



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

(21) **PI0607453-7 A2**



(22) Data de Depósito: 15/02/2006
(43) Data da Publicação: 06/04/2010
(RPI 2048)

(51) *Int.Cl.:*
F25J 1/02 (2010.01)

(54) Título: **INSTALAÇÃO PARA A LIQUEFAÇÃO DE GÁS NATURAL, E, MÉTODO PARA A LIQUEFAÇÃO DE UMA CORRENTE DE GÁS NATURAL**

(30) Prioridade Unionista: 17/02/2005 EP 05101200.3

(73) Titular(es): SHELL INTERNATIONALE RESEARCH MAATSCHAPPIJ B. V.

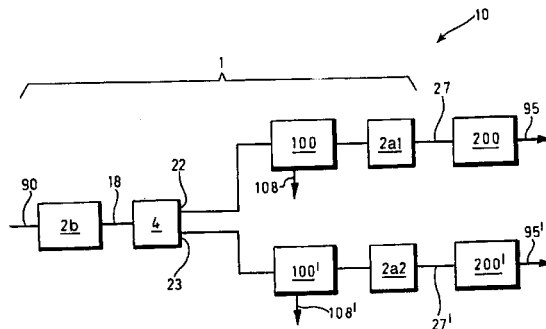
(72) Inventor(es): Jolinde Machteld Van De Graaf

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT EP2006050939 de 15/02/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/087331 de 24/08/2006

(57) Resumo: INSTALAÇÃO PARA A LIQUEFAÇÃO DE GÁS NATURAL, E, MÉTODO PARA A LIQUEFAÇÃO DE UMA CORRENTE DE GÁS NATURAL. A presente invenção refere-se a uma instalação (10) para a liquefação de gás natural (90), a instalação 10 compreendendo pelo menos: um trem de trocador de calor de pré-resfriamento (1), que compreende um trocador de calor final (2a) para resfriar a corrente de gás natural (90); um distribuidor (4), localizado a montante do trocador de calor final para dividir a corrente de gás natural (90) em pelo menos uma primeira e uma segunda subcorrentes de gás natural; pelo menos um primeiro e um segundo sistemas criogênicos principais (200, 200'), cada sistema (200, 200') compreendendo uma saída para o gás natural liquefeito (95, 95').



“INSTALAÇÃO PARA A LIQUEFAÇÃO DE GÁS NATURAL, E, MÉTODO PARA A LIQUEFAÇÃO DE UMA CORRENTE DE GÁS NATURAL”

5 A presente invenção refere-se a uma instalação e método para a liquefação de gás natural.

A patente US 6.389.844 expõe uma tal instalação e método. Ela compreende um ciclo de pré-resfriamento comum único, seguido por dois ciclos de liquefação principais dispostos de modo paralelo, que operam simultaneamente, em que o gás natural, que flui através da instalação, é
10 liquefeito e subresfriado.

Um problema com referência à instalação e ao método acima, é a possibilidade de má distribuição, pois o gás natural será usualmente parcialmente condensado no ciclo de pré-resfriamento. A distribuição eqüitativa da corrente parcialmente condensada ao longo dos ciclos de
15 liquefação principal dispostos em paralelo é complexa e requer equipamento e controles adicionais, resultando em uma queda de pressão aumentada no sistema e, portanto, em uma redução na eficiência de liquefação.

É um objeto da presente invenção minimizar o problema
acima.

20 Além disso, constitui um objeto da presente invenção prover uma e um método menos complexos para a liquefação de gás.

Constitui ainda um outro objeto da presente invenção prover uma instalação e um método alternativos para a liquefação de gás, de modo a satisfazer a especificações diferentes do gás natural liquefeito, em particular
25 com relação ao valor de aquecimento, em vários mercados.

Um ou mais dos objetos acima ou outros são alcançados de acordo com a presente invenção através do provimento de uma instalação para a liquefação de gás natural, a instalação compreendendo, pelo menos:

- um trem de trocador de calor de pré-resfriamento, que

compreende um trocador de calor final, opcionalmente precedido por um ou mais trocadores de calor, o trocador de calor final sendo provido com um circuito refrigerante de pré-resfriamento para a remoção de calor a partir da corrente de gás natural;

5 - um distribuidor para dividir a corrente de gás natural em uma primeira e segunda subcorrentes de gás natural;

 - pelo menos um primeiro e segundo sistemas criogênicos principais, cada sistema compreendendo um trocador de calor principal tendo um primeiro lado quente tendo uma entrada disposta para receber respectivamente a primeira e a segunda subcorrentes de gás natural e uma
10 saída para o gás natural liquefeito, e cada sistema compreendendo um circuito refrigerante principal, para a remoção de calor a partir do gás natural, que flui através do primeiro lado quente do trocador de calor principal correspondente;

 - em que o distribuidor está localizado a montante do
15 trocador de calor final.

Foi verificado, de modo surpreendente, que através da colocação do distribuidor para a divisão da corrente de gás natural ao interior de pelo menos uma primeira e segunda subcorrentes de gás natural a montante do trocador de calor de pré-resfriamento final, a probabilidade de má
20 distribuição é reduzida, pois a corrente de gás natural pode ser dividida em um ponto, no qual está substancialmente em uma fase única. Um aspecto importante da presente invenção é que a probabilidade de má distribuição é reduzida de um modo surpreendentemente simples.

Uma outra vantagem da presente invenção é a de que:

25 - à medida em que a divisão da corrente de gás natural ocorre, em um ponto em que está substancialmente em uma fase única,
- a divisão não irá causar quedas de pressão significativas no circuito de gás natural, como um resultado do que a eficiência total da instalação de liquefação é aumentada.

As vantagens acima podem ser também alcançadas em uma instalação e um método para a liquefação de gás natural, tal como presentemente reivindicado, mas compreendendo ainda pelo menos duas unidades de extração de líquidos de gás natural a jusante do distribuidor, mas a montante dos sistemas criogênicos principais. As unidades de extração de líquidos de gás natural podem ser colocadas a montante ou a jusante do trocador de calor final do trem de trocador de calor de pré-resfriamento.

Quando o trem do trocador de calor de pré-resfriamento compreende dois ou mais trocadores de calor dispostos em série, ou o pré-resfriamento é executado em dois ou mais estágios seriais, o distribuidor pode estar localizado entre dois trocadores de calor no trem, de modo a dividir a corrente de gás natural em estágios de pré-resfriamento consecutivos.

Na modalidade, em que unidades de extração de líquidos de gás natural estão presentes, o circuito refrigerante de pré-resfriamento serve a dois circuitos refrigerantes principais, mas cada circuito refrigerante principal é servido por sua unidade de extração de líquidos de gás natural. Deste modo, a capacidade de liquefação não está limitada pela capacidade de extração de líquidos do gás natural. Deste modo, a capacidade de liquefação não está limitada pela capacidade de extração de líquidos do gás natural.

Outra vantagem desta modalidade consiste em que as unidades de extração do gás natural não têm que se escalonadas, de modo a acomodar a taxa de fluxo mais alta. Foi verificado que em altas vazões de gás natural, o limite de exequibilidade da construção e transporte de colunas de separação em alta pressão é alcançada. Este problema é evitado através da provisão de duas colunas menores, dispostas em paralelo e operando de modo simultâneo. Pode ser ainda considerado que o custo de capital adicional de provimento de duas ou mais unidades de extração de líquidos de gás natural relativamente pequenas em paralelo é mais baixo do que aquele de uma unidade de extração de líquidos de gás natural, acomodadas para manipular o fluxo total do gás

natural.

A invenção inclui não apenas um primeiro grupo de modalidades, em que cada um dos trocadores de calor principais recebe a fração leve de topo vaporosa exclusivamente a partir de uma das unidades de extração de líquidos do gás natural, mas também um segundo grupo de modalidades, em que cada um dos trocadores de calor principais recebe partes da fração leve de topo vaporosa a partir de duas ou mais unidades de extração de líquidos de gás natural.

Uma vantagem do primeiro grupo de modalidades é aquele de que o alinhamento do equipamento é relativamente contínuo; uma vantagem do segundo grupo de modalidades é aquele de que uma possível má distribuição na forma de pequenas variações, por exemplo, na composição ou temperatura das respectivas frações leves de topo é eliminada.

