



(11) **EP 2 457 047 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
26.12.2018 Bulletin 2018/52

(21) Numéro de dépôt: **10754355.5**

(22) Date de dépôt: **16.07.2010**

(51) Int Cl.:
F25J 3/04 ^(2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2010/051492

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2011/010049 (27.01.2011 Gazette 2011/04)

(54) **PROCÉDÉ ET APPAREIL DE SÉPARATION D'AIR PAR DISTILLATION CRYOGÉNIQUE**
VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR LUFTTRENNUNG DURCH KRYOGENE DESTILLATION
METHOD AND APPARATUS FOR SEPARATING AIR BY CRYOGENIC DISTILLATION

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **20.07.2009 FR 0955007**

(43) Date de publication de la demande:
30.05.2012 Bulletin 2012/22

(73) Titulaire: **L'Air Liquide Société Anonyme pour
l'Etude et
l'Exploitation des Procédés Georges Claude
75007 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **JUDAS, Frédéric
D-61440 Oberursel (DE)**

• **LE BIHAN, Hervé
F-94370 Sucy-en-Brie (FR)**
• **LE BOT, Patrick
F-94300 Vincennes (FR)**

(74) Mandataire: **Mercey, Fiona Susan
L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR
L'ETUDE ET
L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES
CLAUDE
75 quai d'Orsay
75321 Paris Cédex 07 (FR)**

(56) Documents cités:
**WO-A1-2004/099690 WO-A1-2009/021350
DE-A1-102007 014 643 FR-A1- 2 895 068
FR-A1- 2 913 759 GB-A- 1 500 610
US-A- 5 881 570 US-A1- 2005 126 221**

EP 2 457 047 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention est relative à un procédé et à un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique.

[0002] L'invention s'applique en particulier aux procédés de séparation d'air utilisant un surpresseur d'air chaud, un surpresseur d'air froid et deux turbines d'air.

[0003] Un surpresseur d'air froid est un surpresseur alimenté par de l'air à une température plus froide que la température du bout chaud de la ligne d'échange principale de l'appareil, typiquement alimenté par de l'air à moins que -20°C.

[0004] Dans ce procédé utilisant une double colonne classique avec une colonne moyenne pression et une colonne basse pression thermiquement reliées entre elles, l'air épuré provenant du compresseur principal est divisé en deux. Une partie est envoyée à un surpresseur chaud, refroidie dans la ligne d'échange jusqu'à une température intermédiaire puis détendue dans deux turbines Claude connectées en parallèle. Une partie de l'air provenant du surpresseur chaud peut éventuellement être liquéfiée dans la ligne d'échange au lieu d'être envoyée aux turbines.

[0005] Le reste de l'air provenant du compresseur principal se refroidit dans la ligne d'échange sans être surpressé en amont de celui-ci et est surpressé dans un surpresseur froid à une température intermédiaire de la ligne d'échange, renvoyé dans la ligne d'échange à une température intermédiaire de la ligne d'échange, liquéfié et envoyé à au moins une colonne de la double colonne.

[0006] Au moins un gaz résiduaire se réchauffe dans la ligne d'échange où se vaporise aussi un liquide pressurisé provenant de la double colonne, en particulier de l'oxygène.

[0007] La configuration optimale dans ce cas est d'alimenter le surpresseur froid à une pression proche de la pression de sortie du compresseur principal. Le reste de l'air (70% du débit environ) alimente les turbines Claude après passage dans le surpresseur chaud. En cas de panne du surpresseur froid, la pression de sortie du compresseur principal est très insuffisante pour permettre la vaporisation de l'oxygène.

[0008] La présente invention cherche à trouver une solution à ce problème.

[0009] Un procédé selon le préambule de la revendication 1 et une installation selon le préambule de la revendication 5 sont connus de FR-A-2895068 et WO-A-2004/099690.

[0010] Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé de séparation d'air selon la revendication 1.

[0011] Selon d'autres caractéristiques optionnelles :

- si le surpresseur froid ne fonctionne pas une deuxième partie de l'air épuré se refroidit à la haute pression à une température intermédiaire de la ligne d'échange, est détendue dans une vanne puis est envoyée à l'atmosphère sans avoir été surpressée par le sur-

presseur chaud, de préférence après réchauffage dans la ligne d'échange ;

- si, éventuellement uniquement si, le surpresseur froid ne fonctionne pas, de l'air provenant du surpresseur chaud se refroidit dans la ligne d'échange et est détendu dans la turbine couplée au surpresseur chaud, avant d'être envoyé au moins en partie à la colonne opérant à la moyenne pression ;
- si, éventuellement uniquement si, le surpresseur froid ne fonctionne pas, de l'air ayant court-circuité le surpresseur chaud se refroidit dans la ligne d'échange et est détendu dans la turbine couplée au surpresseur chaud, avant d'être envoyé au moins en partie à la colonne opérant à la moyenne pression ;

[0012] Selon un autre objet de l'invention, il est prévu une installation selon la revendication 5.

