



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

**(11) PI 0517385-0 B1**

**(22) Data do Depósito:** 21/10/2005

**(45) Data de Concessão:** 12/06/2018



---

**(54) Título:** MÉTODO PARA PRODUZIR GÁS NATURAL LIQUEFEITO

**(51) Int.Cl.:** F25J 1/00

**(30) Prioridade Unionista:** 28/10/2004 US 10/975,077

**(73) Titular(es):** PRAXAIR TECHNOLOGY, INC.

**(72) Inventor(es):** HENRY EDWARD HOWARD

## “MÉTODO PARA PRODUZIR GÁS NATURAL LIQUEFEITO”

### Campo técnico

[1] Esta invenção é relativa, genericamente, à produção de gás natural liquefeito.

### Técnica fundamental

[2] Tipicamente tubulações de transmissão de gás natural operam em pressões absolutas que se situam entre 49,2 e 105,5 kg/cm<sup>2</sup>. Pontos de redução de pressão de gás natural são muitas vezes referidos como estações de redução. Tais estações possibilitam a distribuição regional de gás natural tipicamente em pressões absolutas de 10,6 a 35,1 kg/cm<sup>2</sup>. Em geral, estações de redução não são projetadas para a recuperação útil de energia de pressão. Processos que servem para redução de gás natural enquanto produzem uma fração do gás de entrada como gás natural liquefeito são muitas vezes referidos como ciclos expansores ou plantas expansoras.

[3] É um objetivo desta invenção fornecer um método melhorado para empregar a energia de pressão para produzir gás natural liquefeito

### Sumário da invenção

[4] Os acima e outros objetivos que se tornarão evidentes àqueles versados na técnica quando de uma leitura desta divulgação são alcançados pela presente invenção que é:

um método para produzir gás natural liquefeito que compreende:

(A) comprimir um gás de refrigeração e turbo-expandir o gás de refrigeração comprimido para produzir gás de refrigeração resfriado; e

(B) sub-resfriar gás natural líquido e vaporizar o gás natural sub- resfriado para produzir vapor evaporado de gás natural liquefeito; e

(C) aquecer o vapor evaporado e o gás de refrigeração resfriado por meio de troca de calor indireta com o gás natural líquido para efetuar o sub-resfriamento do gás natural líquido.

[5] Como aqui utilizado, o termo “vaporização instantânea” significa despressurizar um líquido através de um dispositivo de expansão com a conversão de uma porção do líquido para a fase vapor.

[6] Como há aqui utilizado o, termo “expansão Joule-Thompson” significa expansão que emprega um dispositivo de redução de pressão iso-entálpico que tipicamente pode ser uma válvula de estrangulamento, orifício ou tubo capilar.

[7] Como aqui utilizado, o termo “turbo-expansão” significa uma expansão que emprega um dispositivo de expansão que produz trabalho em eixo. Tal trabalho em eixo é produzido por meio da rotação de um eixo induzido pela despressurização de um fluido através de um ou mais condutos de fluido conectados ao eixo, tal como uma roda de turbina.

[8] Como aqui utilizado, o termo “troca de calor indireta” significa trazer dois fluidos em relação de troca de calor sem qualquer mistura dos fluidos um com o outro.

[9] Como aqui utilizado, o termo “sub-resfriamento” significa resfriar um líquido para estar a uma temperatura mais baixa do que a temperatura de saturação daquele líquido para a pressão existente.

#### Breve descrição do desenho

[10] A única Figura é uma representação esquemática simplificada de uma configuração preferencial do método de liquefação de gás natural desta invenção.

#### Descrição detalhada

[11] Em geral, a invenção compreende um método melhorado para liquefazer gás natural utilizando a energia de pressão do gás natural, no qual vapor evaporado a partir da despressurização de gás natural é empregado em um ciclo de refrigeração para sub-resfriar gás natural de pressão elevada, antes de vaporizar.

[12] A invenção será descrita em maior detalhe com referência ao

desenho. Fazendo referência agora à Figura, corrente de gás natural de alta pressão 1 que está a uma pressão absoluta genericamente dentro da faixa de 49,2 a 105,5 kg/cm<sup>2</sup> é limpo de impurezas de ponto de ebulição elevado, tal como água e sulfeto de hidrogênio por meio de passagem através de sistema de tratamento 160, que pode ser um sistema alternado de adsorção térmica. A corrente de gás natural resultante 2 é dividida em porções 60 e 3. A porção 60 é resfriada no trocador de calor 110 e emerge dele como corrente resfriada 62. A porção 3 é passada para o sistema de purificação adicional 165 para a remoção de dióxido de carbono até um nível genericamente abaixo de 50 ppm. A corrente de gás natural mais limpo resultante 50 é resfriada pela passagem através do trocador de calor 110 emergindo dele como corrente de duas fases 52. A corrente de gás resfriado 62 é ainda resfriada por troca de calor indireta com gás expandido no trocador de calor 120, como será descrito mais completamente abaixo, para produzir corrente mais resfriada 63 que tem uma temperatura menor do que - 116,5 ° Fahrenheit (-82,5 °C) que é a temperatura crítica de metano.

