

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 576 314 B2

(12)

NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la décision concernant l'opposition:
29.03.2000 Bulletin 2000/13

(51) Int. Cl.⁷: **F25J 3/04**

(45) Mention de la délivrance du brevet:
09.10.1996 Bulletin 1996/41

(21) Numéro de dépôt: **93401395.4**

(22) Date de dépôt: **02.06.1993**

(54) **Procédé et installation de production d'oxygène gazeux sous pression**

Verfahren und Apparat zur Herstellung von gasförmigem Sauerstoff unter Druck

Process and installation for the production of gaseous oxygen under pressure

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB IT

(30) Priorité: **23.06.1992 FR 9207662**

(43) Date de publication de la demande:
29.12.1993 Bulletin 1993/52

(73) Titulaire:
**L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES
GEORGES CLAUDE
75321 Paris Cédex 07 (FR)**

(72) Inventeur: **Grenier, Maurice
F-75018 Paris (FR)**

(74) Mandataire:
**Le Moenner, Gabriel et al
L'AIR LIQUIDE, Société Anonyme
pour l'étude et l'exploitation des procédés
Georges Claude
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cédex 07 (FR)**

(56) Documents cités:

EP-A- 0 024 962	EP-A- 0 044 679
EP-A- 0 464 636	EP-A- 0 504 029
EP-B- 0 093 448	DE-C- 880 893
DE-C- 1 117 616	GB-A- 929 798
JP-A- 1 260 283	US-A- 3 086 371
US-A- 3 214 925	

EP 0 576 314 B2

Description

[0001] La présente invention est relative à un procédé de production d'oxygène gazeux sous pression par distillation d'air dans une installation comprenant une ligne d'échange thermique et une double colonne de distillation qui comporte elle-même une première colonne, dite colonne moyenne pression, fonctionnant sous une moyenne pression, et une seconde colonne, dite colonne basse pression, fonctionnant sous une basse pression, pompage d'oxygène liquide soutiré en cuve de la colonne basse pression, et vaporisation de l'oxygène comprimé par échange de chaleur avec de l'air comprimé à une haute pression d'air, la totalité de l'air à traiter étant comprimée à une première pression P1 nettement supérieure à la moyenne pression, l'air à la pression P1 est divisé en seulement deux parties, la première étant refroidie et la deuxième partie étant surpressée à une seconde haute pression P2 et refroidie, la majeure partie au moins de l'oxygène séparé étant soutirée à l'état liquide de la colonne basse pression, comprimée par une pompe à au moins une première pression de vaporisation à laquelle il se vaporise par condensation d'air à l'une desdites hautes pressions P1, P2, et vaporisé par condensation d'air à une de ces pressions.

[0002] Un procédé de ce type est connu de EP-A-0.024.962.

[0003] Les pressions dont il est question ci-dessous sont des pressions absolues. De plus, on entend par "condensation" et "vaporisation" soit une condensation ou une vaporisation proprement dite, soit une pseudo-condensation ou une pseudo-vaporisation, selon que les pressions en question sont subcritiques ou supercritiques.

[0004] Les procédés de ce type, dits "procédés à pompe", permettent de supprimer tout compresseur d'oxygène gazeux. Pour obtenir une dépense d'énergie acceptable, il est nécessaire de comprimer un débit d'air important, de l'ordre de 1,5 fois le débit d'oxygène à vaporiser, jusqu'à une pression suffisante permettant de le liquéfier à contre-courant de l'oxygène. Pour ceci, la technique habituelle, illustrée dans EP-A-0.024.962, utilise deux compresseurs en série, le second ne traitant que la fraction de l'air destinée à la vaporisation de l'oxygène liquide, ce qui accroît sensiblement l'investissement de l'installation.

[0005] L'invention a pour but de fournir un procédé utilisant un compresseur d'air unique et ayant une grande efficacité thermodynamique globale.

[0006] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé du type précité, caractérisé en ce que :

- la première partie de cet air est refroidie jusqu'à une première température intermédiaire T1, où une première fraction est détendue dans une première turbine, tandis que le reste est refroidi et liquéfié, détendu et introduit dans la colonne moyenne pres-

sion ;

- la deuxième partie est refroidie jusqu'à une seconde température intermédiaire T2, où un premier débit est détendu dans une seconde turbine, tandis que le reste de cette deuxième partie est refroidi et liquéfié, détendu et introduit dans la colonne moyenne pression ;

éventuellement la pression d'échappement de l'une des turbines est réglée à une pression P3 comprise entre ladite première haute pression P1 et la moyenne pression, et l'oxygène comprimé se vaporise par condensation d'air à une ou plusieurs des pressions P1, P2, P3.