Em um outro aspecto, a presente invenção provê um método de liquefação de uma corrente de gás natural, o método compreendendo pelo menos:

(a) o pré-resfriamento da corrente de gás natural em um ou mais estágios, que incluem um estágio em um trem de trocador de calor contra um refrigerante de pré-resfriamento sendo reciclado em um circuito de refrigerante de pré-resfriamento;

(b) dividir a corrente de gás natural em pelo menos uma primeira e segunda subcorrentes de gás natural;

(c) além disso, o resfriamento da primeira e segunda obtidas no estágio (b) em condensação total contra um refrigerante principal em pelo menos dois sistemas criogênicos principais, em que em cada sistema criogênico principal o refrigerante principal é reciclado em um circuito de refrigerante principal;

e

(d) extrair uma corrente de gás natural liquefeito a partir dos

sistemas criogênicos principais;

em que a divisão da corrente de gás natural em uma primeira e segunda subcorrentes de gás natural é efetuada a montante do estágio de pré-resfriamento final.

5 A invenção será agora descrita a título de exemplo, em maiores detalhes, com referência aos desenhos não limitativos anexos, em que:

A figura 1a apresenta um diagrama de fluxo esquemático geral de um primeiro grupo de modalidades da invenção;

10 A figura 1b apresenta um diagrama de fluxo esquemático geral de um segundo grupo de modalidades da invenção;

A figura 1c apresenta um diagrama de fluxo esquemático geral de um terceiro grupo de modalidades da invenção;

15 A figura 2 apresenta, de modo esquemático, a instalação e o processo de liquefação de acordo com a presente invenção;

A figura 3 apresenta, de modo esquemático, uma modalidade mais específica da instalação e do processo de acordo com a presente invenção; e

20 A figura 4 apresenta, de modo esquemático, uma unidade de cintilação extrema para o uso em combinação com as modalidades.

Para o propósito desta descrição, um número de referência único será atribuído a uma linha, assim como a uma corrente transportada naquela linha. Os mesmos números de referência referem-se a componentes similares.

25 Faz-se referência às Figuras 1a-c. A instalação 10 para a liquefação do gás natural de acordo com a presente invenção compreende um trem de trocador de calor de pré-resfriamento de gás natural 1, um distribuidor 4, dois sistemas criogênicos principais 200 e 200', e opcionalmente duas unidades de extração de líquidos de gás natural 100 e

100'. O trem de trocador de calor de pré-resfriamento 1 possui uma linha de entrada 90 para o gás natural e linhas de saída 27, 27' para o gás natural pré-resfriado. Na modalidade apresentada nas Figuras 1 a- c, o trem de trocador de calor de pré-resfriamento 1 compreende dois trocadores de calor 2a, 2b, em que o trocador de calor 2a é o trocador de calor final. Aquele versado na arte irá prontamente compreender que o trem 1 pode compreender mais do que dois trocadores de calor. Se desejado, (e é preferivelmente o caso) os trocadores de calor do trem 1 podem fazer parte do mesmo circuito refrigerante.

10 O distribuidor 4 está localizado a montante do trocador de calor final 2a. Se o trem 1 compreender mais do que dois trocadores de calor 2a, 2b, o distribuidor pode estar localizado mais a montante. De modo preferido, o distribuidor 4 está localizado entre dois trocadores de calor, que fazem parte do trem de trocador de calor 1. O trocador de calor final 2a pode ser um trocador de calor único (vide Figuras 1a e 1b), mas pode ser também um conjunto de dois ou mais trocadores de calor paralelos (2a1 e 2a2 na Figura 1 c). Não é necessário mencionar que - no caso em que o distribuidor 4 esteja localizado também a montante do trocador de calor 2b - o trocador de calor 2 b pode também compreender dois ou mais trocadores de calor paralelos.

20 Na modalidade da Figura 1, o distribuidor 4 possui pelo menos duas saídas 22, 23 e as linhas de saída 19, 19'. Como mostrado na figura 1, as correntes nas linhas de saída 19, 19' estão ambas adicionalmente resfriadas no trocador de calor final único 2a. De modo alternativo, as linhas de saída 19, 19' podem estar conectadas a trocadores de calor finais paralelos, separados (2a1 e 2a2; como mostrado na Figura 1c).

25 Nas modalidades de acordo com as Figuras 1 a e 1b, cada uma das unidades de extração de líquidos de gás natural 100, 100' está conectada a uma linha 27 ou 27' e possui uma linha de descarga 108, 108' para

descarregar uma fração pesada, uma linha de descarga 127, 127' para descarregar uma fração leve de topo. A fração pesada compreende um líquido de gás natural, que é enriquecido em componentes mais pesados, tais que os componentes C_3^+ , a fração leve de topo compreende uma mistura mais pobre, desenriquecida daqueles componentes mais pesados, e deve ser liquefeita.

Cada sistema criogênico principal 200, 220' está associado com uma linha de descarga 95, 95' para a descarga do gás natural liquefeito.

Na Figura 1a, é apresentada uma modalidade genérica, em que cada um dos sistemas criogênicos principais 200, 200' está exclusivamente associado com uma das unidades de extração de líquidos de gás natural 100, 100'. Na Figura 1b, é apresentada uma modalidade genérica, em que as correntes de produto a partir das unidades de extração de líquidos do gás natural 100 e 100' nas respectivas linhas 127 e 127' são unidas e redistribuídas em um segundo distribuidor 44. Nesta modalidade, cada sistema criogênico 200 e 200' recebe, deste modo, partes da fração leve de topo vaporosa a partir de ambas as unidades de extração de líquidos de gás natural 100 e 100'.

Na Figura 1c, as unidades de extração de líquidos de gás natural 100 e 100' são colocadas a montante dos trocadores de calor final 2a1 e 2a2 do trem de trocador de calor de pré-resfriamento 1.

Com referência agora a uma modalidade mais detalhada, tal como apresentado na Figura 2, o trem de trocador de calor de pré-resfriamento pode compreender um trocador de calor de pré-resfriamento 2a, mas compreende, de modo adequado, um conjunto de dois ou mais trocadores de calor dispostos em série e/ ou paralelo, em que o refrigerante de pré-resfriamento é deixado evaporar em um ou mais níveis de pressão. Por razões de simplicidade, a seguir o trem do trocador de calor de pré-resfriamento 1 será ilustrado usando o trocador de calor de pré-resfriamento 2a final; o trocador de calor precedente 2b foi apenas indicado nas Figuras de modo

esquemático.

O trocador de calor de pré-resfriamento de gás natural 2a possui um lado quente mostrado, de modo esquemático, sob a forma de tubos 12, 12' tendo entradas 13, 13' para o gás natural e saídas 14, 14' para o gás natural pré-resfriado. Os tubos 12, 12' estão dispostos no lado frio 15, que pode ser um lado de alojamento 15, do trocador de calor de pré-resfriamento de gás natural 2a.

A instalação 10 de acordo com a invenção também compreende, de modo típico, um circuito refrigerante de pré-resfriamento 3. Não é necessário mencionar que o mesmo se aplica a outros trocadores de calor de pré-resfriamento presentes.

O circuito refrigerante de pré-resfriamento compreende um compressor de refrigerante de pré-resfriamento 31 tendo uma entrada 33 e uma saída 34. A saída 34 é conectada através de um conduto 35 a um resfriador 36, que pode ser um resfriador a ar ou um resfriador a água. O conduto 35 se estende através de um dispositivo de expansão, aqui provido sob a forma de uma válvula de estrangulamento para a entrada 39 do lado frio 15 do trocador de calor de pré-resfriamento de gás natural. A saída 40 do lado frio 15 está conectada, por meio de um conduto de retorno 41, à entrada 33 do compressor de refrigerante de pré-resfriamento 31.

De modo adequado, o circuito de refrigerante de pré-resfriamento 3 compreende quatro níveis de pressão para o pré-resfriamento da corrente de gás natural em dois ou três ou quatro estágios. A regulação do refrigerante de pré-resfriamento pode ser provida de acordo com a patente US 6.637.238, que é incorporada a esta a título referencial.

O distribuidor 4 possui uma linha de admissão 18 para receber o gás natural pré-resfriado no trocador de calor precedente 2b e as duas saídas 22 e 23. As duas saídas 22 e 23 do distribuidor 4 estão conectadas às entradas das duas laterais quentes paralelas no estágio de pré-resfriamento final 2a, de

tal modo que as correntes, que fluem através destas laterais paralelas, possam tocar calor contra o refrigerante de pré-resfriamento no circuito de refrigerante de pré-resfriamento 3.