[13] A corrente de gás natural resfriada 63 é expandida em uma primeira expansão, tal como passando através da válvula Joule-Thompson 125 para produzir uma corrente de gás expandido 64 a uma primeira temperatura que está tipicamente dentro da faixa de -84,4 a -128,9°C. A primeira expansão pode ser com ou sem a produção de trabalho em eixo. Na configuração da invenção ilustrada na Figura, a primeira expansão é uma expansão Joule-Thompson que resulta em uma corrente de duas fases 64 que é passada para o separador de fase 130, no qual ela é separada para finalidades de distribuição em corrente de vapor 65 e corrente líquida 66 para um passe comum de trocador de calor 120 e, em seguida, no trocador de calor 110. Alternativamente, as correntes 66 e 65 podem ser aquecidas em passagens separadas de cada um dos trocadores de calor 120 e 110. Embora ilustrados como elementos separados na Figura, àqueles versados na técnica

irão reconhecer que os trocadores de calor 120 e 110 podem ser combinados em um único núcleo.

[14] A corrente de gás expandido é aquecida por passagem através do trocador de calor 120 para fornecer resfriamento à corrente de gás natural produto, como será mais completamente descrito abaixo. A corrente de gás expandido resultante 67 é ainda aquecida no trocador de calor 110 para fornecer resfriamento por meio de troca de calor indireta para a corrente de gás natural produto e também para a corrente de gás de resfriamento 60.

[15] Uma porção 80 da corrente 67, tipicamente de 30 a 60% da corrente 67, é retirada depois de travessia parcial do trocador de calor 110 e passada para o turbo-expansor 145, no qual ela é turbo-expandida para fornecer corrente de gás turbo-expandido 81, que tem uma segunda temperatura que excede a primeira temperatura. Genericamente a temperatura da corrente de gás turbo- expandido 81 será no mínimo 30 ° Fahrenheit (17 ° C) maior do que a temperatura da corrente de gás expandida 64. A temperatura da corrente de gás turbo-expandido 81 está tipicamente dentro da faixa de desde -30 até - 100 ° Fahrenheit (-34,4 até -73,3 ° C).

[16] Na configuração da invenção ilustrada na Figura, a corrente turbo-expandida 81 é passada para o separador de fase 140 e as frações vapor e líquido são passadas em correntes respectivas, 83 e 84, para um passe comum do trocador de calor 110. Dentro do trocador de calor 110 a corrente de gás turbo-expandido é aquecida por troca de calor indireta para fornecer resfriamento à corrente de gás 60 e também para a corrente de gás natural produto. A corrente de gás turbo-expandido aquecido resultante 37 é retirada do trocador de calor 110 e pode ser recuperada na corrente 38.

[17] Uma porção 68 da corrente de gás expandido 67 que não é passada para o turbo-expansor é passada para o compressor 150 que é preferivelmente energizado pelo trabalho de eixo da expansão derivada do turbo-expansor 145 e ilustrada na forma de representação 4. Depois de

compressão, o gás na corrente 69 pode ser resfriado no trocador de calor 155 e a corrente resultante 70 pode ser combinada com a corrente 60 para a passagem para o trocador de calor 110 e processamento como foi descrito anteriormente.

[18] A corrente de gás natural em duas fases 52 é passada para o separador de fase 115. Líquido é retirado do separador de fase 115 na corrente 90, passado através da válvula 135 e, na configuração ilustrada na Figura, passado na corrente 91 para combinação com a corrente e processamento adicional como foi descrito acima. Vapor é retirado do separador de fase 115 na corrente 53 e resfriado ainda mais pela passagem através do trocador de calor 120 por meio de troca de calor indireta e aquecimento de gás natural Joule- Thompson de gás natural expandido para formar gás natural líquido na corrente 11 que tem uma pressão absoluta genericamente dentro da faixa de 49,2 a 105,5 kg/cm<sup>2</sup> e uma temperatura genericamente dentro da faixa de -84,4 a -117,8°C. A corrente 11 é sub-resfriada até uma temperatura dentro da faixa de -128,9 a -162,2°C por meio de passagem através do trocador de calor 205 para formar corrente de gás natural líquido sub-resfriado 13. A corrente 13 vaporizada por passagem através da válvula 210 para formar corrente de duas fases 14 que tem uma pressão absoluta genericamente dentro da faixa de desde 1,0 a 2,8 kg/cm<sup>2</sup>.

