



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Numéro de publication: **0 535 752 B1**

12

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

49 Date de publication du fascicule du brevet: **22.11.95** 51 Int. Cl.⁶: **F25J 3/02**

21 Numéro de dépôt: **92203009.3**

22 Date de dépôt: **30.09.92**

54 Procédé de liquéfaction de gaz naturel.

30 Priorité: **30.09.91 FR 9112007**

43 Date de publication de la demande:
07.04.93 Bulletin 93/14

45 Mention de la délivrance du brevet:
22.11.95 Bulletin 95/47

84 Etats contractants désignés:
BE DE ES FR GB IT NL

56 Documents cités:
EP-A- 0 178 207
FR-A- 2 128 674
US-A- 4 657 571

73 Titulaire: **COMPAGNIE FRANCAISE D'ETUDES
ET DE CONSTRUCTION "TECHNIP"**
Immeuble TECHNIP - La Défense 6,
170 Place Henri Régnault,
Cédex 23
F-92400 Courbevoie (FR)

72 Inventeur: **Paradowski, Henri**
32 rue Serpente
F-95000 Cergy Pontoise (FR)

74 Mandataire: **Durand, Yves Armand Louis et al**
CABINET WEINSTEIN
20, Avenue de Friedland
F-75008 Paris (FR)

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention concerne un procédé de liquéfaction de gaz naturel comportant la séparation d'hydrocarbures plus lourds que le méthane.

5 Le gaz naturel et les autres courants gazeux riches en méthane sont couramment disponibles en des sites éloignés des lieux d'utilisation, et il est donc courant de liquéfier le gaz naturel afin de le transporter par terre ou par mer. La liquéfaction est largement pratiquée à l'heure actuelle et la littérature et les brevets décrivent de nombreux procédés et appareils de liquéfaction. Les brevets US-A-3945 214, 4251 247, 4274 849, 4339 253 et 4539 028 sont des exemples de tels procédés.

10 Il est également connu de fractionner les courants d'hydrocarbures légers, renfermant par exemple du méthane et au moins un hydrocarbure supérieur tel que éthane à hexane ou supérieur, par cryogénie.

Ainsi le brevet US-A-4690 702 décrit un procédé dans lequel la charge d'hydrocarbures sous pression élevée (P_1) est refroidie de manière à provoquer la liquéfaction d'une partie des hydrocarbures, on sépare une phase gazeuse (G_1) d'une phase liquide (L_1), on détend la phase gazeuse (G_1) pour abaisser sa pression à une valeur (P_2) plus basse que (P_1), on envoie la phase liquide (L_1) et la phase gazeuse (G_1) sous la pression (P_2) dans une première zone de fractionnement, par exemple une colonne de purification - réfrigération par contact, on soutire en tête un gaz résiduaire (G_2) riche en méthane dont on élève ensuite la pression à une valeur (P_3), on soutire en fond une phase liquide (L_2), on envoie la phase (L_2) dans une seconde zone de fractionnement, par exemple une colonne de fractionnement, on soutire en fond une phase liquide (L_3), enrichie en hydrocarbures supérieurs par exemple $C_3 +$, on soutire en tête une phase gazeuse (G_3), on condense au moins une partie de la phase gazeuse (G_3) et on envoie au moins une partie de la phase liquide condensée résultante (L_4) comme alimentation supplémentaire en tête de la première zone de fractionnement. Dans ce procédé, la seconde zone de fractionnement fonctionne à une pression (P_4) supérieure à la pression de la première zone de fractionnement, par exemple 0,5 MPa pour la première zone et 0,66 MPa pour la seconde zone.

Avantageusement, dans le procédé précité, la détente de G_1 se fait dans un turbodétendeur qui transmet au moins une partie de l'énergie recueillie à un turbocompresseur qui élève la pression de G_2 jusqu'à la valeur P_3 .

L'intérêt d'un tel procédé est de recueillir, avec un rendement élevé, des condensats tels que C_3 , C_4 , essence, etc... qui sont des produits de valeur.