Cada sistema criogênico principal 200, 200' contém um trocador de calor principal 5,5', e um circuito refrigerante principal 9,9'. Cada trocador de calor principal 5, 5' compreende um primeiro lado quente 25, 25' tendo uma primeira entrada 26, 26'. A entrada 26 do primeiro lado quente 25 está conectada à saída 14 do trocador de calor final 2a através da unidade de extração de líquidos 100, através dos condutos 27 e 127, e a entrada 26' do primeiro lado quente 25' está conectada à saída 14' através da unidade de extração de líquidos do gás natural 100' por meio dos condutos 27' e 127'. Cada primeiro lado quente 25, 25' possui uma saída 28, 28' no topo do trocador de calor principal 5, 5' para o gás natural liquefeito. O primeiro lado quente 25, 25' está localizado no lado frio 29, 29' do trocador de calor principal 5, 5', cujo lado frio 29, 29' possui uma saída 30, 30'.

Os trocadores de calor principais 5 e 5' estão, cada qual, associados com um circuito refrigerante de liquefação 9, respectivamente 9'. Cada circuito refrigerante de liquefação 9, 9' compreende um compressor de refrigerante de liquefação 50,50' tendo uma entrada 51, 51' e uma saída 52, 52'. A entrada 51, 51' está conectada, por meio do conduto de retorno 53, 53', à saída 30, 30' da do lado frio 29,29' do trocador de calor principal 5,5'. A saída 52, 52' está conectada, por meio do conduto 54, 54', a um resfriador 56, 56', que pode ser um resfriador a ar ou um resfriador a água, e o lado quente 57, 57' de um trocador de calor refrigerante 58, 58' a um separador 60, 60'. Cada separador 60 possui uma saída 61, 61' para o líquido em sua extremidade inferior e uma saída 62, 62' para o gás em sua extremidade superior.

Cada trocador de calor de refrigerante 58, 58' inclui um lado frio 85, 85' tendo uma entrada 139, 139' e uma saída 140, 140' para permitir

a entrada de um refrigerante auxiliar e a descarga do refrigerante auxiliar gasto. O lado frio 85 está incluído em um ciclo de refrigerante auxiliar, para o qual muitas opções são exeqüíveis, dentre as quais as que se seguem:

Uma opção é que o ciclo refrigerante auxiliar seja executado
5 como um ciclo paralelo, tal como exposto na patente US 6.389.844, incorporada a esta a título referencial, utilizando o compressor de refrigerante de pré-resfriamento 31 e o resfriador 36, em que a entrada 139, 139' está conectada a uma linha 37 através de um dispositivo de expansão, tal que uma válvula de estrangulamento, e a saída 140, 140' está conectada à linha 41. Em
10 uma outra opção, um circuito de refrigerante separado é provido, tal como exposto na publicação do pedido de patente US 2005/ 0005635, incorporado a esta a título referencial, utilizando qualquer compressor de refrigerante auxiliar para alimentar cada um dos trocadores de calor refrigerantes 58, 58' em paralelo, ou utilizando um compressor de refrigerante auxiliar dedicado
15 para cada trocador de calor de refrigerante 58, 58'. Em ainda uma outra opção, à qual faz-se referência nas Figuras 2 e 3 da patente US 6.389.844, já incorporada no presente relatório, o trocador de calor de pré-resfriamento natural 2a e os trocadores de calor 58 e 58', apresentados na Figura 2, são combinados em um trocador de calor integrado, de tal modo que os lados
20 quentes 57 e 57' sejam concretizados sob a forma de deixes de tubo quentes de pré-resfriamento 2a, 2b do trem de troca de calor de pré-resfriamento 1.

Em vez de um estágio, o trem do trocador de calor de pré-resfriamento integrado 1 pode compreender dois ou três ou mais estágios em série, tal como exposto com referência específica na Patente US 6.389.844, já
25 incluída a título referencial.

Cada circuito refrigerante de liquefação 9,9' inclui ainda um primeiro conduto 65, 65', que se estende a partir da saída 61, 61' para a entrada de um segundo lado quente 67, 67', que se estende a um ponto médio do trocador de calor principal 5, 5', um conduto 69, 69', um dispositivo de

expansão 70, 70' e um bocal de injeção 73, 73'.

Cada circuito refrigerante de liquefação 9,9' inclui ainda um segundo conduto 75, 75', que se estende a partir da saída 62, 62' para a entrada de um terceiro lado quente 77, 77', que se estende para o topo do trocador de calor principal 5,5', um conduto 79, 79', um dispositivo de
5 expansão 80, 80' e um bocal de injeção 83, 83'.

As duas unidades de extração de líquidos de gás natural 100 e 100' compreendem, cada qual, uma coluna de destilação 105, respectivamente 105'. A coluna de destilação 105, 105' é provida com uma entrada de coluna
10 de destilação 107, 107', que, na presente modalidade é, ao mesmo tempo, a entrada da unidade de extração, que é conectada ao trem do trocador de calor de pré-resfriamento. De modo específico, a entrada da coluna de destilação 107 está conectada à saída 14 do trocador de calor final 2a do trem 1 através do conduto 27, e a entrada da coluna de destilação 10' está conectada à saída
15 14' através do conduto 27'. As saídas da unidade de extração são providas sob a forma das linhas 127 e 127', respectivamente.

A coluna de destilação 105, 105' possui ainda uma saída de fração pesada 109, 109' para a descarga de um líquido separado a partir da corrente de gás natural previamente esfriada na linha correspondente 27, 27',
20 e uma saída de topo de fração leve 111, 111' para a descarga de um vapor separado a partir da corrente de gás natural previamente resfriada na linha correspondente 27, 27'.

Uma unidade de fracionamento (não mostrada), ou operando nas frações pesadas paralelas ou nas frações pesadas combinadas, pode ser
25 conectada a saída de fração pesada 109, 109'.

A coluna de destilação 105, 105', como mostrado na Figura 2, é provida apenas com uma seção de retificação. Embora não seja requerido por esta invenção, a coluna de destilação pode ser também provida com uma seção de retificação e de extração, através da adição de uma caldeira de

recozer para levar a temperatura à temperatura no fundo da coluna. Além disso, uma seção de absorvedor pode ser provida na coluna de destilação, se necessário. A coluna de destilação pode ser uma coluna de purificação.

Unidade de extração de líquidos de gás natural 100, 100'
5 compreende ainda uma unidade de trocador de calor de topo 113, 113' e um separador de topo 117, 117' sob a forma de um tambor de refluxo e de uma bomba de refluxo 119, 119'. O tambor de refluxo 117, 117' compreende uma saída de refluxo de líquido 121, 121' e uma saída de vapor 123, 123'.

A saída de topo de fração leve 111, 111' está conectada a um
10 lado quente 116, 116' da unidade de trocador de calor de topo 113, 113', da qual o lado frio 112, 112' pode ser exposto a uma corrente fria 115, 115'. A saída do lado quente do trocador de calor de topo 113, 113' está conectada ao tambor de refluxo 117, 117'. A saída de refluxo de líquido 121, 121' está conectada a um lado de sucção da bomba de refluxo 119, 119', cujo lado de
15 pressão está conectado a uma entrada de refluxo 125, 125', provida na coluna de destilação correspondente 105, 105'. A saída de vapor 123, 123' está conectada à linha 127, 127'.

De modo adequado, os circuitos refrigerantes principais 9 e 9'
são idênticos entre si e, deste modo são os trocadores de calor principais 5 e
20 5' e as unidades de extração de líquidos de gás natural 100 e 100'.

Durante a operação normal, o gás natural 90 é suprido ao trem do trocador de calor de pré-resfriamento 1 é pré-resfriado, de modo gradual, no trocador de calor 2b, é dividido no distribuidor 4 em pelo menos uma primeira e uma segunda subcorrentes de gás natural previamente resfriadas, e
25 suprido como as correntes paralelas 19, 19', através das entradas 13, 13', ao trocador de calor de pré-resfriamento de gás natural 2a. Normalmente, dependendo da composição do gás natural, o gás natural é parcialmente condensado no trem do trocador de calor de pré-resfriamento.