[0007] Suivant d'autres caractéristiques :

- les températures intermédiaires T1 et T2 sont choisies l'une entre 0°C et -60°C environ et l'autre entre -80°C et -130°C environ ;
- le débit d'air alimentant la turbine chaude est de l'ordre de 20 à 30 % du débit d'air traité ;
- l'oxygène liquide additionnel soutiré de la colonne basse pression est comprimé par pompe à au moins une seconde pression de vaporisation et vaporisé à cette ou à ces pressions dans la ligne d'échange thermique ;
- l'azote liquide est soutiré de la double colonne, comprimé par pompe à au moins une pression de vaporisation d'azote, et vaporisé à cette ou à ces pressions dans la ligne d'échange thermique ;
- on détend à la basse pression dans une troisième turbine une partie au moins de l'air issu de la première ou de la seconde turbine, l'air issu de la troisième turbine étant introduit dans la colonne basse pression ou dans le gaz résiduaire évacué de la partie supérieure de cette colonne ;
- on détend dans la troisième turbine la totalité dudit air issu de la première ou de la deuxième turbine, cet air se trouvant sensiblement à la moyenne pression, ainsi qu'un débit complémentaire d'air soutiré en cuve de la colonne moyenne pression ;
- la surpression de l'air est réalisée au moyen d'au moins deux soufflantes en série couplées chacune à l'une des turbines.

[0008] L'invention a également pour objet une installation de production d'oxygène gazeux sous pression pour la mise en oeuvre du procédé décrit ci-dessus, du type comprenant une double colonne de distillation d'air comprenant une colonne, dite colonne basse pression, fonctionnant sous une basse pression, et une colonne, dite colonne moyenne pression fonctionnant sous une moyenne pression, une pompe de compression d'oxygène liquide soutiré en cuve de la colonne basse pression, des moyens de compression pour amener de l'air à distiller à une haute pression d'air nettement supé-

rieure à la moyenne pression, et une ligne d'échange thermique pour mettre en relation d'échange thermique l'air à la haute pression et l'oxygène liquide comprimé, les moyens de compression comprenant un compresseur pour amener la totalité de l'air à distiller à une première haute pression P1 nettement supérieure à la moyenne pression, et des moyens de surpression d'une fraction de l'air sous cette première haute pression jusqu'à une seconde haute pression P2,

caractérisée en ce que ces moyens de surpression comprennent au moins deux soufflantes en série couplées chacune à une turbine de détente, une soufflante étant couplée à une turbine de détente d'air sous la première haute pression P1 et une autre soufflante étant couplée à une seconde turbine de détente d'une partie de l'air surpressé, et en ce que la ligne d'échange thermique comprend des passages de refroidissement de l'air issu de la turbine ayant la plus haute température d'admission et/ou la température T1 d'admission de l'une des deux turbines est comprise entre 0°C et 60°C environ, tandis que celle T2 de l'autre turbine est comprise entre -80°C et -130°C.

[0009] Des exemples de mise en oeuvre de l'invention vont maintenant être décrits en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement une installation de production d'oxygène gazeux conforme à l'invention ;
- la figure 2 est un diagramme d'échange thermique, obtenu par calcul, correspondant à cette installation ; et
- les figures 3 et 4 représentent schématiquement deux autres modes de réalisation de l'installation suivant l'invention.

[0010] L'installation représentée sur la figure 1 est destinée à produire de l'oxygène gazeux sous deux pressions différentes, de l'azote gazeux sous deux pressions différentes, de l'oxygène liquide et de l'azote liquide.

[0011] L'installation comprend essentiellement une double colonne de distillation 1, une ligne d'échange thermique 2, un compresseur d'air principal 3, deux soufflantes en série 4 et 5 munies en sortie d'un réfrigérant 6, une turbine "chaude" 7, une turbine "froide" 8, deux pompes d'oxygène liquide 9, 10 et une pompe d'azote liquide 11.

[0012] La double colonne 1 comprend une colonne moyenne pression fonctionnant sous 5 à 6 bars, une colonne basse pression 13 du type "à minaret" fonctionnant un peu au-dessus de la pression atmosphérique, un vaporiseur-condenseur 14 qui met la vapeur de tête (azote) de la colonne 12 en relation d'échange thermique avec le liquide de cuve (oxygène) de la colonne 13, et une colonne auxiliaire 15 de production d'argon impur couplée à la colonne 13.

[0013] On retrouve les conduites classiques 16 de

remontée de "liquide riche" (air enrichi en oxygène) de la cuve de la colonne 12 à un point intermédiaire de la colonne 15 et/ou au condenseur de tête de la colonne 15, 17 de remontée de "liquide pauvre inférieur" (azote impur) d'un point intermédiaire de la colonne 12 à un point intermédiaire de la colonne 13, 18 de remontée de "liquide pauvre supérieur" (azote pur) du sommet de la colonne 12 au sommet de la colonne 13, les conduites 16, 17 et 18 étant chacune équipées d'une vanne de détente. Les liquides véhiculés par ces trois conduites sont sous-refroidis dans la partie froide de la ligne d'échange 2. Un embranchement 19 de la conduite 18, équipé d'une vanne de détente, conduit à un stockage d'azote liquide 20.

[0014] La roue de la soufflante 4 est rigidement accouplée à celle de la turbine 8, et, de même, la roue de la soufflante 5 est rigidement accouplée à celle de la turbine 7.