On a déjà proposé d'associer une unité de fractionnement de gaz naturel à une unité de liquéfaction, de manière à pouvoir recueillir à la fois du méthane liquide et des condensats tels que C_3 , C_4 et/ou supérieurs. De telles propositions sont faites par exemple dans US-A-3 763 658 et US-A-4 065 278, l'unité de liquéfaction pouvant être d'un type conventionnel.

35 La difficulté à surmonter, dans ce type d'installation, est d'obtenir un coût de fonctionnement réduit. En particulier, il est inévitable de recueillir le gaz recomprimé sous une pression (P_3) plus faible que celle (P_1) sous laquelle il se trouvait initialement, à moins de consommer de l'énergie supplémentaire. Or la liquéfaction ultérieure du méthane est d'autant plus aisée que sa pression est plus élevée.

Il y a donc place dans la technique pour un procédé économique de fractionnement d'hydrocarbures du gaz naturel et liquéfaction subséquente du méthane.

Le procédé de l'invention se distingue, pour sa partie fractionnement, du procédé de US-A-4 690 702, en ce que les pressions mises en oeuvre dans les zones de fractionnement sont plus élevées que celles précédemment utilisées et en ce que la seconde zone de fractionnement opère sous une pression plus faible que la première zone de fractionnement.

45 Par ailleurs, le brevet US-A-4 657 571 révèle un procédé correspondant au préambule de la revendication 1.

Selon l'invention, la charge gazeuse d'hydrocarbures renfermant du méthane et au moins un hydrocarbure plus lourd que le méthane, sous pression P_1 , est refroidie en une ou plusieurs étapes de manière à former au moins une phase gazeuse G_1 , on détend la phase gazeuse G_1 pour abaisser sa pression de la valeur P_1 à une valeur P_2 plus basse que P_1 , on envoie le produit de la détente sous pression P_2 dans une première zone de fractionnement par contact, on soutire en tête un gaz résiduaire G_2 enrichi en méthane, on soutire en fond une phase liquide L_2 , on envoie la phase liquide L_2 dans une seconde zone de fractionnement par distillation opérant sous une pression P_4 plus basse que la pression P_2 de la première zone de fractionnement, on soutire en fond de celle-ci au moins une phase liquide L_3 , enrichie en hydrocarbures plus lourds que le méthane, on soutire en tête une phase gazeuse G_3 et on le renvoie à la première zone de fractionnement comme reflux.

Selon la caractéristique de l'invention, on condense au moins une partie de la phase gazeuse G_3 , pour produire une phase condensée L_4 et on élève la pression d'au moins une partie de la phase condensée L_4 .

qu'on envoie à la première zone de fractionnement comme reflux et on refroidit ensuite davantage le gaz résiduaire G_2 sous une pression au moins égale à P_2 ; dans une zone de liquéfaction du méthane, de manière à obtenir un liquide riche en méthane.

A titre d'exemple, le gaz est initialement disponible sous une pression P_1 d'au moins 5 MPa, de préférence au moins 6 MPa.

Lors de la détente, on amène utilement sa pression à une valeur P_2 telle que $P_2 = 0,3$ à $0,8 P_1$, P_2 étant choisi par exemple entre 3,5 et 7 MPa, de préférence entre 4,5 et 6 MPa. La pression P_4 de la seconde zone de fractionnement est avantageusement telle que $P_4 = 0,3$ à $0,9 P_2$, P_4 ayant une valeur comprise par exemple entre 0,5 et 4,5 MPa, de préférence entre 2,5 et 3,5 MPa.

Plusieurs modes de réalisation peuvent être mis en oeuvre.

Selon un mode de réalisation préféré, la détente de G_1 se fait dans un ou plusieurs turbodétendeurs accouplé(s) à un ou plusieurs turbocompresseur(s) qui recomprime(nt) le gaz résiduaire G_2 de la pression P_2 à une pression P_3 .

Selon un autre mode de réalisation préféré, au cours du refroidissement initial du gaz, on forme au moins une phase liquide L_1 en plus de la phase gazeuse G_1 , et on envoie la phase liquide L_1 , après détente, dans ladite première zone de fractionnement par contact.