[0013] Eventuellement l'installation peut comprendre :

- des moyens pour court-circuiter les première et deuxième turbines, ces moyens étant reliés au refoulement du surpresseur chaud et au bout froid de la ligne d'échange (91) et/ou au système de colonnes ;
- les moyens pour court-circuiter les première et deuxième turbines sont reliés à l'entrée du surpresseur froid ;
- une vanne, des moyens pour envoyer de l'air épuré à la haute pression et non surpressé à la ligne d'échange pour s'y refroidir et ensuite à la vanne et des moyens pour envoyer l'air détendu dans la vanne à la distillation et/ou à l'atmosphère ;
- la vanne est reliée à l'entrée et au refoulement d'au moins une des turbines ;
- des moyens pour empêcher l'arrivée l'air à l'entrée d'une des turbines ;
- une vanne reliant la première série de passages à la deuxième série de passages.

[0014] L'invention sera décrite en plus de détail en se référant à la Figure qui montre une partie de l'appareil de séparation d'air selon l'invention.

[0015] Dans ce procédé utilisant une double colonne (non illustrée), en opération normale, l'air 11 provenant du compresseur principal (non illustré) et d'une unité d'épuration (non illustrée) est divisé en deux parties uniquement. Une partie 13 est envoyée à un surpresseur chaud C1, refroidie dans la ligne d'échange 91 jusqu'à une température intermédiaire puis envoyée par la vanne ouverte 4 et les conduites 23, 27 pour être détendue dans deux turbines T1, T2 connectées en parallèle par les conduites 31, 35. L'air détendu 35 provenant des turbines T1, T2 est envoyé à la colonne moyenne pression de la double colonne.

[0016] Une partie de l'air provenant du surpresseur chaud C1 peut éventuellement être liquéfiée dans la ligne d'échange au lieu d'être envoyée aux turbines.

[0017] Le reste 15 de l'air provenant du compresseur principal se refroidit dans une première série de passages de la ligne d'échange 91 en passant par la vanne ouverte 9 et est surpressé dans un surpresseur froid C2 à une température intermédiaire de la ligne d'échange, renvoyé dans la ligne d'échange à une température intermédiaire de celle-ci dans une deuxième série de passages, liquéfié et envoyé à au moins une colonne de la double colonne, par exemple la colonne moyenne pression. Même si la figure n'illustre qu'un seul passage, il sera compris qu'il y aura une pluralité de passages en parallèle pour permettre le transport du débit.

[0018] Au moins un gaz résiduaire WN arrive de la colonne basse pression par la conduite 39 et se réchauffe dans la ligne d'échange où se vaporise aussi un liquide pressurisé 41 provenant de la double colonne, en particulier de l'oxygène pressurisé.

[0019] Dans ce cas d'opération normale, les vannes 1, 2, 5 et 6 sont fermées, de sorte que les conduites 21, 25, 29, 39 ne reçoivent pas d'air.

[0020] Les conduites 19 et 17 ne sont pas obligatoirement présentes et leur fonctionnement ne sera pas décrit. On assume que les vannes 3 et 7 sont fermées pour l'explication du procédé selon l'invention.

[0021] Si le surpresseur froid C2 ne fonctionne pas, l'air 11 provenant du compresseur principal (non illustré) est divisé en deux. Une partie 13 est envoyée au surpresseur chaud C1. Comme les vannes 1, 2 et 4 sont ouvertes et la vanne 9 fermée, l'air surpressé dans le surpresseur chaud C1 est envoyé en partie à la conduite 21 et en partie à la conduite 23, 27. L'air passant par la conduite 23, 27 et la vanne 4 est refroidi dans la ligne d'échange 91 jusqu'à une température intermédiaire pour être détendu dans une seule turbine Claude T1. La turbine T2 ne fonctionne pas puisqu'elle est ordinairement couplée au surpresseur froid C2. L'air détendu 35 est envoyé à la colonne moyenne pression de la double colonne.

[0022] L'air envoyé par la conduite 21 et la vanne 2 se refroidit dans la ligne d'échange 91 jusqu'à une température intermédiaire de celle-ci dans les passages où se refroidit normalement l'air destiné au compresseur froid C2. L'air est envoyé à la vanne 5 par la conduite 39 à une température intermédiaire de la ligne d'échange à travers les passages normalement parcourus par l'air provenant du compresseur froid C2. L'air provenant de la vanne 5 se liquéfie avant d'être envoyé à au moins une colonne de la double colonne.