[19] A corrente de duas fases 14 que compreende vapor evaporado e gás natural liquefeito é passada no separador de fase 212 a partir do qual o gás natural liquefeito produto é retirado e recuperado na corrente 15. O vapor evaporado é retirado do separador de fase 212 na corrente 30 e combinado com gás de refrigeração na corrente 44 para sub-resfriar o gás natural líquido 11 como será descrito mais completamente abaixo.

[20] Gás de refrigeração 33 que foi aquecido para aproximadamente a temperatura ambiente é por meio de passagem através do trocador de calor 215, é comprimido por meio de passagem através do

compressor 220 e gás de refrigeração comprimido resultante 34 é resfriado do calor de compressão por meio de passagem através do trocador de calor 225 para formar a corrente 35. Uma porção 36 da corrente 35 é removida do ciclo de gás de refrigeração e preferivelmente recuperada como gás natural, mais preferivelmente como ilustrado na Figura, por meio de combinação com a corrente 37 para formar a corrente 38. A porção restante 40 do gás de refrigeração comprimido é ainda comprimida por meio de passagem através do compressor 230 para formar gás de refrigeração ainda mais comprimido 41 tendo o uma pressão dentro da faixa de 10,5 a 24,5 kg/cm<sup>2</sup>. A corrente 41 é resfriada do calor de compressão por meio de passagem através do resfriador 235 e a corrente de gás de refrigeração resultante 42 é resfriada por meio de passagem através do trocador de calor 215 até uma temperatura dentro da faixa de -56,7 a -112,2°C. Gás de refrigeração resfriado é passado na corrente 43 desde o trocador de calor 215 até o turbo-expansor 240 na qual ele é turbo-expandido até uma pressão dentro da faixa de 1,0 a 2,8 kg/cm<sup>2</sup> para gerar refrigeração. O trabalho em eixo produzido pelo turbo-expansor 240 é preferivelmente empregado para fornecer no mínimo algo da energia para operar o compressor 230.

[21] O gás de refrigeração que resulta da refrigeração de mancal do turbo-expansor 240 é aquecido no trocador de calor 205 para efetuar o sub-resfriamento do gás natural líquido na corrente 11. Preferivelmente, como ilustrado na Figura, o gás de refrigeração resfriado na corrente 44 é combinado com o vapor evaporado na corrente 30 para formar a corrente combinada 31 que é passada para o trocador de calor 205 e aquecida por troca de calor indireta para efetuar o sub-resfriamento do gás natural líquido. O gás de refrigeração aquecido resultante é passado na corrente 32 para o trocador de calor 215 emergindo dele na corrente 33 para processamento, como foi descrito anteriormente.

[22] Embora a invenção tenha sido descrita em detalhe com

referência a uma certa configuração preferencial, aqueles versados na técnica irão reconhecer que existem outras configurações da invenção dentro do espírito e do escopo das reivindicações.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para produzir gás natural liquefeito, caracterizado pelo fato de que compreende:

(A) comprimir um gás de refrigeração e turbo-expandir o gás de refrigeração comprimido para produzir gás de refrigeração resfriado (44);

(B) sub-resfriar gás natural líquido (11) e vaporizar o gás natural sub-resfriado (13) para produzir vapor evaporado (30) e gás natural liquefeito (15); e

(C) aquecer o vapor evaporado 30 e o gás de refrigeração resfriado (44) por troca de calor indireta com o gás natural líquido para efetuar o sub-resfriamento do gás natural líquido,

em que o gás natural líquido sub-resfriado tem uma pressão absoluta dentro da faixa de 49,2 a 105,5 kg/cm<sup>2</sup>, e o vapor evaporado e o gás natural liquefeito resultantes da vaporização do gás natural sub-resfriado têm uma pressão absoluta dentro da faixa de 1,0 a 2,8 kg/cm<sup>2</sup>.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o vapor evaporado e o gás de refrigeração resfriado são combinados antes de aquecer por meio de troca de calor indireta com o gás natural líquido de sub- resfriamento.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma porção do gás de refrigeração é retirada antes da turbo-expansão.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o vapor evaporado e o gás de refrigeração resfriado, depois do dito aquecimento, são comprimidos para formar o dito gás de refrigeração comprimido.