O refrigerante de pré-resfriamento é removido a partir da saída

40 do lado frio 15 do trocador de calor de pré-resfriamento de gás natural 2a, comprimido no compressor de refrigerante de pré-resfriamento 31 a uma temperatura elevada, condensado no condensador 36 e deixado se expandir no dispositivo de expansão 38 a uma baixa pressão. No lado frio 15, o refrigerante de pré-resfriamento expandido é deixado evaporar em baixa pressão e, deste modo, o calor é removido a partir do gás natural.

O gás natural pré-resfriado, removido a partir da saída 14 do trocador de calor 2a é passado através dos condutos 27, 27'. As quantidades de gás natural, que passam através dos condutos 27 e 27', são, de modo adequado, iguais entre si. Através dos condutos 27 e 27', as respectivas primeira e segunda correntes de gás natural previamente resfriadas são supridas às entradas 107 e 107' das unidades de extração de líquidos de gás natural 100 e 100'. Neste caso, cada uma das primeira e segunda subcorrentes de gás natural previamente resfriadas são alimentadas ao interior de suas respectivas colunas de destilação 105 e 105', onde elas são simultaneamente separadas, de modo típico através de destilação ou de purificação, em uma fração pesada, que compreende a parte condensada da subcorrente correspondente, e uma fração leve de topo vaporosa.

Dependendo da temperatura na coluna de destilação, a fração leve de topo vaporosa é desenriquecida de componentes C_3^+ , que incluem propano, e contém, de modo predominante, metano, e com frequência também componentes C_2 , que incluem etano e nitrogênio.

A corrente de topo leve vaporosa deixa coluna de destilação 105, 105' através de uma saída de topo de fração leve 111, 111', após o que ela é alimentada ao interior do lado quente 116, 116' do trocador de calor de topo 113, 113', onde ela é parcialmente condensada em uma corrente de topo parcialmente condensada, que compreende uma mistura de condensado leve e de vapor leve.

A corrente de topo parcialmente condensada é alimentada ao

tambor de refluxo 117, 17', onde o condensado leve é separado a partir do vapor leve. O condensado leve é extraído a partir do tambor de refluxo 117, 117' através da saída de refluxo de líquido 121, 121', e um refluxo de líquido frio é alimentado ao interior da coluna de destilação 105, 105'.

5 O vapor leve é extraído a partir da saída de vapor 123, 123' e alimentado às entradas 26 e 26' dos primeiros lados quentes 25 e 25' dos trocadores de calor principais 5 e 5'. No primeiro lado quente 25, 25', a fração de vapor leve a partir do gás natural é liquefeita e subresfriada. O gás natural subresfriado é removido através dos condutos 95 e 95'. O gás natural
10 subresfriado é passado a uma unidade para o tratamento adicional, algumas opções dos quais serão posteriormente discutidas neste relatório, e a tanques para o armazenamento do gás natural liquefeito (não mostrados).

O refrigerante principal é removido a partir da saída 30, 30' do lado frio 29, 29' do trocador de calor principal 5, 5', comprimido a uma
15 temperatura elevada no compressor de refrigerante de liquefação 50, 50'. O calor da compressão é removido no resfriador 56, 56' e o calor adicional é removido a partir do refrigerante principal no trocador de calor de refrigerante 58, 58', de modo a que seja obtido refrigerante parcialmente condensado. O refrigerante parcialmente condensado é então separado no separador 60, 60'
20 em uma fração líquida, pesada, e em uma fração gasosa, leve, cujas frações são adicionalmente resfriadas no segundo e no terceiro lados quentes 67, 67' e 77, 77', respectivamente, para a obtenção de frações liquefeitas e subresfriadas, em temperatura elevada. Os refrigerantes subresfriados são então deixados expandir em dispositivos de expansão 70, 70' e 80, 80', a uma
25 pressão mais baixa. Nesta pressão, o refrigerante é deixado evaporar no lado frio 29, 29' do trocador de calor principal 5, 5' para a remoção do calor a partir do gás natural, que passa através do primeiro lado frio, 25, 25'.

A corrente fria 115, 115', ou a corrente de refrigerante de topo 115, 115', requerida para condensador o refluxo de líquido a partir da fração

leve de topo vaporosa pode se originar a partir de qualquer fonte adequada. Por exemplo, ela pode ser alimentada com uma corrente de suspensão a partir do ciclo 3, ou ela pode ser integrada como um nível de pressão no ciclo 3.

Em alternativa, a corrente de refrigerante de topo 115, 115' pode ser alimentada com uma corrente de suspensão do refrigerante principal, por exemplo a partir da linha 65, 65'. Isto pode ser alcançado em uma arranjo, em que o lado frio 115, 115' do trocador de calor de topo está em comunicação fluida com pelo menos um dos pelo menos dois circuitos de refrigerante principais 9, 9'. Uma vantagem da troca de calor indireta da fração leve de topo vaporosa com o refrigerante principal em pelo menos um dos pelo menos dois circuitos de refrigerante principais 9, 9', é que a temperatura da corrente de gás natural pré-resfriado é tão baixa quanto possível, o que auxilia a alcançar uma extração de C_3^+ mais profunda na separação de líquidos de gás natural. Em adição, a temperatura da corrente de refluxo de líquido, que deixa a saída 121, 121' pode ser mais baixa, de modo a aumentar a recuperação de C_3^+ .

Outras opções são formadas através de qualquer combinação de duas ou mais das opções descritas para o resfriamento da fração leve de topo vaporosa, em particular uma combinação, que envolve a integração do lado quente 116, 116' em outro trocador de calor, seguida por uma unidade de trocador de calor de topo separada 113, 113', disposta a jusante daquela integrada.

Foi verificado que a temperatura do gás natural pré-resfriado está em torno de -25°C quando a potência de acionamento do compressor para cada um dos circuitos de refrigerante principais 9, 9' e a potência de acionamento do compressor para o circuito de refrigerante de pré-resfriamento 3 são iguais, e a instalação é operada em sua capacidade total. A pressão do gás natural pré-resfriado está, de modo típico, entre 40 e 60 bar. De modo preferido, a temperatura da corrente de refluxo de líquido está entre

-25°C e -65°C, de modo que quanto mais baixa a temperatura, mais componentes C_3^+ são separados a partir do gás natural pré-resfriado. De modo mais preferido, a temperatura da corrente de refluxo de líquido é inferior a -31°C. Uma recuperação de propano de 40 a 45% é exequível com uma temperatura de refluxo frio de -45°C, usando o refrigerante principal para o resfriamento de topo no trocador de calor de topo 113, 113'. Isso depende da pressão e da composição do gás.

Faz-se agora referência à Figura 3, que apresenta uma modalidade, que envolve um exemplo específico de utilização do refrigerante principal a partir de um dos circuitos de refrigerante principais 9, 9', para o resfriamento da fração leve de topo vaporosa, extraída a partir do separador de topo 117, 117'. O lado quente 116, 116' é integrado no trocador de calor principal. A figura 3 corresponde largamente à figura 2, mas em que as unidades de extração de líquidos de gás natural 100, 100' foram substituídas por uma modalidade alternativa de unidade de extração de líquidos de gás natural 110, 110'. Como a figura 3 corresponde à figura 2, ela não será novamente descrita, mas far-se-á referência geral, em vez disso, a partes correspondentes da figura 2.

Os trocadores de calor criogênicos principais 5, 5' foram substituídos por uma versão modificada 55, 55', em que o lado quente 25, 25' é dividido em uma parte a montante 24, 24' e uma parte a jusante 24a, 24a'.

Na modalidade alternativa, a saída de topo da fração leve 111, 111' está conectada à entrada 26, 26' da parte a montante correspondente 24, 24', através do conduto 126, 126'. A saída da parte a montante 24, 24' está conectada com o tambor de refluxo 117, 117' e a saída de vapor 123, 123' do tambor de refluxo 117, 117' está conectada à entrada correspondente da parte a jusante 24a, 24a' do lado quente 25, 25' através do conduto 127, 127'. Como no caso do trocador de calor principal 5, 5', a parte a jusante 24a, 24a' possui uma saída 28, 28' no topo do trocador de calor principal 55, 55' para o

gás natural liquefeito.

Durante a operação normal da modalidade alternativa, o frio requerido para a condensação do refluxo de líquido a partir da fração leve de topo vaporosa é provido pelo refrigerante principal.