Selon une autre variante, on condense en totalité la phase gazeuse G_3 et on envoie une partie à la seconde zone de fractionnement comme reflux interne et le complément à la première zone de fractionnement comme reflux. Pour arriver à ce résultat, on peut agir sur le rebouilleur de la première zone de fractionnement, de manière à contrôler le rapport C_1/C_2 de la phase liquide L_3 .

Si le refroidissement de la phase G_3 n'est pas suffisant pour condenser totalement cette phase, ce qui est préféré, on peut compléter la condensation en comprimant davantage, avec refroidissement subséquent ladite phase G_3 .

L'invention est illustrée par la figure jointe. Le gaz naturel de la conduite 1 traverse un ou plusieurs échangeurs 2, par exemple du type à propane ou mélange liquide C_2/C_3 , et avantageusement un ou plusieurs échangeurs utilisant des fluides froids du procédé. De préférence, le fluide froid provient par la ligne 5 de la première colonne de contact 7. Le gaz, qui est ici partiellement liquéfié, est fractionné dans le ballon 4 en liquide acheminé à la colonne 7 par la ligne 6 équipée d'une vanne V_1 et en gaz acheminé par la ligne 8 au turbodétendeur 9. La détente provoque une liquéfaction partielle du gaz et le produit de la détente est envoyé par la ligne 10 à la colonne 7. Cette colonne est d'un type classique, par exemple à plateaux ou à garnissage. Elle comporte un circuit de rebouillage 11. L'effluent liquide du fond de colonne est détendu par la vanne 12 et envoyé par la ligne 13 à la colonne 14. Cette colonne, qui fonctionne à pression plus basse que la colonne 7, possède un rebouilleur 15. L'effluent liquide, enrichi en hydrocarbures supérieurs au méthane, par exemple $C_3 +$, sort par la ligne 16. En tête, les vapeurs sont condensées en partie ou totalité dans le condensateur 17. La phase liquide résultante est renvoyée au moins en partie à la colonne 14 comme reflux par la ligne 18. La phase gazeuse (ligne 19 et vanne V_2) est condensée ensuite, de préférence en totalité, par refroidissement de préférence dans l'échangeur 20 alimenté par au moins une partie du gaz résiduaire de tête de la colonne 7 (lignes 21 et 22).

En variante, la vanne V_2 est fermée si la totalité de la phase vapeur a été condensée dans 17. La vanne V_3 est ouverte et c'est alors la phase liquide qui est envoyée vers la colonne 7 par la ligne 19a. On peut aussi ouvrir les 2 vannes V_2 et V_3 et envoyer ainsi une phase mixte.

La phase liquide résultant du refroidissement dans l'échangeur 20 passe dans le ballon 23, la pompe de recompression 24 et retourne à la colonne 7 par la ligne 25 comme reflux. Si la condensation dans l'échangeur 20 n'est pas totale, ce qui est moins préféré, le gaz résiduel peut être évacué par la ligne 26. Le gaz résiduaire issu de la tête de la colonne 7 par la ligne 21, dans la forme de réalisation précitée, passe par l'échangeur 20 avant d'être envoyé au turbocompresseur 27 par les lignes 28 et 29. Le turbocompresseur est entraîné par le turbodétendeur 9.

Selon une variante, une partie au moins du gaz résiduaire de la ligne 21 est envoyé par la ligne 30 à l'échangeur 3 pour refroidir le gaz naturel. Il rejoint alors le turbocompresseur 27 par les lignes 5 et 29.

Dans une autre variante non-représentée, le gaz résiduaire (ligne 21) passe successivement dans les échangeurs 20 et 3, ou inversement, avant de rejoindre le turbocompresseur 27.

D'autres arrangements peuvent être prévus, ainsi que le comprendront les spécialistes, permettant d'assurer le refroidissement nécessaire au gaz des lignes 1 et 19. On peut par exemple envoyer directement le gaz de la ligne 21 au compresseur 27 par la ligne 31 et assurer différemment le refroidissement des échangeurs 3 et 20.