[0015] En fonctionnement, l'air à distiller est comprimé en totalité par le compresseur 3 à une pression P1 de l'ordre de 25 à 35 bars et épuré en eau et en anhydride carbonique dans un adsorbant 21, puis divisé en deux courants.

[0016] Le premier courant, à la pression P1, est refroidi jusqu'à une température intermédiaire T1 comprise entre 0°C et -60°C. Une partie de ce premier courant poursuit son refroidissement, est liquéfiée, puis est détendue à la moyenne pression dans une vanne de détente et envoyée dans la colonne 12 via une conduite 22. Le reste du premier courant est sorti de la ligne d'échange à la température T1, détendu à la moyenne pression dans la turbine 7, réintroduit dans la ligne d'échange, refroidi et liquéfié, puis envoyé dans la colonne 12 via une conduite 23.

[0017] Le reste de l'air sortant de l'adsorbant 21 est surpressé en deux stades par les soufflantes 4 et 5, jusqu'à une pression P2 de l'ordre de 35 à 50 bars, pré-refroidi en 6 puis refroidi dans la ligne d'échange jusqu'à une seconde température intermédiaire T2 nettement inférieure à T1 et comprise entre -80°C et -130°C. Une partie de cet air poursuit son refroidissement, est liquéfiée, puis est détendue à la moyenne pression dans une vanne de détente et introduite dans la colonne 12 via la conduite 22 précitée. Le reste de l'air à la pression P2 est sorti de la ligne d'échange à la température T2, détendu à la moyenne pression dans la turbine 8 et introduit dans la colonne 12 via la conduite 23 précitée.

[0018] Le refroidissement de l'air est assuré par circulation à contre-courant, dans la ligne d'échange 2, de plusieurs fluides :

- l'azote gazeux basse pression issu du sommet de la colonne 13, et l'azote impur ou "waste" produit par cette même colonne, ces deux gaz parcourant la ligne d'échange de son bout froid à son bout chaud, puis étant évacués via des conduites respectives 24 et 25.
- la majeure partie de l'oxygène séparé est soutirée

en cuve de la colonne 13 sous forme liquide, amenée à une première pression PO1, relativement basse, par la pompe 9, vaporisée en condensant de l'air soit à la pression P1, ce qui correspond à PO1 = 11 à 17 bars, soit à la pression P2, ce qui correspond à PO1 = 17 à 22 bars, réchauffée à la température ambiante puis évacuée en tant que produit via une conduite 26;

- une autre partie de l'oxygène séparé, que l'on désire, dans cet exemple, produire sous forme gazeuse à une seconde pression PO2, relativement élevée, typiquement comprise entre 11 et 60 bars, soutirée en cuve de la colonne 13 sous forme liquide, amenée à cette seconde pression PO2, vaporisée dans la ligne d'échange par prélèvement de chaleur sur l'air, sans que cette vaporisation soit nécessairement concomitante à la condensation de cet air, puis réchauffée à la température ambiante et évacuée en tant que produit via une conduite 27; et
- de l'azote, que l'on désire, dans cet exemple, produire sous forme gazeuse sous une pression de l'ordre de 5 à 60 bars et de préférence de 25 à 35 bars, soutiré sous forme liquide en tête de la colonne 12, amené par la pompe 11 à cette pression de production, vaporisé dans la ligne d'échange par prélèvement de chaleur sur l'air sans que cette vaporisation soit nécessairement concomitante à la condensation de cet air, réchauffé à la température ambiante, et évacué en tant que produit via une conduite 28.

[0019] Simultanément à la production d'oxygène et d'azote gazeux, l'installation produit des quantités notables de liquide (oxygène et/ou azote). Pour de l'air à 25 bars à la sortie du compresseur 3, la quantité de liquide peut atteindre 40% du débit d'oxygène séparé. On a indiqué sur la Figure 1, outre la conduite 19 d'azote liquide, une conduite 29 de production d'oxygène liquide.

[0020] Le diagramme d'échange thermique de la Figure 2 correspond au schéma de la Figure 1 décrit ci-dessus, avec les données numériques suivantes :

- débit d'air traité : 26.000 Nm²/h
- P1 = 27,5 bars, P2 = 39,5 bars
- T1 = - 35°C, T2 = - 122°C
- la production d'oxygène gazeux est répartie en deux tiers à 12 bars (conduite 26) et un tiers à 42 bars (conduite 27)
- l'installation produit également 1.600 Nm²/h d'azote gazeux pur sous 42 bars (conduite 28), et 1.900 Nm²/h de liquide.

[0021] Le diagramme d'échange comporte une courbe C1 correspondant à l'ensemble des fluides réchauffés, et une courbe C2 correspondant à l'air traité en cours de refroidissement.

[0022] Sur la courbe C1, on voit en A le palier de vaporisation de l'oxygène sous 12 bars, en B une inflexion correspondant au pseudo-palier de vaporisation de l'azote sous 42 bars, et en C le palier de vaporisation de l'oxygène sous 42 bars (plus court que le palier A puisque le débit est plus faible).

