



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

(21) **PI 1100950-0 A2**

(22) Data de Depósito: 11/03/2011
(43) Data da Publicação: 07/08/2012
(RPI 2170)



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

(54) Título: PROCESSO PARA LIQUEFAZER UMA FRAÇÃO RICA EM HIDROCARBONETO

(30) Prioridade Unionista: 11/03/2010 DE 10 2010 011 052.3

(73) Titular(es): LINDE AKTIENGESELLSCHAFT

(72) Inventor(es): Bauer Heinz, Hans Schmidt

(57) Resumo: PROCESSO PARA LIQUEFAZER UMA FRAÇÃO RICA EM HIDROCARBONETO. A presente invenção refere-se a um processo para liquefazer uma fração rica em hidrocarboneto (A), especialmente gás natural, por a) liquefazer a fração rica em hidrocarboneto (A) contra a mistura refrigerante de um circuito de resfriamento, b) comprimir a mistura refrigerante em pelo menos dois estágios (C1, C2), c) condensar, parcialmente, (E1) a mistura refrigerante comprimida (2) pelo menos a jusante do penúltimo estágio do compressor (C1), d) comprimir (C2) a fração de gás de ebulição mais baixa (2') obtida para a pressão final, e) enquanto resfriando (E) a primeira fração líquida de ebulição mais alta (3) obtida, expandi-la (a) para realizar resfriamento e vaporizá-la (E) contra a fração rica em hidrocarboneto (A) a ser resfriada, f) parcialmente condensar (E2) a fração de mistura refrigerante (4) comprimida para a pressão final e separar a primeira fração de gás de ebulição mais baixa (5) obtida, depois da condensação parcial (E), em uma segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7) e uma segunda fração líquida de ebulição mais alta (6), e g) liquefazer e sub-resfriar (E) a segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7), sub-resfriar (E) a segunda fração líquida de ebulição mais alta (6) e expandir as duas frações para níveis de temperatura diferentes para realizar o resfriamento (b, c), e parcialmente aquecer e pelo menos parcialmente vaporizá-las (E) contra a fração rica em hidrocarboneto (A) a ser resfriada. De acordo com a invenção, a composição da mistura refrigerante é selecionada de tal maneira que o ponto de ebulição final (ponto de condensação) da segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7) está a uma temperatura mais baixa do que o ponto de ebulição inicial da primeira fração líquida de ebulição mais alta (3).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO PARA LIQUEFAZER UMA FRAÇÃO RICA EM HIDROCARBONETO**".

A presente invenção refere-se a um processo para liquefazer uma fração rica em hidrocarboneto, especialmente gás natural, por

- 5 a) liquefazer a fração rica em hidrocarboneto contra a mistura refrigerante de um circuito de resfriamento,
- b) comprimir a mistura refrigerante em pelo menos dois estágios,
- c) condensar parcialmente a mistura comprimida refrigerante
10 pelo menos a jusante do penúltimo estágio do compressor,
- d) comprimir a fração de gás de ebulição inferior obtida para a pressão final,
- e) enquanto resfriando a primeira fração de ebulição mais alta obtida, expandi-la para realizar o resfriamento e vaporização contra a fração
15 rica em hidrocarboneto a ser resfriada,
- f) condensar parcialmente a fração de mistura refrigerante comprimida para a pressão final e separar a primeira fração de gás de ebulição mais baixa obtida, depois da condensação parcial, em uma segunda fração de ebulição de gás mais baixa e uma segunda fração de ebulição de
20 gás mais alta, e
- g) liquefazer e sub-resfriar a segunda fração de ebulição de gás mais baixa, sub-resfriando a segunda fração de ebulição de gás mais alta e expandindo as duas frações para níveis de temperaturas diferentes para realizar o resfriamento, e parcialmente aquecer e, pelo menos, parcialmente
25 vaporizá-las contra a fração rica em hidrocarboneto a ser resfriada.

Um processo deste tipo para liquefazer uma fração rica em hidrocarboneto é conhecido, por exemplo, a partir do Pedido de Patente Alemã 197 22 490. Tais processos para liquefazer a fração rica em hidrocarbonetos são empregados, por exemplo, em instalações de liquefação de gás
30 natural com um desempenho de liquefação entre 10 000 e 3 000 000 t/a de LNG. Com a citação do Pedido de Patente Alemã 197 22 490, o conteúdo do mesmo é incorporado em sua totalidade no conteúdo da descrição do pre-

sente pedido.