[0023] Une partie de l'air provenant de la conduite 27 peut éventuellement également être liquéfiée dans la ligne d'échange au lieu d'être envoyée aux turbines.

[0024] Le reste 15 de l'air provenant du compresseur principal est envoyé par la vanne 1 et la conduites 25, 27 se refroidir avec l'air provenant de la vanne 4 dans la ligne d'échange 91 jusqu'à une température intermédiaire.

[0025] Une partie de l'air provenant de la conduite 25 est détendue dans la turbine restante T1 et le reste est

détendu dans une vanne 6 qui court-circuite la turbine T1 et se mélange avec le gaz résiduaire 39, pour se réchauffer dans la ligne d'échange.

[0026] Au moins un gaz résiduaire WN arrive par la conduite 39 et se réchauffe dans la ligne d'échange où se vaporise aussi un liquide pressurisé 41 provenant de la double colonne, en particulier de l'oxygène.

[0027] Selon un mode d'opération optionnel, en cas de panne du surpresseur chaud, les vannes 2 et 4 sont fermées, les vannes 1, 6 et 9 ouvertes et l'air 11 provenant du compresseur principal (non illustré) est envoyé en totalité par la conduite 15 et divisé en deux. Une partie passe par la vanne 1 et la conduite 23, 27 pour être envoyée à la ligne d'échange 91 jusqu'à une température intermédiaire pour être détendue en partie dans une seule turbine T2. La turbine T1 ne fonctionne pas puisqu'elle est ordinairement couplée au surpresseur chaud C1. Le reste de l'air à température intermédiaire est détendu dans la vanne 6 et mélangé avec le gaz résiduaire 39, pour se réchauffer dans la ligne d'échange.

[0028] L'air envoyé par la vanne 9 se refroidit dans la ligne d'échange 91 et est surpressé dans le surpresseur froid C2, renvoyé à la ligne d'échange 91 et liquéfié.

[0029] Une partie de l'air provenant de la conduite 25 peut éventuellement également être liquéfiée dans la ligne d'échange au lieu d'être envoyé à la turbine T2.

[0030] Au moins un gaz résiduaire WN arrive par la conduite 39 et se réchauffe dans la ligne d'échange où se vaporise aussi un liquide pressurisé 41 provenant de la double colonne, en particulier de l'oxygène.

[0031] Dans ce cas de panne du surpresseur chaud, les vannes 2 et 4 sont fermées, de sorte que la conduites 13, 21, 31, 39 ne reçoivent pas d'air.

[0032] Il est possible de prévoir uniquement des moyens pour fonctionner quand le surpresseur chaud est en panne ou uniquement des moyens pour fonctionner quand le surpresseur froid est en panne.

Revendications

1. Procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans une installation comprenant une double ou triple colonne de séparation d'air, dont la colonne opérant à la pression la plus élevée opère à une pression dite moyenne pression et une ligne d'échange (91) où se refroidit tout l'air destiné à la distillation dans lequel en fonctionnement normal :

- a) tout l'air est porté à une haute pression plus supérieure d'au moins 5 bars à la moyenne pression et épuré à cette haute pression,
- b) l'air épuré est divisé en deux fractions (13, 15),
- c) une première fraction (13) à la haute pression est envoyée à un surpresseur chaud (C1), la première fraction surpressée se refroidit dans la ligne d'échange jusqu'à une température intermédiaire,