[0023] Sur la courbe C2, le point D correspond à l'entrée d'air à la pression P2, à = 32°C, E à l'entrée d'air à la pression P1, à = 12°C, où l'écart de température entre les courbes C2 et C1 est minimal (2°C), ce qui est très favorable, F à l'admission de la turbine 7, qui réduit la pente de la courbe, G à l'admission de la turbine 8, au voisinage du palier C, qui provoque un effet analogue, H au pseudo-palier de condensation de l'air sous la pression P2, au voisinage du pseudo-palier B, et I au genou de condensation de l'air sous la pression P1, en regard du palier A, avec un écart de température minimal et à peu près de même longueur que ce palier A.

[0024] On voit sur la Figure 2 que, sur toute la gamme des températures couverte par la ligne d'échange, les deux courbes sont remarquablement proches l'une de l'autre, ce qui correspond à une grande efficacité thermodynamique globale du procédé.

[0025] En variante, comme représenté en trait interrompu sur la Figure 1, l'installation peut comporter une troisième turbine 30, par exemple freinée par un alternateur 31, adaptée pour détendre à la basse pression une partie de l'air moyenne pression issu de la turbine 7. Comme représenté, l'échappement de la turbine 30 est relié à un point intermédiaire de la colonne 13 ou à la conduite véhiculant l'azote impur résiduaire. L'admission de la turbine 30 est à une température de -100°C à -150°C environ.

[0026] Une telle turbine basse pression est intéressante dans deux cas : d'une part, pour valoriser la faible énergie de séparation lorsque l'oxygène est produit à une pureté comprise entre 85% et 98%, en augmentant la production de liquide sans diminution notable du rendement d'extraction en oxygène; d'autre part, pour augmenter la production de liquide au détriment de celle d'oxygène. Si, comme représenté, l'installation produit de l'argon, il est préférable d'envoyer l'air basse pression dans l'azote impur pour maintenir un bon rendement d'extraction en argon. Dans le cas inverse, cet air basse pression peut être insufflé dans la colonne 13.

[0027] L'installation de la Figure 3 diffère de la précédente par les points suivants :

- la turbine basse pression 30 est freinée par une troisième soufflante 32, dont la roue est rigidement accouplée à celle de cette turbine et qui est montée en série avec les soufflantes 4 et 5, en amont de celles-ci;
- le débit à détendre dans la turbine 30 est supérieur à celui détendu dans la turbine 7. Par suite, la turbine 30 est alimentée d'une part par la totalité de l'air moyenne pression issu de la turbine 7, d'autre part par un complément d'air moyenne pression

provenant de la colonne 12 via une conduite 33 et réchauffé dans la ligne d'échange jusqu'à la température convenable;

- seule la pompe 9 est affectée à l'oxygène, qui est donc produit sous une seule pression et vaporisé en totalité par condensation d'air à l'une des trois pressions disponibles (P1, P2 et la moyenne pression), tandis que les pompes 10 et 11 sont affectées à l'azote, qui est ainsi produit sous deux pressions différentes et, également, vaporisé par condensation d'air.

[0028] Le schéma de la Figure 4 ne diffère de celui de la Figure 1 que par le montage des turbines 7 et 8. En effet, c'est la turbine "chaude" 7 qui est alimentée par de l'air à la plus haute pression P2, tandis que la turbine "froide" 8 est alimentée par de l'air à la pression P1. De plus, la turbine 7 échappe à une pression P3 supérieure à la moyenne pression et, en pratique, comprise entre cette moyenne pression et la pression P1. L'air à la pression P3 est refroidi et liquéfié dans la ligne d'échange, par vaporisation d'oxygène, puis détendu à la moyenne pression dans une vanne de détente 34 avant d'être envoyé dans la colonne 12. Cette disposition est particulièrement intéressante pour une pression d'oxygène comprise entre 3 bars et 8 bars.

[0029] Dans chacun des exemples décrits ci-dessus, la ligne d'échange 2 de l'installation comporte des passages de refroidissement d'air à trois pressions différentes. Une ou plusieurs de ces pressions peuvent être utilisées pour condenser l'air par vaporisation à contre-courant, avec un faible écart de températures de l'ordre de 2°C, d'au moins la majeure partie de l'oxygène séparé, comprimé à l'état liquide à une pression correspondante et vaporisé sous cette pression, de l'oxygène additionnel à une autre pression et/ou de l'azote pouvant éventuellement être, en outre, comprimés à l'état liquide et vaporisés dans la ligne d'échange 2.

[0030] Comme on peut choisir à volonté les pressions P1 et P3, et régler la pression P2 en jouant sur les débits d'air turbiné et sur la pression P1, il en résulte une très grande souplesse de choix des pressions de vaporisation de l'oxygène et éventuellement de l'azote. Lorsque la vaporisation majoritaire d'oxygène condense l'air à la pression P3, on peut ajuster le débit de cet air au débit d'oxygène à vaporiser, c'est-à-dire que ce débit d'air est réglé entre 20% à 30% du débit d'air traité; un tel débit à travers la turbine "chaude" 7 permet en effet de rester au voisinage de l'optimum thermodynamique.