No processo de liquefação descrito com referência à figura 2 do pedido de Patente Alemã 197 22 490, a mistura refrigerante, no curso da compressão de multiestágios da mesma, é parcialmente condensada depois de cada estágio de compressor, tipicamente contra o ar e/ou água ambiente. Uma primeira fase líquida obtida, em um estágio intermediário, é usada para pré-resfriar a fração rica em hidrocarboneto a ser liquefeita. O primeiro gás obtido em uma pressão mais alta é de maneira semelhante parcialmente condensado e separado em uma segunda fase de gás e uma segunda fase líquida. A segunda fase de gás é liquefeita, descomprimida e depois parcialmente vaporizada em contracorrente para a fração rica em hidrocarboneto a ser liquefeita. A segunda fase líquida expandida, que está de maneira semelhante presente em forma bifásica, é adicionada a este fluxo de mistura refrigerante parcialmente vaporizada. A primeira fase líquida acima mencionada é, depois da expansão da mesma, adicionada, de maneira semelhante em forma bifásica, para o fluxo de mistura acima mencionado da segunda fase de gás e segunda fase líquida.

Na prática, descobriu-se que misturando os dois fluxos refrigerantes bifásicos tem boa controlabilidade técnica em que é chamado de vaporização decrescente, pois tem lugar, por exemplo, do lado de fora dos trocadores de calor espiralados helicilmente. No caso de elevar a vaporização, como é tipicamente implementado em trocadores de placa de calor, a bifasicidade dos dois fluxos a serem misturados, entretanto, pode levar a problemas. Desde que tais misturas de fluxos bifásicos em um trocador de placa de calor não sejam tecnicamente controláveis no presente, os dois fluxos bifásicos são misturados em um frasco fora do trocador de calor e separados em uma fase de gás e uma fase líquida. Uma vez que a fase líquida tem que ser alimentada a partir deste frasco para o trocador de calor com um gradiente, a condução de pelo menos um fluxo bifásico através de uma linha ascendente entre o trocador de calor e o frasco é inevitável. De acordo com a variação da carga, isto pode levar, no entanto, para formas de fluxo instáveis não desejadas e, como um resultado, a uma operação interrompida.

É um objetivo da presente invenção especificar um processo do tipo geral para liquefazer uma fração rica em hidrocarboneto, que evita as desvantagens acima mencionadas.

Para solucionar este problema, um processo é proposto para li-
5 quefazer uma fração rica em hidrocarboneto, caracterizado pelo fato de que a composição da mistura refrigerante é selecionada de tal modo que o ponto de ebulição final (ponto de condensação) da segunda fração de gás de ebulição mais baixa está em uma temperatura inferior àquela do ponto de ebulição inicial da primeira fração líquida de ebulição mais alta.

10 De acordo com a invenção, a primeira fração líquida de ebulição mais alta agora não é adiciona à segunda fração de gás de ebulição mais baixa até depois da completa vaporização da mesma. Este procedimento distribui com a provisão de uma linha de subida bifásica, descrita no início, entre o trocador de calor e o frasco.

15 Configurações adicionalmente vantajosas do processo, de acordo com a invenção, para liquefazer uma fração rica em hidrocarboneto, que são os sujeitos das reivindicações independentes, são caracterizadas pelo fato de que

- a diferença de temperatura entre o ponto de ebulição final da
20 segunda fração de gás de ebulição mais baixa e o ponto de ebulição inicial da primeira fração líquida de ebulição mais alta é, pelo menos, 5 K, preferivelmente pelo menos 10 K,

- a segunda fração líquida de ebulição mais alta é vaporizada
separadamente da primeira fração líquida de ebulição mais alta e a segunda
25 fração de gás de ebulição mais baixa,

- a primeira fração líquida de ebulição mais alta e a segunda fra-
ção de gás de ebulição mais baixa, não são combinadas até depois de terem
elas sido vaporizadas com a segunda fração líquida de ebulição mais alta,

- pelo menos um subfluxo da segunda fração de gás de ebulição
30 mais baixa resfriada é adicionado à segunda fração líquida de ebulição mais alta expandida,

- a primeira fração líquida de ebulição mais alta expandida e a

segunda fração de gás de ebulição mais baixa vaporizada são misturadas fora do(s) trocador(es) de calor requerido(s) para a troca de calor entre a fração rica em hidrocarboneto a ser liquefeita e o circuito de resfriamento, preferivelmente em um separador, a segunda fração de gás de ebulição mais baixa vaporizada sendo suprida para o separador em forma monofásica,

- a fração líquida obtida na condensação parcial da fração de mistura refrigerante comprimida para a pressão final sub-resfria a primeira fração líquida de ebulição mais alta.