- d) la première fraction refroidie est divisée en deux portions (31, 33), chaque portion se détend dans une turbine respective (T1, T2),
- e) la pression d'admission des première et deuxième turbines est, ou les pressions des deux turbines sont, supérieure ou supérieures d'au moins 5 bars à la moyenne pression,
- f) la pression de refoulement d'au moins une des deux turbines est sensiblement égale à la moyenne pression,
- g) on envoie au moins une partie de l'air détendu dans au moins une des turbines à la colonne moyenne pression de la double ou triple colonne,
- h) une deuxième fraction (15) de l'air épuré à la haute pression est refroidie dans une première série de passages de la ligne d'échange et ensuite surpressée avec une température d'admission égale à une température intermédiaire de la ligne d'échange dans un surpresseur froid (C2) mécaniquement relié à la deuxième turbine, le surpresseur chaud étant mécaniquement relié à la première turbine,
- i) le surpresseur froid refoule la deuxième fraction d'air à une température supérieure à la température d'admission, et la deuxième fraction d'air ainsi surpressée est réintroduite dans une deuxième série de passages de la ligne d'échange, éventuellement à un point intermédiaire de celle-ci, dans laquelle au moins une partie de la deuxième fraction se condense ou se pseudo-condense,
- j) au moins un liquide pressurisé provenant d'une des colonnes de la double ou triple colonne est vaporisé ou pseudo vaporisé dans la ligne d'échange à une température de vaporisation et **caractérisé en ce que** si, éventuellement uniquement si, le surpresseur froid ne fonctionne pas, le liquide pressurisé provenant d'une des colonnes de la double ou triple colonne est vaporisé ou pseudo vaporisé dans la ligne d'échange et une première partie (13) de l'air épuré à la haute pression est envoyée au surpresseur chaud, se refroidit dans la première série de passages de la ligne d'échange (91), sort de la ligne d'échange sans passer par le surpresseur froid et rentre dans la ligne d'échange dans la deuxième série de passages, l'air ayant passé dans ces deux séries de passages se liquéfie et est envoyée à au moins une colonne de la double ou triple colonne.
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel si le surpresseur froid ne fonctionne pas une deuxième partie de l'air épuré se refroidit à la haute pression à une température intermédiaire de la ligne d'échange, est détendue dans une vanne puis est envoyée à l'atmosphère sans avoir été surpressée par le sur-
- presseur chaud, de préférence après réchauffage dans la ligne d'échange
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel si, éventuellement uniquement si, le surpresseur froid (C2) ne fonctionne pas, de l'air provenant du surpresseur chaud se refroidit dans la ligne d'échange (91) et est détendu dans la turbine (T1) couplée au surpresseur chaud (C1), avant d'être envoyé au moins en partie à la colonne opérant à la moyenne pression.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel si, éventuellement uniquement si, le surpresseur froid (C2) ne fonctionne pas, de l'air ayant court-circuité le surpresseur chaud se refroidit dans la ligne d'échange (91) et est détendu dans la turbine (T1) couplée au surpresseur chaud (C1), avant d'être envoyé au moins en partie à la colonne opérant à la moyenne pression.
5. Installation de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant :
- a) une double ou triple colonne de séparation d'air, dont la colonne opérant à la pression la plus élevée opère à une pression dite moyenne pression,
 - b) une ligne d'échange (91),
 - c) un surpresseur chaud (C1) et un surpresseur froid (C2),
 - d) une première turbine (T1) et une deuxième turbine (T2), chacune couplée à un des surpresseurs,
 - e) des moyens pour porter tout l'air à une haute pression plus élevée que la moyenne pression et des moyens pour l'épurer à cette haute pression,
 - f) des moyens pour diviser l'air épuré en deux fractions et pour en envoyer une première fraction au surpresseur chaud et une deuxième fraction au surpresseur froid après refroidissement dans une première série de passages de la ligne d'échange,
 - g) des moyens pour réintroduire la deuxième fraction d'air provenant du surpresseur froid dans une deuxième série de passages de la ligne d'échange pour s'y refroidir,
 - h) des moyens pour envoyer au moins un liquide pressurisé provenant d'une des colonnes dans la ligne d'échange,
 - i) des moyens pour envoyer de l'air refroidi provenant du surpresseur chaud dans la ligne d'échange aux première et deuxième turbines
- caractérisée en ce qu'elle comprend :**
- j) des moyens de court-circuitage (3a, 5) pour

- court-circuiter le surpresseur froid (C2), ces moyens étant reliés à la ligne d'échange (91) et au refoulement du surpresseur froid, de sorte que l'air passe de la première série de passages à la deuxième série sans passer par le surpresseur froid, 5
- k) des moyens pour relier le refoulement du surpresseur chaud à la première série de passages de la ligne d'échange, 10
- et des moyens pour permettre l'usage de ces moyens de court-circuitage et de ces moyens pour relier le refoulement du surpresseur chaud à la première série de passage de la ligne d'échange si le surpresseur froid ne fonctionne pas. 15
6. Installation selon la revendication 5 comprenant une vanne (6), des moyens pour envoyer de l'air épuré à la haute pression et non surpressé à la ligne d'échange pour s'y refroidir et ensuite à la vanne et des moyens pour envoyer l'air détendu dans la vanne à la distillation et/ou à l'atmosphère. 20
7. Installation selon la revendication 5 ou 6 comprenant des moyens (6, 8, 29, 35, 37) pour court-circuiter les première et deuxième turbines (T1, T2), ces moyens étant reliés au refoulement du surpresseur chaud (C1) et au bout froid de la ligne d'échange (91) et/ou au système de colonnes. 25
8. Installation selon la revendication 7 dans laquelle les moyens (6, 8, 29, 35, 37) pour court-circuiter les première et deuxième turbines sont reliés à l'entrée du surpresseur froid (C1). 30
9. Installation selon la revendication 6 dans laquelle la vanne (6) est reliée à l'entrée et au refoulement d'au moins une des turbines. 35
10. Installation selon l'une des revendications 5 à 9 comprenant des moyens pour empêcher l'arrivée l'air à l'entrée d'une des turbines. 40
11. Installation selon l'une des revendications 5 à 10 dans laquelle les moyens de court-circuitage comprennent une vanne (5) reliant la première série de passages à la deuxième série de passages. 45