5 Em outra modalidade (não mostrada) a unidade de extração de líquidos de gás natural, 100, 100' e/ ou 110, 110' e a separação das subcorrentes de gás natural parcialmente condensadas em uma fração pesada, que compreende a parte condensada da subcorrente correspondente, e uma fração leve de topo vaporosa, assume uma forma de acordo com as
10 modalidades da mesma, tal como exposto na publicação Internacional WO 2004/ 069384, incorporada a esta a título referencial. Em particular, o refluxo de líquido frio em tais modalidades é dividido em uma primeira e uma segunda correntes de refluxo, das quais a primeira é introduzida no topo da coluna de purificação e a segunda em um ponto médio.

15 Nas modalidades acima descritas, o refrigerante de pré-resfriamento é, de modo adequado, um refrigerante de componente único, tal que propano, ou uma mistura de componentes de hidrocarboneto ou outro refrigerante adequado usado em um ciclo de resfriamento por compressão ou em um ciclo de resfriamento por absorção. O refrigerante principal é, de
20 modo adequado, um refrigerante com múltiplos componentes, que compreende nitrogênio, metano, etano, propano e butano.

De modo adequado, os trocadores de calor refrigerantes 58 e 58' compreendem um conjunto de dois ou mais trocadores de calor dispostos em série, em que o refrigerante de pré-resfriamento é deixado evaporar em
25 um ou mais níveis de pressão.

Os trocadores de calor principais 5 e 5' e 55 e 55' podem apresentar qualquer configuração adequada, tal que um trocador de calor enrolado por bobina ou um trocador de calor de placa- aleta.

Nas modalidades conforme descritas com referências às

Figuras 2 e 3, os trocadores de calor principais 5, 5', 55, 55' m possuem um segundo e um terceiro lados quentes, 67, 67' e 77, 77', respectivamente. Em uma modalidade alternativa, o trocador de calor principal possui apenas um lado, no qual o segundo e o terceiro lados quentes são combinados. Neste caso, o refrigerante parcialmente condensado é suprido diretamente ao terceiro lado quente 77, 77', sem que seja separado em uma fração pesada, fração líquida, e uma fração leve, fração gasosa.

Os compressores 31, 50 e 50' podem ser compressores de vários estágios com inter-resfriamento, uma combinação de compressores em série com inter-resfriamento entre os dois compressores, e/ ou uma combinação de compressores em paralelo.

Os compressores 31, 50 e 50' no circuito refrigerante de pré-resfriamento 3 e os dois circuitos refrigerantes principais 9 e 91 podem ser acionados a turbina ou acionados a motor elétrico, ou acionados a turbina/motor elétrico combinados.

De modo adequado, a turbina (não- apresentada) no circuito refrigerante de pré-resfriamento é uma turbina vapor. Neste caso, de modo adequado, o vapor requerido para acionar a turbina a vapor é gerado com o calor liberado a partir do resfriamento da exaustão das turbinas a gás (não mostradas) dos circuitos refrigerante principais.

A presente invenção provê uma instalação expansível para a liquefação do gás natural, em que em um primeiro estágio um trem único é constituído com uma capacidade de liquefação de 100%, e em que, em um segundo estágio, o segundo trocador de calor principal e o segundo circuito refrigerante de liquefação, do mesmo tamanho que os primeiros, podem ser adicionados de modo a expandir a capacidade de liquefação a entre cerca de 140 e 160%, enquanto que os componentes C_3^+ do gás natural podem ser controlados.

Uma vantagem da presente invenção consiste em que as

condições de pré-resfriamento e de liquefação, por exemplo as composições do refrigerante, podem ser facilmente adaptadas, de tal modo que uma operação eficiente seja alcançada. Além disso, no caso em que um dos circuitos de liquefação tenham que ser retirado de operação, as condições
5 podem ser adaptadas de modo a que operem eficientemente com um trem de liquefação único.

Os cálculos mostraram, além disso, que a eficiência de liquefação (quantidade de gás liquefeito produzido por unidade de trabalho produzida pelo compressores) não é adversamente afetado pelo uso de um
10 circuito refrigerante de pré-resfriamento, que serve a dois circuitos refrigerantes principais.

A capacidade de liquefação pode ser ainda mais expandida através da provisão de pelo menos uma unidade de cintilação extrema conectada aos condutos de saída 95, 95' para o gás natural liquefeito. A figura
15 4 mostra uma modalidade de uma tal unidade de cintilação extrema, que pode ser adicionada a qualquer uma das instalações acima descrita. Cada conduto 95, 95' é conectado a um expansor de cintilação extrema e a uma válvula de estrangulamento 99, 99'. As extremidades de baixa pressão são descarregadas ao interior dos condutos 101, 101', que são ambos conectados a um separador
20 de gás de cintilação extrema 103.

De modo alternativo, a junção, onde o gás natural é liquefeito nos condutos 95 e 95', é combinada a montante de um expansor de cintilação extrema único (não mostrado).

O separador do gás de cintilação extrema é provido com uma
25 saída de gás de cintilação extrema 133 e uma saída de gás natural liquefeito 135. O separador de cintilação extrema pode ser também uma coluna de destilação ou uma coluna de extração, ou qualquer alternativa adequada para que seja alcançada uma eficiência de separação ótima entre o gás de cintilação e o gás natural liquefeito. Uma bomba opcional 137 pode ser provida de modo

a colocar o gás natural liquefeito em qualquer pressão desejada, antes de descarregá-lo na linha 138 para o transporte ou o armazenamento.

A saída do gás de cintilação 133 é conectada a um compressor 139. A saída sob alta pressão do compressor 139 é conectada a um resfriador 141, que pode ser um resfriador ambiente. A montante do compressor 139, é provido um trocador de calor 143, de modo a que seja capaz de reter o frio, que está presente no gás de cintilação extrema.

Durante a operação normal, a pressão no gás natural liquefeito é reduzida no expensor de cintilação extrema 97, 97' e na válvula de estrangulamento 99, 99', de modo preferido em condições atmosféricas ou próximas às atmosféricas. Esta expansão reduz a temperatura do gás natural liquefeito, e também do gás de cintilação extrema, que é formado no processo.

De modo típico, a temperatura é reduzida em aproximadamente 10°C quando cintilada a de 50 bar à pressão atmosférica. Devido à redução adicional da temperatura, mais gás natural liquefeito pode ser produzido com uma certa potência de resfriamento no trem de pré-resfriamento e nos sistemas criogênicos principais 200, 200'.

O gás de cintilação extrema é separado a partir do gás liquefeito no separador de gás de cintilação extrema 103.

O gás de cintilação extrema, que deixa o separador de gás de cintilação extrema 103 é comprimido a uma pressão, em que ele possa ser descarregado através da linha 145 para uso adicional, por exemplo como um gás combustível. O frio presente no gás de cintilação extrema pode ser retido através do trocador de calor 143, por exemplo de modo a resfriar previamente o refrigerante principal. Naquele caso, o trocador de calor 143 poderia ser incluído nos circuitos refrigerantes principais 9, 9'.

De modo a expandir ainda mais a capacidade da instalação, um circuito de realimentação de gás de cintilação pode ser provida, de tal modo

que parte do gás de cintilação extrema na linha 145 seja pelo menos parcialmente condensado e novamente injetado no gás natural liquefeito, a montante do separador de cintilação extrema 103. Para esse fim, o circuito de realimentação opcional pode ainda compreender um compressor adicional 147, do qual a extremidade de baixa pressão é conectada à linha 145. A extremidade de alta pressão do compressor adicional 147 é conectada a uma linha a montante do separador de gás de cintilação extrema, através consecutivamente de um resfriador adicional opcional 149, de um trocador de calor 143 e de um dispositivo de expansão, tal que uma válvula de estrangulamento 151.

Com a nova injeção opcional, os compressores adicionais 139 e 147 proporcionam pontos extras, em que a tarefa de resfriamento pode ser colocada no processo e a temperatura de resfriamento nos circuitos refrigerantes principais pode ser aumentada. Devido à tarefa de resfriamento extra adicionada deste modo, uma maior quantidade de gás natural líquido pode ser produzida. Os cálculos revelaram que uma capacidade de liquefação adicional de 4 a 5% pode ser alcançada com o sistema de cintilação extrema, incluindo o reciclo opcional.