Après recompression dans le turbocompresseur 27, le gaz est envoyé par la ligne 32, pouvant comporter un ou plusieurs échangeurs non-représentés, à une unité conventionnelle de liquéfaction du méthane, représentée ici de façon simplifiée. Il traverse un premier échangeur de refroidissement 33, puis

la vanne de détente V_4 et un second échangeur de refroidissement 34 où s'achèvent la liquéfaction et le sous-refroidissement. Le circuit frigorigène, de type conventionnel ou perfectionné (on peut par exemple utiliser le circuit de US-A-4 274 849) est schématisé ici par l'emploi d'un fluide multi-composants par exemple un mélange d'azote, de méthane, éthane et propane, initialement à l'état gazeux (ligne 35), qui est comprimé par un ou plusieurs compresseurs tels que 36, refroidi par le milieu extérieur, air ou eau, dans un ou plusieurs échangeurs tels que 37, refroidi davantage dans l'échangeur 38, par exemple par du propane ou un mélange C_2/C_3 liquide. Le mélange partiellement condensé parvient au ballon 40 par la ligne 39. La phase liquide passe par la ligne 41 dans l'échangeur 33, est détendue par la vanne 42 et retourne vers la ligne 35 en traversant l'échangeur 33 où elle se réchauffe en refroidissant les courants 32 et 41. La phase vapeur du ballon 40 (ligne 43) traverse les échangeurs 33 et 34, où elle est condensée, puis est détendue dans la vanne 44 et traverse les échangeurs 34 et 33 par les lignes 45 et 35.

Sous forme résumée, la liquéfaction du méthane est réalisée par mise en contact indirect avec une ou plusieurs fractions d'un fluide multicomposants en cours de vaporisation et circulant en circuit fermé comprenant une compression, un refroidissement avec liquéfaction donnant un ou plusieurs condensats et la vaporisation desdits condensats constituant ledit fluide multicomposants.

A titre d'exemple non limitatif, on traite un gaz naturel ayant la composition suivante, en % molaire :

Méthane	90,03
Ethane	5,50
Propane	2,10
$C_4 - C_6$	2,34
Mercaptans	0,03
	<u>100,00</u>

sous une pression de 8 MPa.

Après refroidissement par du propane liquide et par l'effluent de tête de la colonne 7, le gaz parvient au ballon 4 à la température de -42°C . La phase liquide est envoyée par la ligne 6 à la colonne 7, et la phase gazeuse détendue par le turbodétendeur jusqu'à 5 MPa. La phase liquide collectée (ligne 13) à la température de $+25^\circ\text{C}$ est détendue jusqu'à 3,4 MPa dans la vanne 12 puis fractionnée dans la colonne 14 qui reçoit le reflux de la ligne 18. Cette colonne 14 a une température de fond de 130°C et une température tête de -13°C .

Le gaz rédisuaire sort de la colonne 7 à -63°C et il est dirigé en partie vers l'échangeur 3 et en partie vers l'échangeur 20. Après recompression dans 27 utilisant uniquement l'énergie du turbodétendeur 9, la pression du gaz est de 5,93 MPa. Ce gaz, dont la température est de -28°C , présente la composition molaire % suivante :

Méthane	93,90
Ethane	5,51
Propane	0,53
$C_4 - C_6$ Mercaptans inférieur à 10 ppm	0,06
	<u>100,00</u>

Ce courant représente 95,88% molaire du courant de charge de l'installation.

On constate que l'installation a permis d'éliminer la quasi-totalité des mercaptans du gaz à liquéfier.

La liquéfaction a lieu comme suit :

Le gaz est refroidi et condensé jusqu'à -126°C dans un premier faisceau de l'échangeur de chaleur 33 puis détendu jusqu'à 1,4 MPa et sous-refroidi dans un second faisceau de l'échangeur de chaleur 34 jusqu'à -160°C . De là il est envoyé au stockage.

Le fluide réfrigérant a la composition molaire suivante :

N2	7%
Méthane	38%
Ethane	41%
Propane	14%

Ce fluide est comprimé jusqu'à 4,97 MPa, refroidi à 40 °C dans un échangeur à eau 37, puis refroidi jusqu'à -25 °C dans les échangeurs représentés schématiquement par 38 au contact indirect d'un mélange liquide C_2/C_3 , puis fractionné dans le séparateur 40 en donnant les phases liquide 41 et gazeuse 43. La phase gazeuse est condensée et refroidie à -126 °C dans un second faisceau de l'échangeur 33 puis sous-refroidie jusqu'à -160 °C dans un faisceau de l'échangeur 34. Après détente à 0,34 MPa, elle sert à refroidir le gaz naturel et revient au compresseur 36 après avoir traversé la calandre de chacun des échangeurs 34 et 33 et avoir reçu le courant liquide de la ligne 41 qui a traversé la vanne 42 après avoir été sous-refroidi à -126 °C dans 33.