Os processos, de acordo com a invenção, para liquefazer uma fração rica em hidrocarboneto e ainda configurações da mesma, estão explicados em detalhes de agora em diante com referência ao exemplo de trabalho mostrado na **figura**.

A figura mostra um processo de liquefação de gás natural em que o gás natural a ser liquefeito é alimentado através da linha A para um trocador de calor E, liquefeito contra um circuito de resfriamento, e depois extraído através da linha B e enviado para uso adicional ou armazenamento do mesmo. A figura não mostra nenhuma etapa de pré-tratamento a ser provida para o gás natural a ser liquefeito, ou qualquer remoção de nitrogênio e/ou C_{2+} hidrocarbonetos a serem providos.

A mistura refrigerante a ser comprimida no circuito de resfriamento é suprida através da linha 1 para um primeiro separador D1, que é conectado a montante da unidade do compressor C1/C2 e serve para remover condensado. A fase de gás obtida no topo do separador D1 é alimentada através da linha 1' para o primeiro estágio do compressor C1 e comprimida para uma pressão intermediária que está tipicamente entre 1,5 e 3,5 MPa (15 e 35 bar). A mistura refrigerante comprimida é parcialmente condensada no trocador de calor E1 e alimentada através da linha 2 para um segundo separador D2. A primeira fração líquida de ebulição mais alta extraída do fundo do separador D2 através da linha 3, é resfriada no trocador de calor E, descomprimida para realizar o resfriamento na válvula A e depois adicionada através da linha 3' para a fração de resfriamento na linha 8, que

será discutida em mais detalhes abaixo. Em uma configuração vantajosa da invenção, a fração expandida 3' e a fração refrigerante 8 podem também ser misturadas fora do trocador de calor E. Neste caso, um separador deverá ser provido, para o qual as duas frações acima mencionadas são supridas, a
5 fração refrigerante 8 sendo suprida em forma monofásica.

A fase de gás extraída do separador D2 através da linha 2' é comprimida no segundo estágio do compressor C2 para a pressão final desejada, que é tipicamente entre 2,5 e 7 MPa (25 e 70 bar). A mistura refrigerante comprimida para a pressão final é parcialmente condensada no trocador de calor E2 e alimentada através da linha 4 para um separador adicional
10 D3.

A fase líquida obtida no separador D3 é reciclada através da linha 4' a montante do segundo separador D2. Apropriadamente, existe uma troca de calor entre as fases líquidas nas linhas 3 e 4' no trocador de calor E3, que preferivelmente serve para sub-refrigerar a fase líquida 3 extraída do
15 fundo do separador D2.

Através da linha 5, uma primeira fração de gás de ebulição mais baixa é extraída no topo do separador D3. Esta é parcialmente condensada no trocador de calor E e, depois, suprida para um separador adicional D4
20 através da linha 5'. Uma separação é efetuada naquele lugar em uma segunda fração líquida de ebulição mais alta 6 e uma segunda fração de gás de ebulição mais baixa 7. A segunda fração líquida 6 é suprida para o trocador de calor E, sub-resfriada naquele lugar e depois expandida para realizar o resfriamento na válvula b. Através das seções de linha 6' e 10, a fração de
25 líquido expandida é alimentada novamente para o trocador de calor E ou passada por ele.

A segunda fração de gás 7 obtida no topo do separador D4 é, de maneira semelhante, primeiro liquefeita e depois sub-resfriada no trocador de calor E. Depois de ter sido extraída do trocador de calor E, esta fração é
30 dividida em dois subfluxos 8 e 9. Ambos os subfluxos são expandidos para realizar o resfriamento na válvula c ou d. Enquanto um subfluxo é conduzido via linha 8 através do trocador de calor E e é vaporizado no trocador de calor

contra o fluxo rico em hidrocarboneto a ser liquefeito, um subfluxo adicional da fração líquida já mencionada pode ser adicionada na linha 6'. Esta adição melhora a controlabilidade do desempenho de temperatura e resfriamento do fluxo 10, dessa maneira reduzindo o consumo de energia, e/ou serve para estabelecer condições de processo na remoção de nitrogênio e/ou hidrocarbonetos de C_{2+} da fração rica em hidrocarboneto A a ser liquefeita.

Como mostrado pela figura, a segunda fração líquida de ebulição mais alta expandida 6' é vaporizada separadamente da primeira fração líquida de ebulição mais alta expandida 3', e a segunda fração de gás de ebulição mais baixa expandida 8. Essa vaporização separada é efetuada em canais de fluxo separados do trocador de calor E. As frações acima mencionadas são dessa maneira não misturadas até a extremidade quente do trocador de calor E, quando essas frações são completamente vaporizadas. A vaporização separada leva a um ligeiro aumento no consumo de energia do processo de liquefação de até 3%; no entanto, isto pode ser aceito em vista da operabilidade melhorada do processo de liquefação.

