os quais devem ser feitos de material resistente com espessura de parede compatível, requerendo um amplo espaço físico para o tanque de armazenamento.

Objetivos da Invenção

O objetivo da presente invenção é apresentar um sistema de carga e descarga de gás que não faça uso de meios acessórios, como fontes externas, que tenha uma maior estabilidade térmica numa faixa de pressão razoável, ou seja, que seja mais eficiente, e que permita novos ciclos de armazenamento sem tratamentos externos resultando num custo de operação menor quando comparado ao atual estado da técnica.

Solução

O sistema a que se refere a presente invenção considera as perdas de eficiência de armazenamento adsorptivo do gás, decorrentes das elevações de temperatura na etapa de carga; e as reduções de liberação do gás, devido às diminuições de temperatura, na etapa de descarga; em consequência dos efeitos exotérmicos e endotérmicos, envolvidos respectivamente na adsorção e na dessorção. Não há utilização de meios acessórios, como por exemplo, fontes térmicas externas, aproveitando-se as energias inerentes às citadas etapas.

Como via de solução para a implementação do sistema desenvolveu-se um sistema de armazenamento que tem como princípio o aproveitamento das energias de adsorção e dessorção, liberadas ou absorvidas pelo leito adsorvente durante as etapas de carga e descarga.

Recorrendo-se a combinação energética dos efeitos de adsorção e dessorção, concebeu-se um sistema de armazenamento de gás natural por adsorção constituído de dois reservatórios

concêntricos comportando cargas iguais de carvão ativado (sistema coaxial). Através da troca de calor entre os reservatórios interno e externo do sistema com leitos de carvão ativado coaxiais, realiza-se operação de armazenamento, operando-se etapas simultâneas de
5 carga e descarga de metano. De um ciclo de operação para outro, alternam-se as etapas de carga e descarga entre os reservatórios interno e externo, respectivamente.

Vantagens

10

O sistema coaxial de armazenamento de gás quando comparado a um sistema tradicional, que é constituído por apenas um cilindro de armazenamento, mostra-se mais estável termicamente, segundo a evolução de temperatura do leito, mais
15 estável termicamente diante de todas as vazões de carga e descarga utilizadas, situadas entre 1,15 L/min a 9,09 L/min, para todas as pressões de trabalho empregadas, numa faixa de 10 bar a 60 bar.

Resultados referentes às quantidades adsorvidas, para o
20 sistema coaxial de armazenamento desenvolvido, evidenciam um acréscimo de massa adsorvida de metano de cerca de 50 % quando comparado ao sistema tradicional, nas mesmas condições de operação.

Das medidas comparadas de pressão, entre os sistemas com
25 troca de calor (sistema com sistema coaxial) e tradicional, na etapa de descarga a uma vazão constante, constata-se que é possível promover a retirada de todo gás armazenado no sistema coaxial, provocada pela dessorção do gás do leito. Neste caso, a
30 regeneração natural do leito ocorre, permitindo assim novos ciclos de armazenamento sem tratamentos externos, o que reduz os custos operacionais e aumenta a eficiência do processo.

Resumindo, a presente invenção apresenta um sistema de
35 carga e descarga de gás que não faz uso de meios acessórios, como fontes externas; tem uma maior estabilidade térmica numa faixa de pressão razoável, ou seja, é mais eficiente; e permite novos ciclos de armazenamento sem tratamentos externos o que resulta em um

custo de operação menor quando comparado ao atual estado da técnica.

Descrição Detalhada

5

O sistema é um reservatório de armazenamento, isolado termicamente em sua parede externa, constituído de dois cilindros coaxiais de volumes iguais, cada um deles contendo a mesma massa de carvão ativado preenchendo todo seu volume. O importante é que o leito adsorvente do cilindro externo esteja disposto de forma anelar circundando o cilindro interno do sistema.

Os cilindros, quando em operação de armazenamento do gás natural, são alimentados com este gás alternadamente (interno, externo) e descarregados com o gás alternadamente (externo, interno) ao mesmo tempo, de forma a se ter as ocorrências simultâneas dos efeitos de adsorção e dessorção do gás, respectivamente, na alimentação e na descarga.