Patentansprüche 50

1. Verfahren zur Luftabscheidung durch kryogene Destillation in einer Anlage, umfassend eine Doppel- oder Dreifachsäule zur Luftabscheidung, deren Säule, die mit dem höchsten Druck arbeitet, bei einem sogenannten mittleren Druck arbeitet, und eine Austauschleitung (91), in der die gesamte für die Destillation bestimmte Luft abkühlt, wobei im Normalbe-

trieb:

- a) die gesamte Luft auf einen mindestens 5 bar höheren Hochdruck als der mittlere Druck gebracht und bei diesem Hochdruck gereinigt wird, 5
- b) die gereinigte Luft in zwei Fraktionen (13, 15) unterteilt wird,
- c) eine erste Hochdruckfraktion (13) zu einem heißen Verdichter (C1) geleitet wird, die erste verdichtete Fraktion in der Austauschleitung auf eine Zwischentemperatur abkühlt,
- d) die erste gekühlte Fraktion in zwei Abschnitte (31, 33) unterteilt wird, wobei sich jeder Abschnitt in einer entsprechenden Turbine (T1, T2) entspannt,
- e) der Einlassdruck der ersten und zweiten Turbine, oder die Drücke beider Turbinen, mindestens 5 bar höher ist oder sind, als der mittlere Druck,
- f) der Auslassdruck von mindestens einer der beiden Turbinen im Wesentlichen gleich dem mittleren Druck ist,
- g) mindestens ein Teil der entspannten Luft in mindestens einer der Turbinen der Mitteldrucksäule der Doppel- oder Dreifachsäule geleitet wird,
- h) eine zweite Fraktion (15) der mit Hochdruck gereinigten Luft in einer ersten Reihe von Durchlässen der Austauschleitung gekühlt und dann mit einer Einlasstemperatur verdichtet wird, die gleich einer Zwischentemperatur der Austauschleitung in einem mit der zweiten Turbine mechanisch verbundenen kalten Verdichter (C2) ist, wobei der heiße Verdichter mechanisch mit der ersten Turbine verbunden ist,
- i) der kalte Verdichter die zweite Luftfraktion bei einer Temperatur oberhalb der Einlasstemperatur abgibt, und die so verdichtete zweite Luftfraktion wieder in eine zweite Reihe von Durchlässen der Austauschleitung, gegebenenfalls an einem Zwischenpunkt derselben, eingeführt wird, wobei zumindest ein Teil der zweiten Fraktion kondensiert oder pseudo-kondensiert,
- j) mindestens eine Flüssigkeit unter Druck aus einer der Säulen der Doppel- oder Dreifachsäule in der Austauschleitung bei einer Verdampfungstemperatur verdampft oder pseudo-verdampft wird, und **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn, gegebenenfalls nur wenn, der kalte Verdichter nicht funktioniert, die Flüssigkeit unter Druck aus einer der Säulen der Doppel- oder Dreifachsäule in der Austauschleitung verdampft oder pseudo-verdampft wird und ein erster Teil (13) der mit Hochdruck gereinigten Luft an den heißen Verdichter geleitet wird, in der ersten Reihe von Durchlässen der Austauschleitung (91) abkühlt, die Austauschleitung verlässt, ohne den kalten Verdichter zu