[0031] Il est à noter que, en ce qui concerne la partie minoritaire de l'oxygène et l'azote, leurs pressions de vaporisation peuvent n'être liées en aucune façon aux pressions P1, P2 et P3.

[0032] Par ailleurs, l'installation produit une fraction de l'oxygène et de l'azote sous forme liquide avec une excellente énergie spécifique du fait de l'utilisation de deux turbines de détente à températures d'admission très différentes.

Revendications

1. Procédé de production d'oxygène gazeux sous pression par distillation d'air dans une installation comprenant une ligne d'échange thermique (2) et une double colonne de distillation (1) qui comporte elle-même une première colonne (12), dite colonne moyenne pression, fonctionnant sous une moyenne pression, et une seconde colonne (13), dite colonne basse pression, fonctionnant sous une basse pression, pompage (en 9, 10) d'oxygène liquide soutiré en cuve de la colonne basse pression, et vaporisation de l'oxygène comprimé par échange de chaleur avec de l'air comprimé à une haute pression d'air, la totalité de l'air à traiter étant comprimée à une première pression P1 nettement supérieure à la moyenne pression, l'air à la pression P1 est divisé en seulement deux parties, la première étant refroidie et la deuxième partie étant surpressée à une seconde haute pression P2 et refroidie, la majeure partie au moins de l'oxygène séparé étant soutirée à l'état liquide de la colonne basse pression (13), comprimée par une pompe (9, 10) à au moins une première pression de vaporisation à laquelle il se vaporise par condensation d'air et vaporisée par condensation d'air, caractérisé en ce que :

- la première partie de cet air est refroidie jusqu'à une première température intermédiaire T1, où une première fraction est détendue dans une première turbine (7), tandis que le reste de cette deuxième partie est refroidi et liquéfié, détendu et introduit dans la colonne moyenne pression (12) ;
- la deuxième partie est refroidie jusqu'à une seconde température intermédiaire T2, où un premier débit est détendu dans une seconde turbine (8), tandis que le reste de cette première partie est refroidi et liquéfié, détendu et introduit dans la colonne moyenne pression (12) ;

éventuellement la pression d'échappement de l'une des turbines (7, 8) est réglée à une pression P3 comprise entre ladite première haute pression P1 et la moyenne pression,

- et l'oxygène comprimé se vaporise par condensation d'air à une ou plusieurs des pressions P1, P2, P3.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les températures intermédiaires T1 et T2 sont choisies l'une entre 0°C et -60°C environ et l'autre entre -80°C et -130°C environ.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le débit d'air alimentant la première turbine (7) est de l'ordre de 20 à 30 % du débit d'air traité. 5
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que de l'oxygène liquide additionnel soutiré de la colonne basse pression (13) est comprimé par pompe à au moins une seconde pression de vaporisation et vaporisé à cette ou à ces pressions dans la ligne d'échange thermique (2). 10
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que de l'azote liquide est soutiré de la double colonne (1), comprimé par pompe (10, 11) à au moins une pression de vaporisation d'azote, et vaporisé à cette ou à ces pressions dans la ligne d'échange thermique (2). 15
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on détend à la basse pression dans une troisième turbine (30) une partie au moins de l'air issu de la première ou de la seconde turbine (7, 8), l'air issu de la troisième turbine étant introduit dans la colonne basse pression (13) ou dans le gaz résiduaire évacué de la partie supérieure de cette colonne. 20
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'on détend dans la troisième turbine (30) la totalité dudit air issu de la première ou de la deuxième turbine (7, 8), cet air se trouvant sensiblement à la moyenne pression, ainsi qu'un débit complémentaire d'air soutiré en cuve de la colonne moyenne pression (12). 25
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la surpression de l'air est réalisée au moyen d'au moins deux soufflantes (4, 5, 32) en série couplées chacune à l'une des turbines (7, 8, 30). 30
9. Installation de production d'oxygène gazeux sous pression pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, du type comprenant une double colonne de distillation d'air (1) comprenant une colonne, dite colonne basse pression (13), fonctionnant sous une basse pression, et une colonne, dite colonne moyenne pression (12) fonctionnant sous une moyenne pression, une pompe (9, 10) de compression d'oxygène liquide soutiré en cuve de la colonne basse pression (13), des moyens de compression (3, 4, 5, 32) pour amener de l'air à distiller à une haute pression d'air nettement supérieure à la moyenne pression, et une ligne d'échange thermique (2) pour mettre en relation d'échange thermique l'air à la haute pression et l'oxygène liquide comprimé, les moyens de compression comprenant un compresseur (3) pour amener la totalité de l'air à distiller à une première haute pression P1 nettement supérieure à la moyenne pression, et des moyens (4, 5, 32) de surpression d'une fraction de l'air sous cette première haute pression jusqu'à une seconde haute pression P2, caractérisée en ce que ces moyens de surpression comprennent au moins deux soufflantes en série couplées chacune à une turbine de détente (7, 8, 30), une soufflante (4, 5) étant couplée à une première turbine (7) de détente d'air sous la première haute pression P1 et une autre soufflante (5 ; 4) étant couplée à une seconde turbine (8) de détente d'une partie de l'air surpressé, et en ce que la ligne d'échange thermique (2) comprend des passages de refroidissement de l'air issu de la première turbine (7) ayant la plus haute température d'admission et/ou la température T1 d'admission de l'une (7) des deux turbines est comprise entre 0°C et -60°C environ, tandis que celle T2 de la deuxième turbine (8) est comprise entre -80°C et -130°C environ. 35
10. Installation selon la revendication 9, caractérisée en ce qu'elle comprend une deuxième pompe (10) d'oxygène liquide ou d'azote liquide, et éventuellement une troisième pompe (11) d'oxygène liquide ou d'azote liquide, et en ce que la ligne d'échange thermique (2) comporte des passages de vaporisation-réchauffement correspondants. 40
11. Installation selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisée en ce qu'elle comprend une troisième turbine (30) de détente à la basse pression d'une partie au moins de l'air issu de la turbine (7) ayant la plus haute température d'admission, et des moyens pour introduire l'air issu de la troisième turbine dans la colonne basse pression (13) ou dans une conduite de gaz résiduaire de cette colonne. 45
12. Installation selon la revendication 11, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens (33) pour compléter l'alimentation de la troisième turbine (30) avec de l'air soutiré en cuve de la colonne moyenne pression (12), ledit air issu de la turbine (7) ayant la plus haute température d'admission étant sensiblement à la moyenne pression. 50
13. Installation selon l'une des revendications 11 et 12 dans laquelle la troisième turbine (30) est freinée par un alternateur (31) ou par une soufflante (32) d'air. 55
14. Installation selon la revendication 13, dans laquelle la soufflante (32) couplée à la troisième turbine (30) est montée en série avec les autres soufflantes (4,