A l'entrée du compresseur (ligne 35), la pression est de 0,3 MPa et la température de -28 °C.

A titre de comparaison, toutes choses sensiblement égales par ailleurs, quand on fait fonctionner la colonne 7 à 3,3 MPa avec une température de +1 °C en fond et -64 °C en tête et la colonne 14 à 3,5 MPa, avec une température de 131 °C en fond et -11,7 °C en tête, c'est-à-dire dans des conditions qui se déduisent de l'enseignement du brevet US-A-4 690 702, déjà nommé, la pression du gaz à la sortie du turbocompresseur 27 atteint seulement 5,33 MPa, et la température -24 °C, ce qui est beaucoup moins avantageux pour la liquéfaction subséquente et nécessitera une dépense d'énergie nettement plus importante.

Revendications

1. Procédé de liquéfaction de gaz naturel, dans lequel on refroidit ledit gaz renfermant du méthane et un hydrocarbure plus lourd que le méthane sous une pression P_1 , de manière à former au moins une phase gazeuse G_1 , on détend la phase gazeuse G_1 pour abaisser sa pression et amener celle-ci à une valeur P_2 plus basse que P_1 , on envoie le produit de la détente sous pression P_2 dans une première zone de fractionnement par contact, on soutire en tête un gaz résiduaire G_2 enrichi en méthane, on soutire en fond une phase liquide L_2 , on envoie la phase liquide L_2 dans une seconde zone de fractionnement par distillation opérant sous une pression P_4 plus basse que la pression P_2 de la première zone de fractionnement, on soutire en fond de ladite seconde zone du fractionnement au moins une phase liquide L_3 , enrichie en hydrocarbures plus lourds que le méthane, on soutire en tête de ladite seconde zone de fractionnement une phase gazeuse G_3 et on la renvoie à la première zone de fractionnement comme reflux, caractérisé en ce qu'on effectue ledit renvoi en condensant au moins une partie de la phase gazeuse G_3 pour produire une phase condensée L_4 et en élevant la pression d'au moins une partie de la phase condensée L_4 qu'on envoie à la première zone de fractionnement comme reflux, et en ce qu'on refroidit ensuite davantage le gaz résiduaire G_2 sous une pression au moins égale à P_2 , dans une zone de liquéfaction du méthane, de manière à obtenir un liquide riche en méthane.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on effectue la détente de la phase gazeuse G_1 dans un turbodétendeur et on effectue une élévation de pression du gaz résiduaire de la valeur P_2 à une valeur P_3 dans un turbocompresseur et on utilise l'énergie fournie par la détente pour actionner le turbocompresseur.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la pression P_1 est d'au moins 5 MPa, la pression P_2 est telle que $P_2 = 0,3$ à $0,8 P_1$ avec P_2 entre 3,5 et 7 MPa, et la pression P_4 est telle que $P_4 = 0,3$ à $0,9 P_2$, avec P_4 entre 0,5 et 4,5 MPa.
4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel P_1 est au moins égal à 6 MPa, P_2 est entre 4,5 et 6 MPa et P_4 est entre 2,5 et 3,5 MPa.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel au moins une partie du gaz résiduaire G_2 échange de la chaleur avec le gaz naturel pour contribuer au refroidissement de celui-ci, avant élévation de la pression dudit gaz G_2 de P_2 à P_3 .
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel au moins une partie du gaz résiduaire G_2 échange de la chaleur avec au moins une partie de la phase gazeuse G_3 pour refroidir celle-ci et produire la phase condensée L_4 .
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la liquéfaction du méthane est réalisée par mise en contact indirect avec une ou plusieurs fractions d'un fluide multicomposants en

cours de vaporisation et circulant en circuit fermé comprenant une zone de compression, une zone de refroidissement avec liquéfaction donnant un ou plusieurs condensats, et une zone de vaporisation desdits condensats pour reconstituer ledit fluide multicomposants.