Compondo um ciclo, o processo de carga consiste na alimentação do gás, no cilindro interno sob uma vazão constante, até uma determinada pressão de carga, que quando alcançada, tem interrompida a vazão de alimentação. Ao mesmo tempo, o processo de descarga consiste na liberação do gás do cilindro externo sob uma vazão constante, até atingir-se a pressão manométrica adequada, por exemplo, 0,1 bar.

Neste primeiro ciclo os processos de carga e descarga são realizados simultaneamente e respectivamente nos cilindros interno e externo do sistema, de formas exotérmica e endotérmica, devido aos calores de adsorção e dessorção.

O sistema coaxial permite uma troca de energia através da parede não isolada do cilindro interno, promovendo-se neste uma redução da temperatura, que favorece à adsorção e o armazenamento adicional do gás, enquanto promove-se no cilindro externo uma elevação da temperatura, que favorece à dessorção do gás e sua mais completa liberação.

Em um segundo ciclo, a operação ocorre de forma alternada, alimentando-se o gás no cilindro externo e liberando-o do cilindro interno, onde estava armazenado. O fluxo térmico, através da
5 parede do cilindro interno, ocorre inversamente do cilindro externo para o cilindro interno.

A invenção pode ser usada para qualquer gás que faça parte da mistura de componentes do gás natural (metano, etano e
10 propano), mas outros gases sob necessidade de armazenamento e susceptíveis a adsorção sobre sólidos podem ser utilizados (gás hidrogênio, óxidos de carbono e similares).

Implementação

15

Para realizar o sistema da invenção é necessário:

- Um conjunto coaxial de cilindros (cilindro interno e cilindro externo), confeccionado com qualquer metal resistente às pressões
20 de operação, tendo o cilindro interno e o cilindro externo volumes iguais e a mesma massa de carvão ativado preenchendo seus volumes. O importante é que o leito adsorvente do cilindro externo esteja disposto de forma anelar circundando o cilindro interno do sistema;

25

- Um material isolante posicionado na parede interna do cilindro externo;

- Tubulações e conexões em metal para operações alternadas
30 de carga e descarga dos cilindros;

Para realizar medições de interesse pode-se completar o sistema da invenção com:

35 - Termopares medidores de temperatura, posicionados na região central do leito do cilindro interno e na região anular entre os cilindros interno e externo;

- Transdutores de pressão, instalados na parte superior dos cilindros interno e externo para medidas de pressão;

Esses dois últimos dispositivos não são necessários para um bom funcionamento do sistema.

Descrição da Figura 1

Operação: Ciclo 1

10

Alimentação do cilindro interno (1) através da válvula de alimentação e descarga do cilindro interno (5) e difusor de gás no cilindro interno (3), com medição de aumento de pressão e temperatura pelo transdutor de pressão e indicador de temperatura (7).

15

Descarga do cilindro externo (2) pela válvula de alimentação e descarga do cilindro externo (6) e difusor de gás no cilindro externo (4), com medição de redução de pressão e temperatura pelo transdutor de pressão e indicador de temperatura (7).

20

Fluxo de calor do cilindro interno (1) para o cilindro externo (2).

Conclusão da operação: cilindro interno (1) carregado e cilindro externo (2) descarregado.

25

Operação: Ciclo 2

Alimentação do cilindro externo (2) através da válvula de alimentação e descarga do cilindro externo (6) e difusor de gás no cilindro externo (4), com medição de aumento de pressão e temperatura pelo transdutor de pressão e indicador de temperatura (7).

30

Descarga do cilindro 1 do cilindro interno (1) através da válvula de alimentação e descarga do cilindro interno (5) e difusor de gás no cilindro interno (3), com medição de redução de pressão e temperatura pelo transdutor de pressão e indicador de temperatura (7).

35

Fluxo de calor do cilindro externo (2) para o cilindro interno (1).

Conclusão da operação: cilindro externo (2) carregado e cilindro interno (1) descarregado.

Exemplo de construção

Como exemplo não limitativo de implementação da invenção, o cilindro interno foi construído em aço inoxidável 304, com estrutura compatível com o espaço interior do cilindro externo, comportando um volume útil de 500 cm^3 com altura de aproximadamente 22 cm e diâmetro interno de 4 cm.

O cilindro externo em aço inoxidável 304, tem volume útil de 2000 cm^3 , com altura de aproximadamente 26 cm e diâmetro interno de 10 cm.

O material isolante, um tubo em PVC, com altura de 26 cm e diâmetro externo de aproximadamente 10 cm é posicionado na parede interna do cilindro externo.