5).

(7) is of the order of 20 to 30 % of the flow of treated air.

Claims

1. Process for producing gaseous oxygen under pressure by distilling air in an installation comprising a heat exchange line (2) and a double distillation column (1) which itself comprises a first column (12), a so-called medium pressure column, operating at a medium pressure, and a second column (13), a so-called low pressure column, operating at a low pressure, pumping (in 9, 10) liquid oxygen withdrawn from the bottom of the low pressure column, and vaporizing compressed oxygen by heat exchange with air compressed to a high air pressure, all the air to be treated being compressed to a first pressure P1 markedly greater than the medium pressure, the air at pressure P1 being divided into only two parts, the first being cooled and the second part being boosted to a second high pressure P2 and cooled, at least the major part of the oxygen separated being withdrawn in the liquid state from the low pressure column (13), compressed by a pump (9, 10) to at least a first vaporization pressure at which it vaporizes by condensation of air and is vaporized by condensation of air, characterized in that :
- the first part of this air is cooled to a first intermediate temperature T1, where a first fraction is expanded in a first turbine (7), while the remainder of this second part is cooled and liquefied, expanded and introduced into the medium pressure column (12);
 - the second part is cooled to a second intermediate temperature T2, where a first stream is expanded in a second turbine (8), while the remainder of this first part is cooled and liquefied, expanded and introduced into the medium pressure column (12);
- as required, the exhaust pressure from one of the turbines (7, 8) is adjusted to a pressure P3 between the said first high pressure P1 and the medium pressure,
- and the compressed oxygen vaporizes by condensation of air at one or more of the pressures P1, P2, P3.
2. Process according to claim 1, characterized in that the intermediate temperatures T1 and T2 are selected, one between about 0°C and -60°C and the other between about -80°C and -130°C.
3. Process according to either of claims 1 or 2, characterized in that the air flow feeding the first turbine
4. Process according to any one of claims 1 to 3, characterized in that additional liquid oxygen withdrawn from the low pressure column (13) is compressed by a pump to at least a second vaporization pressure and vaporized at this pressure or at these pressures in the heat exchange line (2).
5. Process according to any one of claims 1 to 4, characterized in that liquid nitrogen is withdrawn from the double column (1), compressed by a pump (10, 11) to at least a vaporization pressure of nitrogen, and vaporized at this pressure or at these pressures in the heat exchange line (2).
6. Process according to any one of claims 1 to 5, characterized in that at least part of the air coming from the first or second turbine (7, 8) is expanded to the low pressure in a third turbine (30), the air coming from the third turbine being introduced into the low pressure column (13) or into the residual gas evacuated from the upper part of this column.
7. Process according to claim 6, characterized in that there is expanded in the third turbine (30) all the said air coming from the first or second turbine (7, 8), this air being substantially at the medium pressure, as well as a supplementary stream of air withdrawn from the bottom of the medium pressure column (12).
8. Process according to any one of claims 1 to 7, characterized in that the air is boosted in pressure by means of at least two blowers (4, 5, 32) in series, each coupled to one of the turbines (7, 8, 30).
9. Installation for producing gaseous oxygen under pressure for the application of a process according to any one of claims 1 to 8, of the type comprising a double air distillation column (1) comprising a column, the so-called low pressure column (13), operating at a low pressure, and a column, the so-called medium pressure column (12) operating at a medium pressure, a pump (9, 10) for compressing liquid oxygen withdrawn from the bottom of the low pressure column (13), means of compression (3, 4, 5, 32) for bringing the air to be distilled to a high air pressure, markedly greater than the medium pressure, and a heat exchange line (2) for putting the air at a high pressure and the compressed liquid oxygen in a heat exchange relationship, the means of compression comprising a compressor (3) for bringing all the air to be distilled to a first high pressure P1 markedly greater than the medium pressure, and means (4, 5, 32) for boosting a fraction of the air at this first high pressure to a second high