O processo de acordo com a invenção para liquefazer uma fração rica em hidrocarboneto agora permite um fluxo bifásico não desejado se originar, o qual foi explicado no início, fora do trocador de calor a ser evitado. A operação interrompida causada até agora pelo fluxo bifásico pode, consequentemente, ser recusada.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para liquefazer uma fração rica em hidrocarboneto (A), especialmente gás natural,
- 5 a) liquefazendo uma fração rica em hidrocarboneto (A) contra uma mistura refrigerante de um circuito de resfriamento,
- b) comprimindo a mistura refrigerante em pelo menos dois estágios (C1, C2),
- c) parcialmente condensando (E1) a mistura refrigerante comprimida (2) pelo menos a jusante do penúltimo estágio do compressor (C1),
- 10 d) comprimindo (C2) a fração de gás de ebulição mais baixa (2') obtida para a pressão final,
- e) enquanto resfriando (E) a primeira fração líquida de ebulição mais alta (3) obtida, expandindo-o (a) para realizar resfriamento e vaporizando-o (E) contra a fração rica em hidrocarboneto (A) a ser resfriada,
- 15 f) parcialmente condensando (E2) a fração de mistura refrigerante (4) comprimida para a pressão final e separando a primeira fração de gás de ebulição mais baixa (5) obtida, depois da condensação parcial (E), em uma segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7) e uma segunda fração líquida de ebulição mais alta (6), e
- 20 g) liquefazendo e sub-resfriando (E) a segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7), sub-resfriando (E) e a segunda fração líquida de ebulição mais alta (6) e expandindo as duas frações para níveis de temperatura diferentes para realizar o resfriamento (b, c), e parcialmente aquecendo e pelo menos parcialmente vaporizando-os (E) contra a fração rica em hidrocarboneto (A) a ser resfriada,
- 25 **caracterizada pelo fato de que** a composição da mistura refrigerante é selecionada de tal maneira que o ponto de ebulição final (ponto de condensação) da segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7) está em uma temperatura mais baixa do que o ponto de ebulição inicial da primeira
- 30 fração líquida de ebulição mais alta (3).
2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a diferença de temperatura entre o ponto de ebulição final

da segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7) e o ponto de ebulição inicial da fração líquida de ebulição mais alta (3) é pelo menos 5 K, preferivelmente pelo menos 10 K.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que a segunda fração líquida de ebulição mais alta (6, 6') é vaporizada (E) separadamente da primeira fração líquida de ebulição mais alta (3, 3') e da segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7).

4. Processo, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a primeira fração líquida de ebulição mais alta (3) e a segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7) não são combinadas até depois de terem sido vaporizadas com a segunda fração líquida de ebulição mais alta (6).

5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes 1 a 4, caracterizado pelo fato de que pelo menos um subfluxo (9) da segunda fração de gás de ebulição mais baixa resfriada (7) é adicionado à (b) segunda fração líquida de ebulição mais alta expandida (6, 6').

6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a primeira fração líquida de ebulição mais alta expandida (3, 3') e a segunda fração de gás de ebulição mais baixa vaporizada (7, 8) são misturadas fora do(s) trocador(es) de calor (E) requeridos para a troca de calor entre a fração rica em hidrocarboneto (A) a ser liquefeita e o circuito de resfriamento, preferivelmente em um separador, a segunda fração de gás de ebulição mais baixa vaporizada (7, 8) sendo suprida para o separador em forma monofásica.

7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a fração líquida (4') obtida na condensação parcial (E2) da fração de mistura refrigerante (4) comprimida para os sub-refrigerados de pressão final (E3) da primeira fração líquida de ebulição mais alta (3).