Para operações alternadas de carga e descarga dos cilindros interno e externo do sistema coaxial foram utilizadas tubulações e conexões em aço inox.

Dois termopares medidores de temperatura foram posicionados nas regiões centrais do leito do cilindro interno e anular, compreendida entre os cilindros interno e externo.

Medidas de pressão podem ser feitas através do transdutor de pressão instalado na parte superior dos cilindros interno e externo de armazenamento coaxial.

Os cilindros coaxiais, quando em operação de armazenamento do gás natural, são carregados alternadamente (interno ou externo) e descarregados alternadamente (externo, interno) simultaneamente, de forma a se ter as ocorrências dos efeitos de

adsorção e dessorção do gás, respectivamente na carga e na descarga. Proporciona-se o aproveitamento energético das energias envolvidas nos processos de adsorção e dessorção, via troca térmica através da parede do cilindro interno.

5

Otimizações operacionais do sistema de armazenamento por compressão e adsorção de gás natural, representado pelo metano, foram implementadas com o advento do sistema de armazenamento coaxial de gás natural por compressão/adsorção e descompressão/dessorção o qual operou em etapas simultâneas de carga e
10 descarga em cilindros coaxiais, recorrendo-se à troca térmica das energias envolvidas aos efeitos de adsorção e dessorção.

Medidas de temperatura, na etapa de carga, indicaram que o
15 sistema coaxial se mantém mais estável (temperatura constante) no processo de adsorção, quando comparado ao sistema tradicional de armazenamento por adsorção.

Quando comparadas, as medidas de pressão do sistema com
20 troca de calor (sistema coaxial) e do sistema tradicional, as da invenção mostram que a pressão de equilíbrio é alcançada mais rapidamente.

Resultados referentes à quantidade de gás adsorvida
25 evidenciam um acréscimo de massa adsorvida de metano de cerca de 50%, quando comparado com o sistema tradicional de armazenamento, para a pressão de 60 bar, numa vazão de 9,09 L/min.

Em se tratando da capacidade volumétrica de armazenamento,
30 constatou-se um ganho de cerca de 28 % em volume para o sistema coaxial quando comparado ao tradicional.

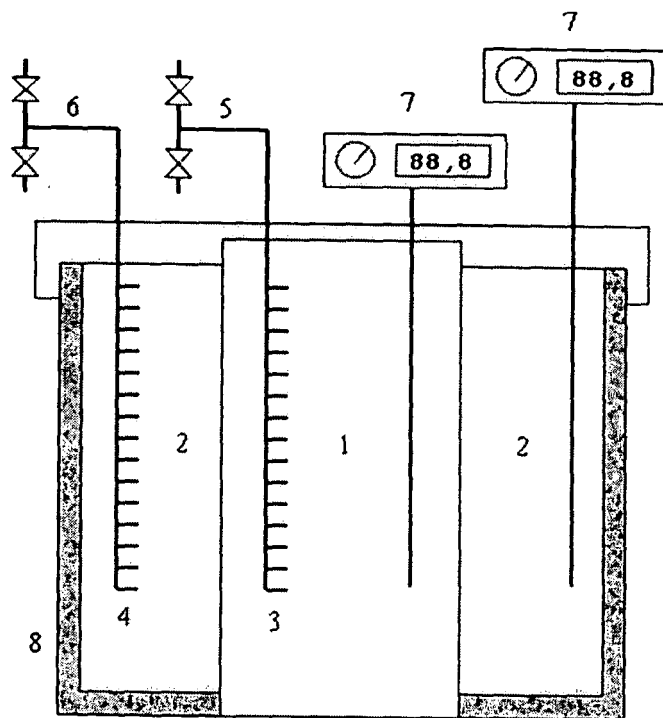
Evoluções da pressão no sistema coaxial com troca de calor
35 destacam a possibilidade de regeneração completa do leito de carvão ativado por dessorção de todo gás armazenado, o que diminui o custo do processo e aumenta sua eficiência.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO composto por um material isolante, tubulações, conexões, carvão ativado e dois cilindros, um interno e outro externo, caracterizado pelo leito adsorvente do dito cilindro externo ser disposto de forma anelar circundando o dito cilindro interno e pelos cilindros serem coaxiais e concêntricos.
2. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO, conforme reivindicação 1, caracterizado pelos ditos cilindros terem volumes iguais e conterem a mesma massa de carvão ativado preenchendo por completo seus volumes.
3. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO conforme reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelos ditos cilindros serem confeccionados com qualquer metal resistente às pressões de operação.
4. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO conforme reivindicação 1, 2 ou 3, caracterizado pelo material isolante ser posicionado na parede interna do cilindro externo.
5. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO conforme reivindicação 3 ou 4, caracterizado pelos ditos cilindros serem confeccionados em aço inoxidável 304.
6. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO conforme reivindicação 1, 2, 3, 4 ou 5, caracterizado pelo dito cilindro interno ter estrutura compatível com o espaço interior do cilindro externo.
7. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO conforme reivindicação 6, caracterizado pelo dito cilindro interno comportar um volume útil de 300 a 700cm³, ter altura de 18 a 22 cm e ter diâmetro interno de 2 a 6 cm.

8. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO conforme reivindicação 6 ou 7, caracterizado pelo dito cilindro externo comportar um volume útil de 1500 a 2500cm³, ter altura de 20 a 32 cm e ter diâmetro interno de 4 a 16 cm.
- 5 9. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO conforme reivindicação 4, 5, 6, 7 ou 8 caracterizado pelo material isolante ter altura de 20 a 32 cm e ter diâmetro externo de 5 a 15 cm.
- 10 10. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO conforme reivindicações 4, 5, 6, 7, 8 e 9 caracterizado pelo cilindro interno ter volume útil de 500 cm³, altura de 22 cm e diâmetro interno de 4 cm; pelo cilindro externo ter volume útil de
15 2000 cm³, altura de 26 cm e diâmetro interno de 10 cm; e pelo material isolante ter altura de 26 cm e diâmetro externo de 10 cm.

Figura 1. SISTEMA COAXIAL DE ARMAZENAMENTO DE GÁS POR COMPRESSÃO E ADSORÇÃO



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/BR2010/000142

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC (2010.01) F17C 11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC (2010.01) F17C, B01D, B01J, B65D, C01B, C25D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

EPODOC, USPTO, SINPI

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4481779 A (UNION CARBIDE CORP [US]) 13 November 1984 (1984-11-13)	1, 3, 6
A	US 4544527 A (ERGENICS INC [US]) 01 October 1985 (1985-10-01)	1,3
A	US 3006153 A (UNION CARBIDE CORP [US]) 31 October 1961 (1961-10-31)	1,3
A	US 2007217967 A1 (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC) 20 September 2007 (2007-09-20)	

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 July 2010

Date of mailing of the international search report

29/07/2010

Name and mailing address of the ISA/

INSTITUTO NACIONAL DA
 PROPRIEDADE INDUSTRIAL
 Rua Mayrink Veiga nº 9, 18º andar
 cep: 20090-050, Centro - Rio de Janeiro/RJ

Facsimile No.

+55 21 2139-3663

Authorized officer

Rodrigo Danieli

Telephone No.

+55 21 2139-3686/3742

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/BR2010/000142

US 4481779 A	1984-11-13	AU 577324 B2	1988-09-22
		AU 3444284 A	1986-04-24
		EP 0178338 A1	1986-04-23
		IN 161459 A1	1987-12-05
-----	-----	-----	-----
US 4544527 A	1985-10-01	CA 1222123 A1	1987-05-26
		EP 0107497 A2	1984-05-02
		JP 59092902 A	1984-05-29
-----	-----	-----	-----
US 3006153 A	1961-10-31	NONE	
-----	-----	-----	-----
US 2007217967 A1	2007-09-20	AT 466229 T	2010-05-15
		CN 1719092 A	2006-01-11
		CN 100422626 C	2008-10-01
		CN 101329010 A	2008-12-24
		DE 602008001070 D1	2010-06-10
		EP 1614955 A1	2006-01-11
		EP 1988326 A1	2008-11-05
		JP 2006046646 A	2006-02-16
		JP 4373377 B2	2009-11-25
		JP 2008304056 A	2008-12-18
		KR 20060049846 A	2006-05-19
		KR 20080097947 A	2008-11-06
		US 2006008392 A1	2006-01-12
		US 7396381 B2	2008-07-08
		US 7648682 B2	2010-01-19
		-----	-----

RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL

Depósito internacional N°

PCT/BR2010/000142

A. CLASSIFICAÇÃO DO OBJETO

IPC (2010.01) F17C 11/00

De acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC) ou conforme a classificação nacional e IPC

B. DOMÍNIOS ABRANGIDOS PELA PESQUISA

Documentação mínima pesquisada (sistema de classificação seguido pelo símbolo da classificação)

IPC (2010.01) F17C, B01D, B01J, B65D, C01B, C25D

Documentação adicional pesquisada, além da mínima, na medida em que tais documentos estão incluídos nos domínios pesquisados

Base de dados eletrônica consultada durante a pesquisa internacional (nome da base de dados e, se necessário, termos usados na pesquisa)

EPODOC, USPTO, SINPI

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoria*	Documentos citados, com indicação de partes relevantes, se apropriado	Relevante para as reivindicações N°
A	US 4481779 A (UNION CARBIDE CORP [US]) 13 novembro 1984 (1984-11-13)	1, 3, 6
A	US 4544527 A (ERGENICS INC [US]) 01 outubro 1985 (1985-10-01)	1,3
A	US 3006153 A (UNION CARBIDE CORP [US]) 31 outubro 1961 (1961-10-31)	1,3
A	US 2007217967 A1 (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC) 20 setembro 2007 (2007-09-20)	

☐ Documentos adicionais estão listados na continuação do quadro C☐ Ver o anexo de famílias das patentes

* Categorias especiais dos documentos citados:

"A" documento que define o estado geral da técnica, mas não é considerado de particular relevância.

"E" pedido ou patente anterior, mas publicada após ou na data do depósito internacional

"L" documento que pode lançar dúvida na(s) reivindicação(ões) de prioridade ou na qual é citado para determinar a data de outra citação ou por outra razão especial

"O" documento referente a uma divulgação oral, uso, exibição ou por outros meios.

"P" documento publicado antes do depósito internacional, porém posterior a data de prioridade reivindicada

"T" documento publicado depois da data de depósito internacional, ou de prioridade e que não conflita com o depósito, porém citado para entender o princípio ou teoria na qual se baseia a invenção.

"X" documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada nova e não pode ser considerada envolver uma atividade inventiva quando o documento é considerado isoladamente.

"Y" documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada envolver atividade inventiva quando o documento é combinado com um outro documento ou mais de um, tal combinação sendo óbvia para um técnico no assunto.

"&" documento membro da mesma família de patentes.

Data da conclusão da pesquisa internacional

23 julho 2010

Data do envio do relatório de pesquisa internacional:

29/07/2010

Nome e endereço postal da ISA/BR



INSTITUTO NACIONAL DA
 PROPRIEDADE INDUSTRIAL
 Rua Mayrink Veiga nº 9, 18º andar
 cep: 20090-050, Centro - Rio de Janeiro/RJ

N° de fax:

+55 21 2139-3663

Funcionário autorizado

Rodrigo Danieli

N° de telefone:

+55 21 2139-3686/3742

RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL

Informação relativa a membros da família da patentes

Depósito internacional Nº

PCT/BR2010/000142

Documentos de patente citados no relatório de pesquisa	Data de publicação	Membro(s) da família de patentes	Data de publicação
US 4481779 A	1984-11-13	AU 577324 B2 AU 3444284 A EP 0178338 A1 IN 161459 A1	1988-09-22 1986-04-24 1986-04-23 1987-12-05
-----	-----	-----	-----
US 4544527 A	1985-10-01	CA 1222123 A1 EP 0107497 A2 JP 59092902 A	1987-05-26 1984-05-02 1984-05-29
-----	-----	-----	-----
US 3006153 A	1961-10-31	Nenhum	
-----	-----	-----	-----
US 2007217967 A1	2007-09-20	AT 466229 T CN 1719092 A CN 100422626 C CN 101329010 A DE 602008001070 D1 EP 1614955 A1 EP 1988326 A1 JP 2006046646 A JP 4373377 B2 JP 2008304056 A KR 20060049846 A KR 20080097947 A US 2006008392 A1 US 7396381 B2 US 7648682 B2	2010-05-15 2006-01-11 2008-10-01 2008-12-24 2010-06-10 2006-01-11 2008-11-05 2006-02-16 2009-11-25 2008-12-18 2006-05-19 2008-11-06 2006-01-12 2008-07-08 2010-01-19
-----	-----	-----	-----