pressure P2,

characterized in that these means of boosting the pressure comprise at least two blowers in series, each coupled to an expansion turbine (7, 8, 30), one blower (4, 5) being coupled to a first turbine (7) for expanding air at the first high pressure P1 and another blower (5, 4) being coupled to a second turbine (8) for expanding part of the boosted air, and in that the heat exchange line (2) comprises passages for cooling the air coming from the first turbine (7) having the higher inlet temperature and/or the inlet temperature T1 of one (7) of the two turbines is between about 0°C and -60°C, while that T2 of the second turbine (8) is between about -80°C and -130°C.

10. Installation according to claim 9, characterized in that it comprises a second pump (10) for liquid oxygen or liquid nitrogen, and possibly a third pump (11) for liquid oxygen or liquid nitrogen, and in that the heat exchange line (2) comprises corresponding vaporization-reheating passages.

11. Installation according to either of claims 9 or 10, characterized in that it comprises a third turbine (30) for expanding to the low pressure at least part of the air coming from the turbine (7) having the higher inlet temperature, and means for introducing the air coming from the third turbine into the low pressure column (13) or into a residual gas conduit of this column.

12. Installation according to claim 11, characterized in that it comprises means (33) for supplementing the feed to the third turbine (30) with air withdrawn from the bottom of the medium pressure column (12), the said air coming from the turbine (7) having the higher inlet temperature being substantially at the medium pressure.

13. Installation according to either of claims 11 or 12, wherein the third turbine (30) is braked by an alternator (31) or by an air blower (32).

14. Installation according to claim 13, wherein the blower (32) coupled to the third turbine (30) is mounted in series with the other blowers (4, 5).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung gasförmigen Sauerstoffs unter Druck durch Destillation von Luft in einer Vorrichtung mit einer Wärmeaustauschleitung (2) und einer Destillationsdoppelkolonne (1), die selbst wiederum eine als Mitteldruckkolonne bezeichnete und unter einem mittleren Druck arbeitende erste Kolonne (12) und eine als Niederdruckkolonne bezeichnete und unter einem niedrigen Druck

arbeitende zweite Kolonne (13) umfaßt, Pumpen (bei 9, 10) flüssigen, am Sumpf der Niederdruckkolonne entnommenen Sauerstoffs und Verdampfen des verdichteten Sauerstoffs durch Austausch von Wärme gegen auf einen hohen Luftdruck verdichtete Luft, wobei die gesamte, zu verarbeitende Luft auf einen ersten Druck P1 deutlich größer als der mittlere Druck verdichtet wird, die Luft mit dem Druck P1 in nur zwei Teile aufgeteilt wird, von welchen der erste Teil abgekühlt und der zweite Teil auf einen zweiten hohen Druck P2 nachverdichtet und abgekühlt wird, der Großteil zumindest des abgetrennten Sauerstoffs in flüssiger Form der Niederdruckkolonne (13) entnommen, durch eine Pumpe (9, 10) auf wenigstens einen ersten Verdampfungsdruck, bei dem er durch Kondensation von Luft verdampft, komprimiert und durch Kondensation von Luft verdampft wird, dadurch gekennzeichnet, daß:

- der erste Teil dieser Luft bis auf eine erste Zwischentemperatur T1 abgekühlt wird, auf der eine erste Fraktion in einer ersten Turbine (8) entspannt wird, während der Rest dieses ersten Teils abgekühlt, verflüssigt, entspannt und in die Mitteldruckkolonne (12) eingeleitet wird;

- der zweite Teil bis auf eine zweite Zwischentemperatur T2 abgekühlt wird, auf der eine erste Menge in einer zweiten Turbine (8) entspannt wird, während der Rest dieses ersten Teils abgekühlt, verflüssigt, entspannt und in die Mitteldruckkolonne (12) eingeleitet wird;

gegebenenfalls der Verdichtungsdruck einer der Turbinen (7, 8) auf einen Druck P3 zwischen dem ersten, hohen Druck und dem mittleren Druck geregelt wird,

- und der verdichtete Sauerstoff durch Kondensation von Luft bei einem oder mehreren der Drücke P1, P2, P3 verdampft.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Zwischentemperaturen T1 und T2 aus dem Bereich zwischen etwa 0°C und -60°C und die andere aus dem Bereich zwischen etwa -80°C und -130°C gewählt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß etwa 20 bis 30% der verarbeiteten Luftmenge die erste Turbine (7) speisen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß am Sumpf der Niederdruckkolonne (13) entnommener zusätzlicher, flüssiger Sauerstoff durch Pumpen auf zumindest