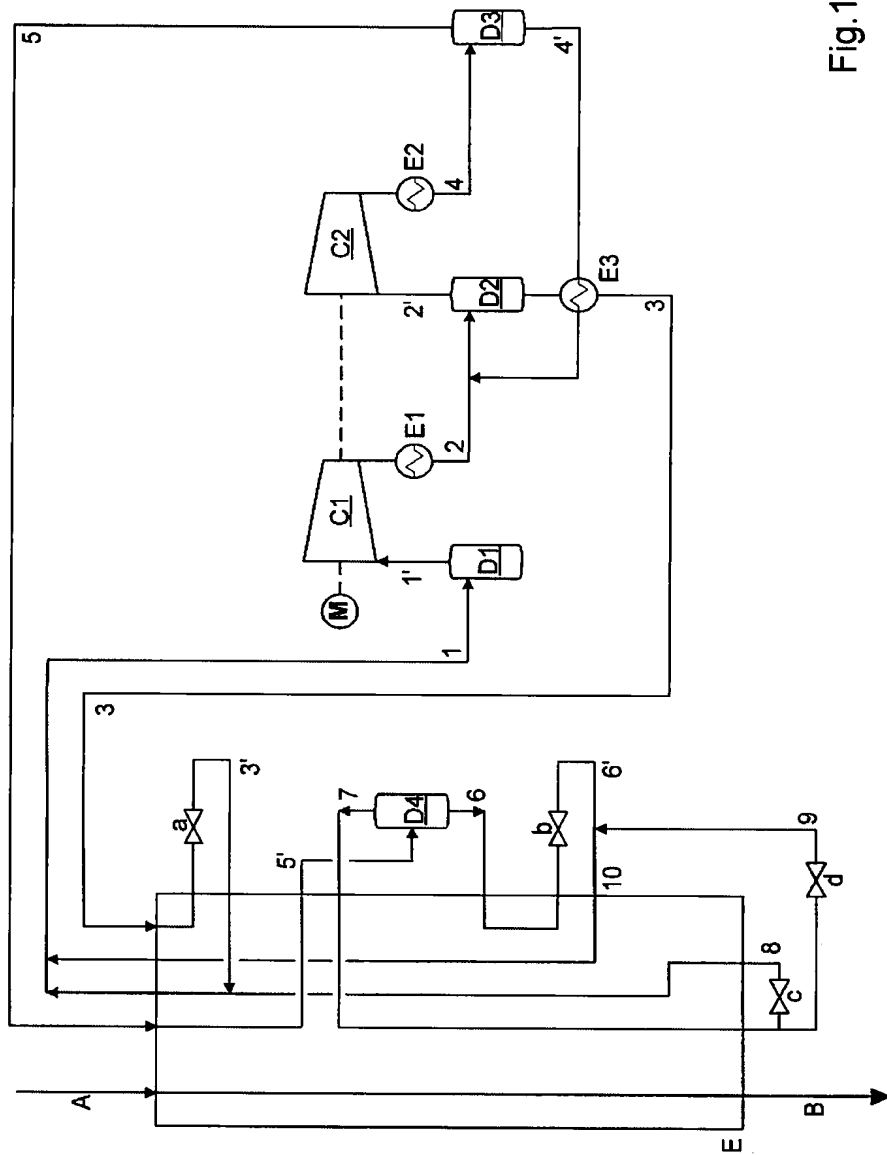


Fig.1

RESUMO

Patente de Invenção: **"PROCESSO PARA LIQUEFAZER UMA FRAÇÃO RICA EM HIDROCARBONETO"**.

A presente invenção refere-se a um processo para liquefazer
5 uma fração rica em hidrocarboneto (A), especialmente gás natural, por

a) liquefazer a fração rica em hidrocarboneto (A) contra a mistura refrigerante de um circuito de resfriamento,

b) comprimir a mistura refrigerante em pelo menos dois estágios (C1, C2),

10 c) condensar, parcialmente, (E1) a mistura refrigerante comprimida (2) pelo menos a jusante do penúltimo estágio do compressor (C1),

d) comprimir (C2) a fração de gás de ebulição mais baixa (2') obtida para a pressão final,

e) enquanto resfriando (E) a primeira fração líquida de ebulição
15 mais alta (3) obtida, expandi-la (a) para realizar resfriamento e vaporizá-la (E) contra a fração rica em hidrocarboneto (A) a ser resfriada,

f) parcialmente condensar (E2) a fração de mistura refrigerante (4) comprimida para a pressão final e separar a primeira fração de gás de ebulição mais baixa (5) obtida, depois da condensação parcial (E), em uma
20 segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7) e uma segunda fração líquida de ebulição mais alta (6), e

g) liquefazer e sub-resfriar (E) a segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7), sub-resfriar (E) a segunda fração líquida de ebulição mais alta (6) e expandir as duas frações para níveis de temperatura diferentes para realizar o resfriamento (b, c), e parcialmente aquecer e pelo menos
25 parcialmente vaporizá-las (E) contra a fração rica em hidrocarboneto (A) a ser resfriada.

De acordo com a invenção, a composição da mistura refrigerante é selecionada de tal maneira que o ponto de ebulição final (ponto de condensação) da segunda fração de gás de ebulição mais baixa (7) está a uma
30 temperatura mais baixa do que o ponto de ebulição inicial da primeira fração líquida de ebulição mais alta (3).