Outros sistemas de cintilação extrema ou estendidos podem ser usados, em vez daqueles aqui descritos. É incluído, a título referencial, o sistema de cintilação extrema, tal como exposto na patente US 5.893.274.

Aquele versado na arte irá prontamente compreender que a presente invenção pode ser modificada, de muitos modos, sem que haja afastamento do escopo das reivindicações apenas.

REIVINDICAÇÕES

1. Instalação para a liquefação de gás natural, a instalação caracterizada pelo fato de que compreende, pelo menos:

5 - um trem de trocador de calor de pré-resfriamento, que compreende um trocador de calor final, opcionalmente precedido por um ou mais trocadores de calor, o trocador de calor final sendo provido com um circuito refrigerante de pré-resfriamento para a remoção de calor a partir da corrente de gás natural;

10 - um distribuidor para dividir a corrente de gás natural em pelo menos uma primeira e uma segunda subcorrentes de gás natural;

- pelo menos um primeiro e um segundo sistemas criogênicos principais, cada sistema compreendendo um trocador de calor principal tendo um primeiro lado quente tendo uma entrada disposta para receber respectivamente a primeira e a segunda subcorrentes de gás natural e uma
15 saída para o gás natural liquefeito, e cada sistema compreendendo um circuito refrigerante principal para a remoção de calor a partir do gás natural, que flui através do primeiro lado quente do trocador de calor principal correspondente;

em que o distribuidor está localizado a montante do trocador de calor final.

20 2. Instalação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende ainda:

- pelo menos duas unidades de extração de líquidos de gás natural, cada qual provida com uma entrada de unidade de extração, provida de modo a receber uma das subcorrentes de gás natural, e cada qual
25 compreendendo uma saída de fração pesada e uma saída de fração leve de topo;

- as saídas da fração leve de topo estando conectadas com as entradas dos sistemas criogênicos principais.

3. Instalação de acordo com a reivindicação 2, caracterizada

pelo fato de que cada uma das unidades de extração de líquidos de gás natural é provida com uma entrada de refluxo, disposta para receber um refluxo de líquido a partir de uma saída de refluxo de líquido de um separador de topo, cujo separador de topo é provido com uma entrada em comunicação fluida com a saída da fração leve de topo e uma saída de vapor em comunicação fluida com o trocador de calor criogênico principal correspondente.

4. Instalação de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que a montante do separador de topo, um trocador de calor de topo é provido para remover calor a partir da fração leve de topo, cujo lado frio do trocador de calor de topo está em comunicação fluida com pelo menos dois circuitos refrigerantes principais.

5. Instalação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o trocador de calor final compreende dois trocadores de calor paralelos, a instalação compreendendo ainda:

- pelo menos duas unidades de extração de líquidos de gás natural presentes a montante dos trocadores de calor final paralelos.

6. Instalação de acordo com uma ou mais das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que compreende ainda pelo menos uma unidade de cintilação extrema, conectada às saídas para o gás natural liquefeito de pelo menos dois trocadores de calor e compreendendo pelo menos uma saída para o gás de cintilação extrema e pelo menos uma saída para o gás natural liquefeito.

7. Instalação para a liquefação de gás natural de acordo com uma ou mais das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o distribuidor possui pelo menos duas saídas.

8. Método para a liquefação de uma corrente de gás natural, o método caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos:

(a) o pré-resfriamento da corrente de gás natural em um ou mais estágios, incluindo um estágio final em um trem de trocador de calor

contra um refrigerante de pré-resfriamento sendo reciclado em um circuito refrigerante de pré-resfriamento;

(b) dividir a corrente de gás natural em pelo menos uma primeira e uma segunda subcorrentes de gás natural;

5 (c) resfriamento adicional da primeira e da segunda subcorrentes de gás natural, obtidas no estágio (b), em condensação total contra um refrigerante principal, em pelo menos dois sistemas criogênicos principais, em que, em cada sistema criogênico principal, o refrigerante principal é reciclado em um circuito refrigerante principal; e

10 (d) extrair uma corrente de gás natural liquefeito a partir dos sistemas criogênicos principais;

em que a divisão da corrente de gás natural na primeira e segunda subcorrentes naturais, é efetuada a montante do estágio de pré-resfriamento final.

15 9. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a primeira e a segunda subcorrentes obtidas no estágio (b) são simultaneamente separadas em uma fração pesada líquida e uma fração leve de topo vaporosa, antes do resfriamento adicional da fração leve de topo vaporosa no estágio (c) em condensação total.

20 10. Método de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o resfriamento adicional no estágio (c) compreende condensar parcialmente cada uma das frações leves de topo, de modo a formar condensado leve e vapor leve, separar o condensado leve a partir do vapor leve, alimentar o condensado leve como um refluxo frio ao interior do estágio de separar simultaneamente cada uma das primeira e segunda subcorrentes de gás natural parcialmente condensada e adicionalmente resfriar o vapor leve em condensação total.

25

11. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a condensação parcial de cada uma das frações leves de topo

vaporosas compreende a troca de calor indireta com o refrigerante principal em pelo menos um de pelo menos dois circuitos refrigerantes principais.

12. Método de acordo com uma ou mais das reivindicações precedentes 8-11, caracterizado pelo fato de que a corrente de gás natural liquefeito, obtida no estágio (d) é subseqüentemente expandida, deste modo sendo obtida uma mistura, que compreende um gás natural liquefeito ainda mais resfriado e um vapor de cintilação, em que o vapor de cintilação é separado do gás natural liquefeito adicionalmente resfriado, comprimido, pelo menos parcialmente condensado, e novamente injetado na corrente de gás natural liquefeito a montante da separação do vapor de cintilação.

Fig. 1a.

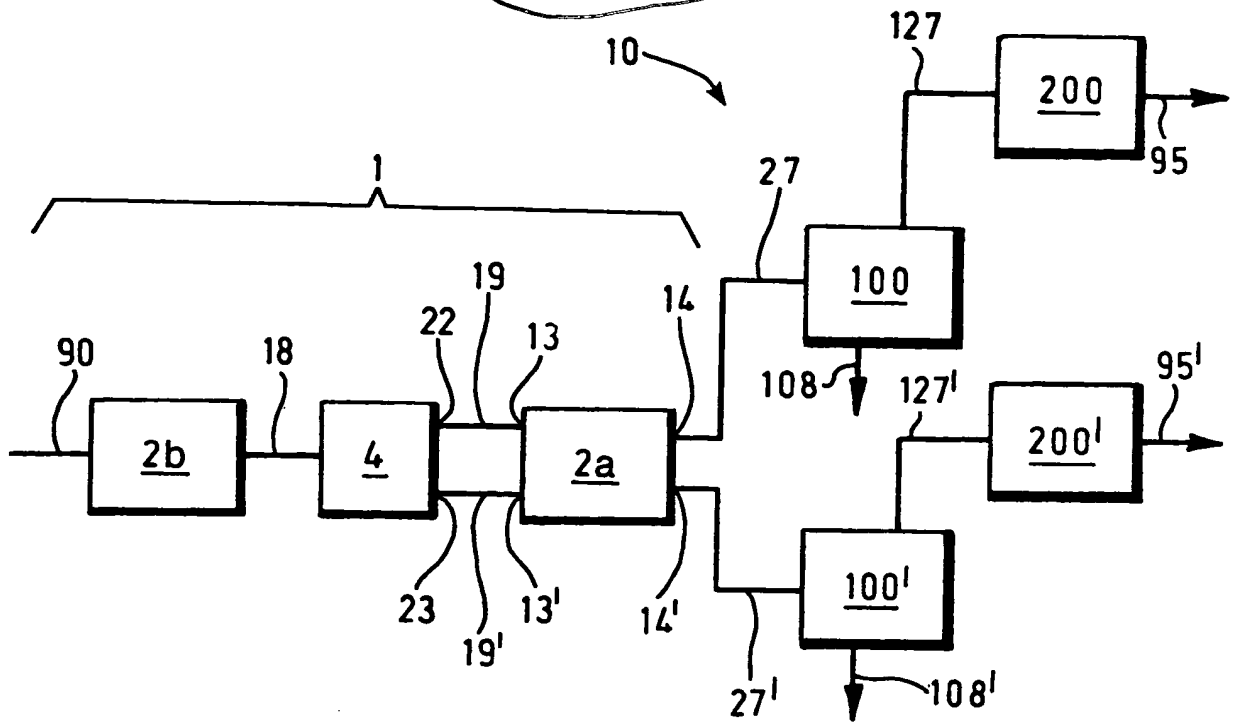


Fig. 1b.