- passieren, und in die Austauschleitung in der zweiten Reihe von Durchlässen eintritt, wobei sich die Luft, die diese beiden Reihen von Durchlässen passiert hat, verflüssigt und an mindestens eine Säule der Doppel- oder Dreifachsäule geleitet wird. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei, wenn der kalte Verdichter nicht funktioniert, ein zweiter Teil der gereinigten Luft sich bei Hochdruck bei einer Zwischentemperatur der Austauschleitung abkühlt, in einem Ventil entspannt und dann in die Atmosphäre geleitet wird, ohne vom heißen Verdichter verdichtet worden zu sein, vorzugsweise nach Erwärmung in der Austauschleitung. 10
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei, wenn, gegebenenfalls nur wenn der kalte Verdichter (C2) nicht funktioniert, Luft aus dem heißen Verdichter in der Austauschleitung (91) abkühlt und in der mit dem heißen Verdichter (C1) gekoppelten Turbine (T1) entspannt wird, bevor sie zumindest teilweise an die mit mittlerem Druck arbeitende Säule geleitet wird. 15
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei, wenn, gegebenenfalls nur wenn der kalte Verdichter (C2) nicht funktioniert, Luft, die den heißen Verdichter umgangen hat, in der Austauschleitung (91) abkühlt und in der mit dem heißen Verdichter (C1) gekoppelten Turbine entspannt wird, bevor sie zumindest teilweise an die mit mittlerem Druck arbeitende Säule geleitet wird. 20
5. Anlage zur Luftabscheidung durch kryogene Destillation, umfassend: 25
- a) Doppel- oder Dreifachsäule zur Luftabscheidung, wobei deren mit dem höchsten Druck arbeitende Säule bei einem sogenannten mittleren Druck arbeitet, 40
 - b) eine Austauschleitung (91),
 - c) einen heißen Verdichter (C1) und einen kalten Verdichter (C2),
 - d) eine erste Turbine (T1) und eine zweite Turbine (T2), die jeweils mit einem der Verdichter gekoppelt sind, 45
 - e) Mittel zum Bringen der gesamten Luft auf einen höheren Hochdruck als den mittleren Druck und Mittel zum Reinigen mit diesem Hochdruck, 50
 - f) Mittel zum Teilen der gereinigten Luft in zwei Fraktionen und zum Leiten einer ersten Fraktion an den heißen Verdichter und einer zweiten Fraktion an den kalten Verdichter nach dem Abkühlen in einer ersten Reihe von Durchlässen der Austauschleitung, 55
 - g) Mittel zum Wiedereinführen der zweiten Luftfraktion aus dem kalten Verdichter in eine zweite
- Reihe von Durchlässen der Austauschleitung, um sich dort abzukühlen,
- h) Mittel zum Leiten mindestens einer Flüssigkeit unter Druck von einer der Säulen in die Austauschleitung,
 - i) Mittel zum Leiten der gekühlten Luft aus dem heißen Verdichter in die Austauschleitung an der ersten und zweiten Turbine
- dadurch gekennzeichnet, dass** sie Folgendes umfasst:
- j) Umgehungsmittel (3a, 5) zum Umgehen des kalten Verdichters (C2), wobei diese Mittel mit der Austauschleitung (91) und dem Auslass des kalten Verdichters verbunden sind, so dass die Luft von der ersten Reihe von Durchlässen zur zweiten Reihe passiert, ohne den kalten Verdichter zu passieren,
 - k) Mittel zum Verbinden des Auslasses des heißen Verdichters mit der ersten Reihe von Durchlässen der Austauschleitung,
- und Mittel, um die Verwendung dieser Umgehungsmittel und dieser Mittel zum Verbinden des Auslasses des heißen Verdichters mit der ersten Reihe von Durchlässen der Austauschleitung zu ermöglichen, wenn der kalte Verdichter nicht funktioniert.
6. Anlage nach Anspruch 5, umfassend ein Ventil (6), Mittel zum Leiten von mit Hochdruck gereinigter und nicht verdichteter Luft zu der Austauschleitung, um dort abzukühlen und dann zu dem Ventil und Mittel zum Leiten der entspannten Luft in das Ventil zur Destillation und/oder in die Atmosphäre.
7. Anlage nach Anspruch 5 oder 6, umfassend Mittel (6, 8, 29, 35, 37) zum Umgehen der ersten und zweiten Turbine (T1, T2), wobei diese Mittel mit dem Auslass des heißen Verdichters (C1) und dem kalten Ende der Austauschleitung (91) und/oder des Säulensystems verbunden sind.
8. Anlage nach Anspruch 7, wobei die Mittel (6, 8, 29, 35, 37) zum Umgehen der ersten und zweiten Turbine mit dem Einlass des kalten Verdichters (C1) verbunden sind.
9. Anlage nach Anspruch 6, wobei das Ventil (6) mit dem Ein- und Auslass von mindestens einer der Turbinen verbunden ist.
10. Anlage nach einem der Ansprüche 5 bis 9, umfassend Mittel zum Verhindern des Eindringens von Luft in den Einlass einer der Turbinen.
11. Anlage nach einem der Ansprüche 5 bis 10, wobei die Umgehungsmittel ein Ventil (5) umfassen, das

die erste Reihe von Durchlässen mit der zweiten Reihe von Durchlässen verbindet.