- 5 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel, au cours du refroidissement initial du gaz, on forme au moins une phase liquide L_1 en plus de la phase gazeuse G_1 , et on envoie la phase liquide L_1 , après détente, dans ladite première zone de fractionnement.
- 10 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel on condense en totalité la phase gazeuse G_3 et on envoie une partie à la seconde zone de fractionnement comme reflux interne et le complément à la première zone de fractionnement comme reflux.

Claims

- 15 1. Method for liquefying natural gas, according to which said gas including methane and a hydrocarbon heavier than the methane under a pressure P_1 , is cooled in view to form at least a gaseous phase G_1 , one decreases the pressure of the gaseous phase G_1 to lower its pressure and to bring it to a value P_2 which is smaller than P_1 , one sends the product of the pressure decrease at a pressure P_2 in a first zone of fractionation by contact, one draws off at the head a rest gas G_2 enriched with methane, one
20 draws off at the bottom a liquid phase L_2 , one sends the liquid phase L_2 in a second zone for fractionation by distillation working at a pressure P_4 lower than the pressure P_2 of the first fractionation zone, one draws off at the bottom of the second fractionation zone at least a liquid phase L_3 enriched with hydrocarbons which are heavier than the methane, one draws off at the head of the second fractionation zone a gaseous phase G_3 and send it back to the first fractionation zone as flow back,
25 characterized in that one performs said flow-back by condensating at least a part of the gaseous phase G_3 in view to produce a condensated phase L_4 and by increasing the pressure of at least a part of the condensated phase L_4 one sends as flow-back to the first fractionation zone, and in that one cools then further the residual gas G_2 at a pressure at least equal to P_2 , in a methane liquefaction zone, in view to get a liquid enriched with methane.
- 30 2. Method according to claim 1, wherein one performs the pressure decrease of the gaseous phase G_1 in a turbo pressure reducing means and performs the pressure increase of the residual gas from the value P_2 to a value P_3 in a turbocompressor and uses the energy furnished by the pressure decrease for actioning the turbocompressor.
- 35 3. Method according to claim 1 or 2, wherein the pressure P_1 is at least equal to 5 MPa, the pressure P_2 is such that $P_2 = 0.3$ to $0.8 P_1$ with P_2 between 3.5 and 7 MPa, and the pressure P_4 is such that $P_4 = 0.3$ to $0.9 P_2$, with P_4 between 0.5 and 4.5 MPa.
- 40 4. Method according to claim 3, wherein P_1 is at least equal to 6 MPa, P_2 being between 4.5 and 6 MPa and P_4 being between 2.5 and 3.5 MPa.
- 45 5. Method according to any of claims 1 to 4, wherein at least a part of the residual gas G_2 exchanges heat with the natural gas in view to contribute to the cooling thereof, before the increase of the pressure of the gas G_2 from P_2 to P_3 .
- 50 6. Method according to any of claims 1 to 5, wherein at least a part of the residual gas G_2 exchanges heat with at least a part of the gaseous phase G_3 for cooling the same and produce the condensed phase L_4 .
- 55 7. Method according to any of claims 1 to 6, wherein the liquefying of the methane is performed by putting into indirect contact with one or a multitude of fractions of a multicomponent fluid during the vaporization and circulation in a closed circuit comprising a compression zone, a cooling zone with liquefaction producing one or a multitude of condensates and a vaporization zone of said condensates for reconstituting said multicomponent fluid.
8. Method according to any of claims 1 to 7, wherein during the initial cooling of the gas, one forms at least one liquid phase L_1 supplementary to the gaseous phase G_1 and sends the liquid phase L_1 after

pressure decrease in said first fractionation zone.