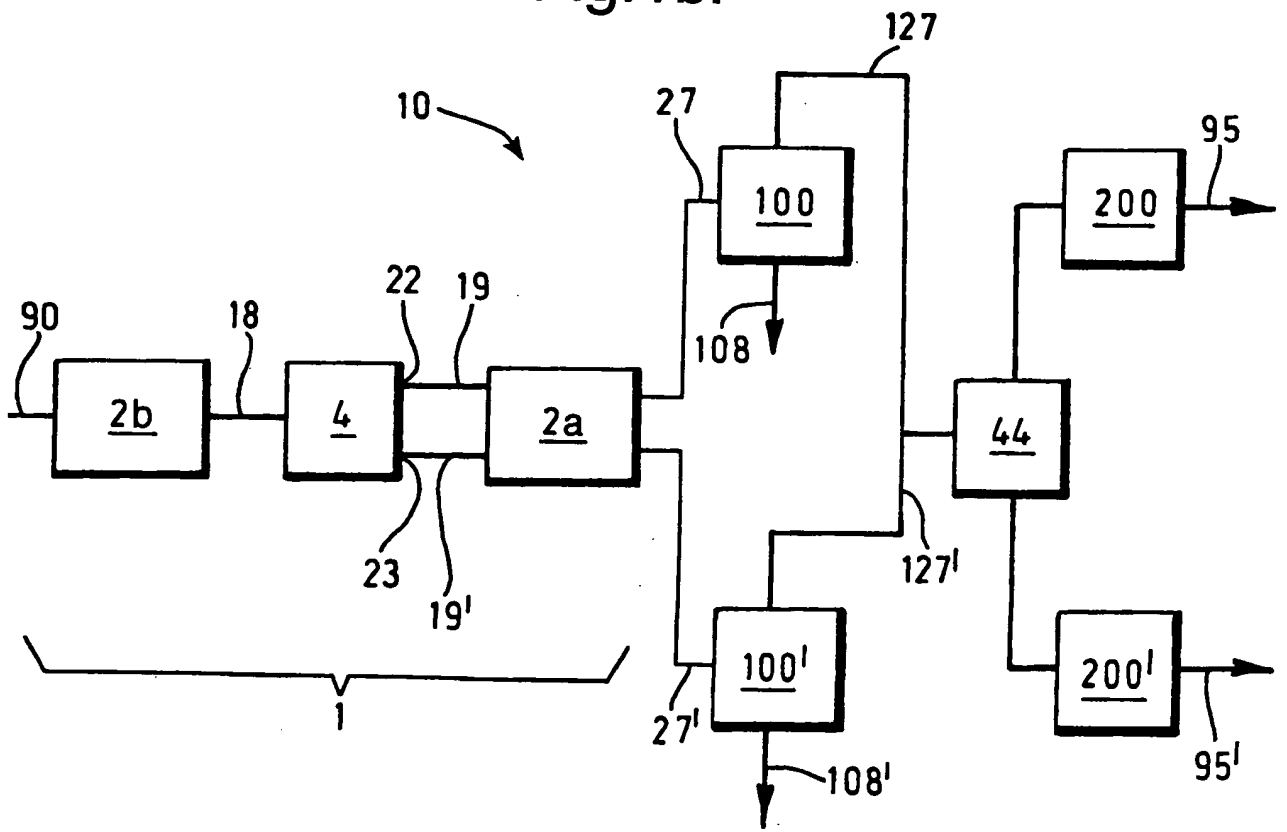


Fig. 1c.

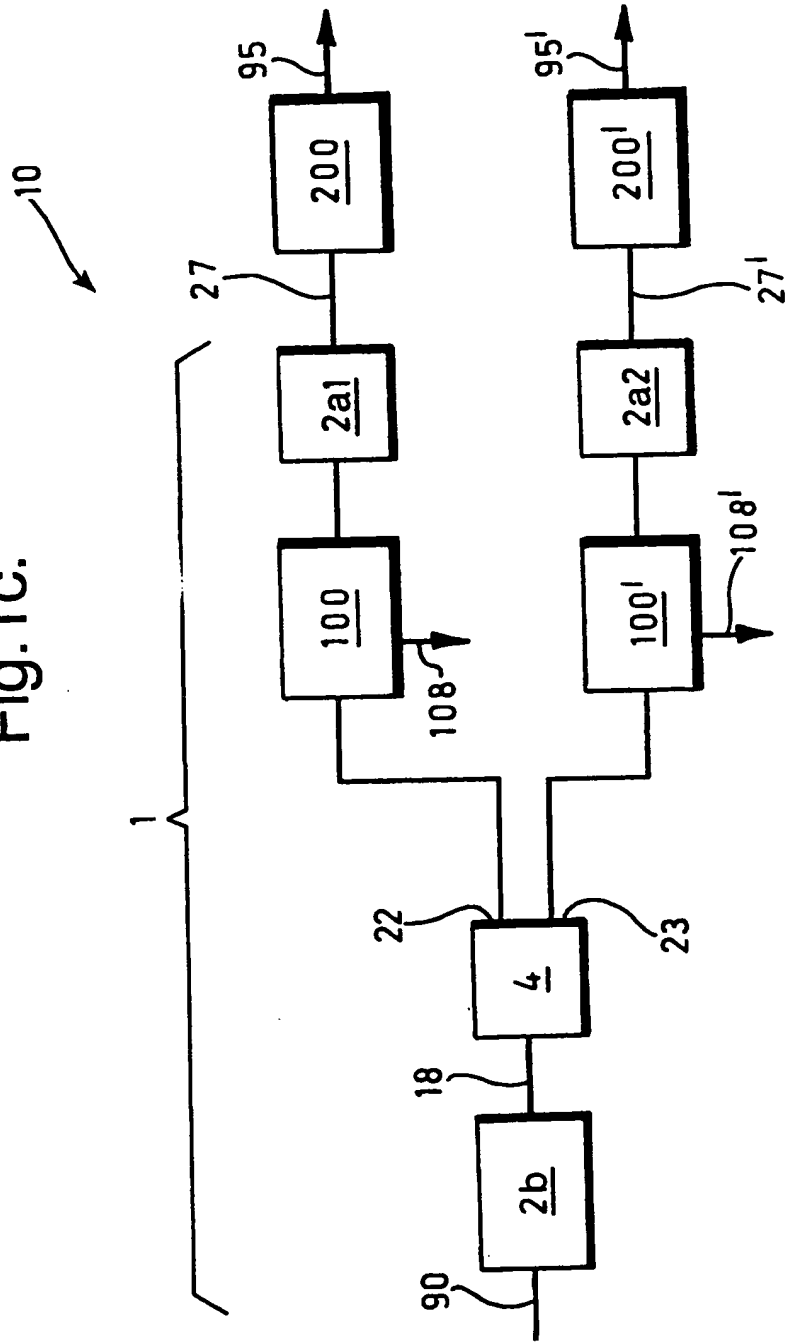
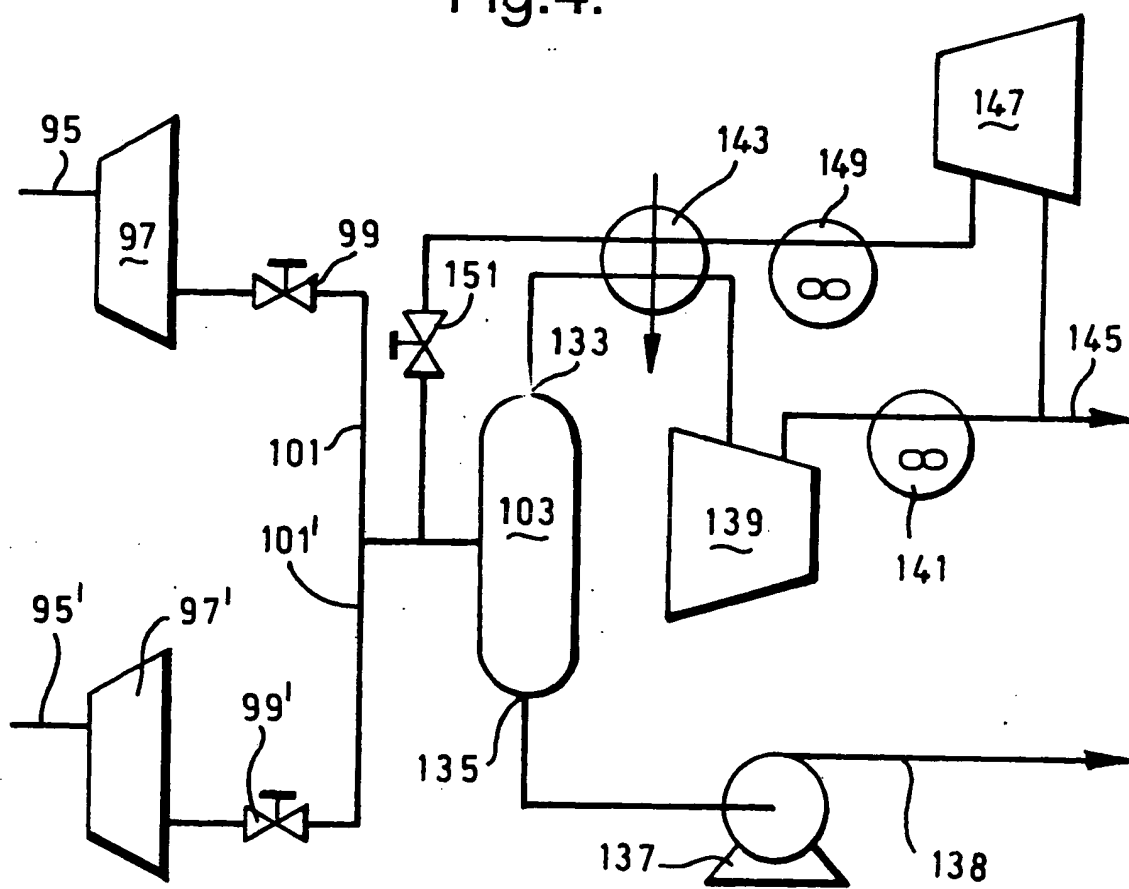