Claims

1. Air-separation method by cryogenic distillation in an installation comprising a double or triple air-separation column, wherein the column operating at the highest pressure operates at a so-called medium pressure, and an exchange line (91) where all the air intended for distillation is cooled, in which, in normal operation:

a) all the air is raised to a high pressure greater than the medium pressure by at least 5 bar and purified at this high pressure,
 b) the purified air is divided into two fractions (13, 15),
 c) a first fraction (13) at high pressure is sent to a hot supercharger (C1), the supercharged first fraction cools in the exchange line to an intermediate temperature,
 d) the cooled first fraction is divided into two portions (31, 33), each portion expands in a respective turbine (T1, T2),
 e) the inlet pressure of the first and second turbines is, or the pressures of the two turbines are, greater than the medium pressure by at least 5 bar,
 f) the discharge pressure of at least one of the two turbines is substantially equal to the medium pressure,
 g) at least part of the air expanded in at least one of the turbines is sent to the medium-pressure column of the double or triple column,
 h) a second fraction (15) of the purified air at high pressure is cooled in a first series of passages of the exchange line and next supercharged with an inlet temperature equal to an intermediate temperature of the exchange line in a cold supercharger (C2) mechanically connected to the second turbine, the hot supercharger being mechanically connected to the first turbine,
 i) the cold supercharger discharges the second fraction of air at a temperature higher than the inlet temperature, and the second fraction of air thus supercharged is reintroduced into a second series of passages of the exchange line, optionally at an intermediate point thereof, wherein at least some of the second fraction condenses or pseudocondenses,
 j) at least one pressurised liquid coming from one of the columns of the double or triple column is vaporised or pseudovaporised in the exchange line at a vaporisation temperature and **characterised in that** if, optionally only if, the

cold supercharger is not functioning, the pressurised liquid coming from one of the columns of the double or triple column is vaporised or pseudovaporised in the exchange line and a first part (13) of the purified air at high pressure is sent to the hot supercharger, cools in the first series of passages of the exchange line (91), emerges from the exchange line without passing through the cold supercharger and enters the exchange line in the second series of passages, the air that has passed through these two series of passages liquefies and is sent to at least one column of the double or triple column.

2. Method according to claim 1, wherein, if the cold supercharger is not functioning, a second part of the purified air cools at the high pressure at an intermediate temperature of the exchange line, is expanded in a valve and is then sent to atmosphere without having been supercharged by the hot supercharger, preferably after heating in the exchange line.
3. Method according to either of the preceding claims, wherein, if, optionally only if, the cold supercharger (C2) is not functioning, air coming from the hot supercharger cools in the exchange line (91) and is expanded in the turbine (T1) coupled to the hot supercharger (C1), before being sent at least partly to the column operating at medium pressure.
4. Method according to any of the preceding claims, wherein if, optionally only if, the cold supercharger (C2) is not functioning, air that has short-circuited the hot supercharger cools in the exchange line (91) and is expanded in the turbine (T1) coupled to the hot supercharger (C1), before being sent at least partly to the column operating at medium pressure.
5. Installation for air separation by cryogenic distillation comprising:
 - a) a double or triple air-separation column, the column of which operating at the highest pressure operates at a so-called medium pressure,
 - b) an exchange line (91),
 - c) a hot supercharger (C1) and a cold supercharger (C2),
 - d) a first turbine (T1) and a second turbine (T2), each coupled to one of the superchargers,
 - e) means for raising all the air to a high pressure higher than the medium pressure and means for purifying it at this high pressure,
 - f) means for dividing the purified air into two fractions and for sending a first fraction thereof to the hot supercharger and a second fraction to the cold supercharger after cooling in a first series of passages of the exchange line,
 - g) means for reintroducing the second fraction

of air coming from the cold supercharger into a second series of passages of the exchange line in order to be cooled therein,

h) means for sending at least one pressurised liquid coming from one of the columns into the exchange line,

i) means for sending cooled air coming from the hot supercharger in the exchange line to the first and second turbines,