9. Method according to any of claims 1 to 8, wherein one condenses completely the gaseous phase G_3 and sends a part thereof to the second fractionation zone as internal flow-back and the complement to the first fractionation zone as flow-back.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verflüssigung von Erdgas, bei dem das genannte Gas, das Methan und Kohlenwasserstoffe, die schwerer sind als das Methan unter einem Druck P_1 enthält, abkühlt, um wenigstens eine Gasphase G_1 zu bilden, die Gasphase G_1 entspannt wird, um seinen Druck zu senken und diesen auf einen Wert P_2 , der kleiner ist als P_1 , zu bringen, das Produkt der Entspannung unter dem Druck P_2 in eine erste Zone zur Fraktionierung durch Kontakt gesandt wird, am Kopf ein mit Methan angereichertes Restgas G_2 abgezogen wird, am Boden eine Flüssigkeitsphase L_2 abgezogen wird, die Flüssigkeitsphase L_2 in eine zweite Zone zur Fraktionierung durch Distillation, die unter einem Druck P_4 erfolgt, der kleiner ist als der Druck P_2 der ersten Fraktionierungszone, gesandt wird, man am Boden der genannten zweiten Fraktionierungszone wenigstens eine Flüssigkeitsphase L_3 entnimmt, die an Kohlenwasserstoffen, die schwerer sind als das Methan, angereichert ist, man am Kopf der genannten zweiten Fraktionierungszone eine Gasphase G_3 entnimmt und diese in die erste Fraktionierungszone als Rückfluß zurückgesandt wird, dadurch gekennzeichnet, dass man die genannte Zurücksendung ausführt, indem wenigstens ein Teil der Gasphase G_3 kondensiert wird, um eine kondensierte Phase L_4 zu bilden, und indem der Druck wenigstens eines Teils der kondensierten Phase L_4 erhöht wird, die man als Rückfluß in die genannte erste Fraktionierungszone schickt, und dass man danach das Restgas G_2 unter einem Druck, der wenigstens gleich P_2 ist, in einer Zone zur Verflüssigung des Methans weiter abkühlt, um eine an Methan reiche Flüssigkeit zu erhalten.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem man die Entspannung der Gasphase G_1 in einem Turboentspanner durchführt und man eine Druckerhöhung des Restgases von dem Wert P_2 auf einen Wert P_3 in einem Turbokompressor durchführt und die von der Entspannung gelieferte Energie nutzt, um den Turbokompressor anzutreiben.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, in dem der Druck P_1 wenigstens 5 MPa beträgt, der Druck P_2 so ist, dass $P_2 = 0,3$ bis $0,8 P_1$ ist, mit P_2 zwischen 3,5 und 7 MPa, und der Druck P_4 so ist, dass $P_4 = 0,3$ bis $0,9 P_2$, mit P_4 zwischen 0,5 und 4,5 MPa ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem P_1 wenigstens gleich 6 MPa ist, P_2 zwischen 4,5 und 6 MPa liegt und P_4 zwischen 2,5 und 3,5 MPa liegt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem wenigstens ein Teil des Restgases G_2 vor der Erhöhung des Drucks des genannten Gases G_2 von P_2 auf P_3 Wärme mit dem Erdgas austauscht, um zu dessen Abkühlung beizutragen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem wenigstens ein Teil des Restgases G_2 Wärme mit wenigstens einem Teil der Gasphase G_3 austauscht, um diese abzukühlen und um die kondensierte Phase L_4 zu erzeugen.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Verflüssigung des Methans durch indirektes Inberührungbringen mit einer oder mit mehreren Fraktionen eines Mehrkomponentenfluids während der Verdampfung und mit Umlauf in einem geschlossenen Kreis bewirkt wird, der eine Verdichtungszone, eine Abkühlungszone mit Verflüssigung, die ein oder mehrere Kondensate ergibt, und eine Verdampfungszone der genannten Kondensate zur Wiederherstellung des genannten Mehrkomponentenfluids besitzt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem während der anfänglichen Abkühlung des Gases wenigstens eine Flüssigkeitsphase L_1 zusätzlich zu der Gasphase G_1 gebildet wird und man die Flüssigkeitsphase L_1 nach der Entspannung in die genannte erste Fraktionierungszone schickt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem man die Gasphase G_3 vollständig kondensiert und man einen Teil als inneren Rückfluß in die zweite Fraktionierungszone und das Komplement als Rückfluß in die erste Fraktionierungszone geschickt wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