Fig.4.



RESUMO

“INSTALAÇÃO PARA A LIQUEFAÇÃO DE GÁS NATURAL, E, MÉTODO PARA A LIQUEFAÇÃO DE UMA CORRENTE DE GÁS NATURAL”

5 A presente invenção refere-se a uma instalação (10) para a
liquefação de gás natural (90), a instalação 10 compreendendo pelo menos:
um trem de trocador de calor de pré-resfriamento (1), que compreende um
trocador de calor final (2a) para resfriar a corrente de gás natural (90); um
distribuidor (4), localizado a montante do trocador de calor final para dividir a
10 corrente de gás natural (90) em pelo menos uma primeira e uma segunda
subcorrentes de gás natural; pelo menos um primeiro e um segundo sistemas
criogênicos principais (200, 200'), cada sistema (200, 200') compreendendo
uma saída para o gás natural liquefeito (95, 95').

A requerente apresenta novas vias das reivindicações para conformar o pedido com o Relatório Preliminar Internacional sobre Patenteabilidade.

REIVINDICAÇÕES

1. Instalação para a liquefação de gás natural, a instalação caracterizada pelo fato de que compreende, pelo menos:

5 - um trem de trocador de calor de pré-resfriamento, que compreende um trocador de calor final, precedido por um ou mais trocadores de calor, o trocador de calor final sendo provido com um circuito refrigerante de pré-resfriamento para a remoção de calor a partir da corrente de gás natural;

10 - um distribuidor para dividir a corrente de gás natural em pelo menos uma primeira e uma segunda subcorrentes de gás natural;

- pelo menos um primeiro e um segundo sistemas criogênicos principais, cada sistema compreendendo um trocador de calor principal tendo um primeiro lado quente tendo uma entrada disposta para receber respectivamente a primeira e a segunda subcorrentes de gás natural e uma
15 saída para o gás natural liquefeito, e cada sistema compreendendo um circuito refrigerante principal para a remoção de calor a partir do gás natural, que flui através do primeiro lado quente do trocador de calor principal correspondente;

em que o distribuidor está localizado a montante do trocador de calor final.

20 2. Instalação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende ainda:

- pelo menos duas unidades de extração de líquidos de gás natural, cada qual provida com uma entrada de unidade de extração, provida de modo a receber uma das subcorrentes de gás natural, e cada qual
25 compreendendo uma saída de fração pesada e uma saída de fração leve de topo;

- as saídas da fração leve de topo estando conectadas com as entradas dos sistemas criogênicos principais.

3. Instalação de acordo com a reivindicação 2, caracterizada

pelo fato de que cada uma das unidades de extração de líquidos de gás natural é provida com uma entrada de refluxo, disposta para receber um refluxo de líquido a partir de uma saída de refluxo de líquido de um separador de topo, cujo separador de topo é provido com uma entrada em comunicação fluida com a saída da fração leve de topo e uma saída de vapor em comunicação fluida com o trocador de calor criogênico principal correspondente.

4. Instalação de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que a montante do separador de topo, um trocador de calor de topo é provido para remover calor a partir da fração leve de topo, cujo lado frio do trocador de calor de topo está em comunicação fluida com pelo menos dois circuitos refrigerantes principais.

5. Instalação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o trocador de calor final compreende dois trocadores de calor paralelos, a instalação compreendendo ainda:

- pelo menos duas unidades de extração de líquidos de gás natural presentes a montante dos trocadores de calor final paralelos.

6. Instalação de acordo com uma ou mais das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que compreende ainda pelo menos uma unidade de cintilação extrema, conectada às saídas para o gás natural liquefeito de pelo menos dois trocadores de calor e compreendendo pelo menos uma saída para o gás de cintilação extrema e pelo menos uma saída para o gás natural liquefeito.

7. Instalação para a liquefação de gás natural de acordo com uma ou mais das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o distribuidor possui pelo menos duas saídas.

8. Método para a liquefação de uma corrente de gás natural, o método caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos:

(a) o pré-resfriamento da corrente de gás natural em um ou mais estágios, incluindo um estágio final em um trem de trocador de calor

contra um refrigerante de pré-resfriamento sendo reciclado em um circuito refrigerante de pré-resfriamento, em que o trem de trocador de calor compreende um trocador de calor final precedido por um ou mais trocadores de calor;

5 (b) dividir a corrente de gás natural em pelo menos uma primeira e uma segunda subcorrentes de gás natural;

(c) resfriamento adicional da primeira e da segunda subcorrentes de gás natural, obtidas no estágio (b), em condensação total contra um refrigerante principal, em pelo menos dois sistemas criogênicos principais, em que, em cada sistema criogênico principal, o refrigerante principal é reciclado em um circuito refrigerante principal; e

(d) extrair uma corrente de gás natural liquefeito a partir dos sistemas criogênicos principais;

em que a divisão da corrente de gás natural na primeira e segunda subcorrentes naturais, é efetuada a montante do estágio de pré-resfriamento final.

9. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a primeira e a segunda subcorrentes obtidas no estágio (b) são simultaneamente separadas em uma fração pesada líquida e uma fração leve de topo vaporosa, antes do resfriamento adicional da fração leve de topo vaporosa no estágio (c) em condensação total.

10. Método de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o resfriamento adicional no estágio (c) compreende condensar parcialmente cada uma das frações leves de topo, de modo a formar condensado leve e vapor leve, separar o condensado leve a partir do vapor leve, alimentar o condensado leve como um refluxo frio ao interior do estágio de separar simultaneamente cada uma das primeira e segunda subcorrentes de gás natural parcialmente condensada e adicionalmente resfriar o vapor leve em condensação total.

11. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a condensação parcial de cada uma das frações leves de topo vaporosas compreende a troca de calor indireta com o refrigerante principal em pelo menos um de pelo menos dois circuitos refrigerantes principais.

5 12. Método de acordo com uma ou mais das reivindicações precedentes 8-11, caracterizado pelo fato de que a corrente de gás natural liquefeito, obtida no estágio (d) é subsequente e expandida, deste modo sendo obtida uma mistura, que compreende um gás natural liquefeito ainda mais resfriado e um vapor de cintilação, em que o vapor de cintilação é
10 separado do gás natural liquefeito adicionalmente resfriado, comprimido, pelo menos parcialmente condensado, e novamente injetado na corrente de gás natural liquefeito a montante da separação do vapor de cintilação.