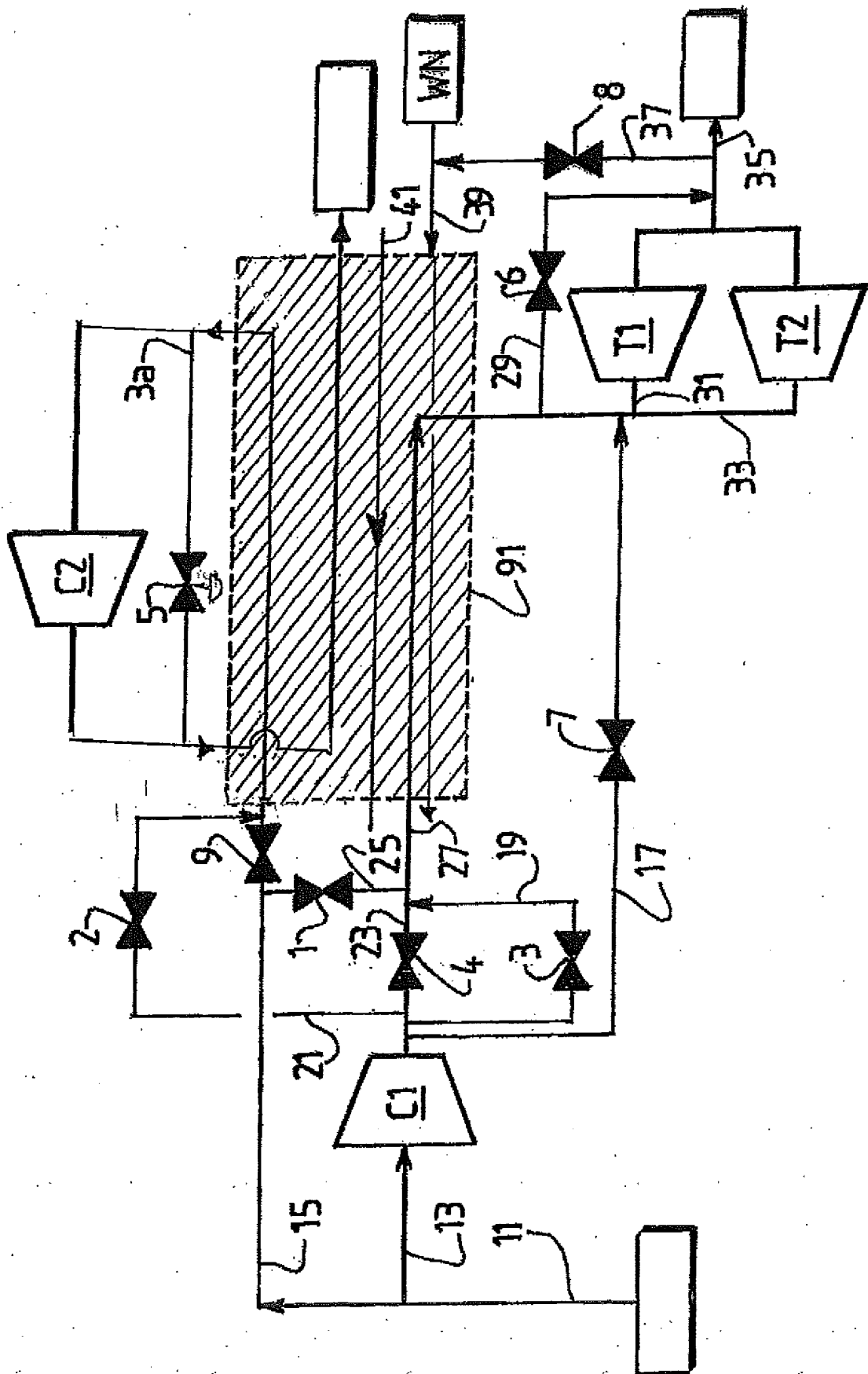
series of passages.

characterised in that it comprises:

j) short-circuiting means (3a, 5) for short-circuiting the cold supercharger (C2), these means being connected to the exchange line (91) and to the discharge of the cold supercharger, so that the air passes from the first series of passages to the second series without passing through the cold supercharger,

k) means for connecting the discharge of the hot supercharger to the first series of passages of the exchange line, and means for allowing the use of these short-circuiting means and of these means for connecting the discharge of the hot supercharger to the first series of passages of the exchange line if the cold supercharger is not functioning.

6. Installation according to claim 5, comprising a valve (6), means for sending purified air at the high pressure and not supercharged to the exchange line in order to be cooled therein and then to the valve and means for sending the air expanded in the valve to the distillation and/or to atmosphere.
7. Installation according to claim 5 or claim 6, comprising means (6, 8, 29, 35, 37) for short-circuiting the first and second turbines (T1, T2), these means being connected to the discharge of the hot supercharger (C1) and to the cold end of the exchange line (91) and/or to the system of columns.
8. Installation according to claim 7, wherein the means (6, 8, 29, 35, 37) for short-circuiting the first and second turbines are connected to the inlet of the cold supercharger (C1).
9. Installation according to claim 6, wherein the valve (6) is connected to the inlet and to the discharge of at least one of the turbines.
10. Installation according to any of claims 5 to 9, comprising means for preventing the arrival of air at the inlet of one of the turbines.
11. Installation according to any of claims 5 to 10, wherein the short-circuiting means comprise a valve (5) connecting the first series of passages to the second



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2895068 A [0009]
- WO 2004099690 A [0009]