- einen zweiten Verdampfungsdruck verdichtet und bei diesem oder diesen Drücken in der Wärmeaustauschleitung (2) verdampft wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß flüssiger Stickstoff der Doppelkolonne (1) entnommen, durch Pumpen (10, 11) auf zumindest einen Stickstoffverdampfungsdruck verdichtet und bei diesem oder diesen Drücken in der Wärmeaustauschleitung (2) verdampft wird. 5 10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Teil der aus der ersten (7) oder der zweiten (8) Turbine ausgetretenen Luft in einer dritten Turbine (30) auf den niedrigen Druck entspannt und die aus der dritten Turbine ausgetretene Luft in die Niederdruckkolonne (13) oder in das aus dem oberen Teil dieser Kolonne ausgeleitete Restgas eingeleitet wird. 15 20
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß in der dritten Turbine (30) die gesamte aus der ersten (7) oder zweiten (8) Turbine ausgetretene Luft, wobei diese sich im wesentlichen auf dem mittleren Druck befindet, sowie eine am Sumpf der Mitteldruckkolonne (12) entnommene Zusatzluftmenge entspannt werden. 25
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Luft mittels zumindest zwei aufeinanderfolgend angeordneten Verdichtern (4, 5, 32) nachverdichtet wird, die jeweils mit einer der Turbinen (7, 8, 30) gekuppelt sind. 30 35
9. Zur Herstellung gasförmigen Sauerstoffs unter Druck dienende Vorrichtung zur Anwendung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, umfassend eine Doppelkolonne (1) zur Destillation von Luft mit einer als Niederdruckkolonne (13) bezeichneten, unter einem ersten Druck arbeitenden Kolonne und einer als Mitteldruckkolonne (12) bezeichneten, unter einem mittleren Druck arbeitenden Kolonne, eine Pumpe (9, 10) zum Verdichten flüssigen, am Sumpf der Niederdruckkolonne (13) entnommenen Sauerstoffs, Verdichtermittel (3, 4, 5, 32) zum Bringen der zu destillierenden Luft auf einen hohen Luftdruck deutlich größer als der mittlere Druck, und eine Wärmeaustauschleitung (2) zum Herstellen einer Wärmeaustauschbeziehung zwischen der Luft auf dem hohen Druck und dem verdichteten, flüssigen Sauerstoff, wobei die Verdichtermittel einen Verdichter (3) zum Bringen der gesamten, zu destillierenden Luft auf einen ersten hohen Druck P1 deutlich größer als der mittlere Druck und Mittel (4, 5, 32) zum Nachverdichten eines Teils der Luft unter diesem ersten hohen Druck bis auf einen zweiten hohen Druck umfassen, 40 45 50 55
- dadurch gekennzeichnet, daß diese Nachverdichtermittel zumindest zwei aufeinanderfolgend angeordnete, jeweils mit einer Entspannungsturbine (7, 8, 30) gekuppelte Verdichter umfassen, wobei ein Verdichter (4, 5) mit einer ersten Turbine (7) zur Entspannung von Luft unter dem ersten hohen Druck P1 und ein weiterer Verdichter (5; 4) mit einer zweiten Turbine (8) zur Entspannung eines Teils der nachverdichteten Luft gekuppelt sind, und dadurch, daß die Wärmeaustauschleitung (2) Abschnitte zur Kühlung der aus der ersten, die höhere Einlaßtemperatur besitzenden Turbine (7) ausgetretenen Luft aufweist und/oder die Einlaßtemperatur T1 der einen (7) der beiden Turbinen zwischen etwa 0°C und -60°C liegt, während die Einlaßtemperatur T2 der zweiten Turbine (8) zwischen etwa -80°C und -130°C beträgt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch eine zweite Pumpe (10) für flüssigen Sauerstoff oder flüssigen Stickstoff und eventuell eine dritte Pumpe (11) für flüssigen Sauerstoff oder flüssigen Stickstoff, und dadurch, daß die Wärmeaustauschleitung (2) entsprechende Verdampfer-Erwärmer-Abschnitte umfaßt.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, gekennzeichnet durch eine dritte Turbine (30) zur Entspannung zumindest eines Teils der aus der Turbine (7) mit der höheren Einlaßtemperatur ausgetretenen Luft auf den niedrigen Druck, und Mittel zum Einleiten der aus der dritten Turbine ausgetretenen Luft in die Niederdruckkolonne (13) oder in eine Leitung mit aus dieser Kolonne stammendem Restgas.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch Mittel (33), die die Speisegasversorgung der dritten Turbine (30) durch am Sumpf der Mitteldruckkolonne (12) entnommene Luft vervollständigen, wobei die aus der Turbine (7) mit der höheren Einlaßtemperatur ausgetretene Luft im wesentlichen den mittleren Druck hat.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Turbine (30) durch einen Generator (31) oder durch einen Luftverdichter (32) gebremst wird.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der mit der dritten Turbine (30) gekuppelte Verdichter (32) in Reihe mit den anderen Verdichtern (4, 5) angeordnet ist.

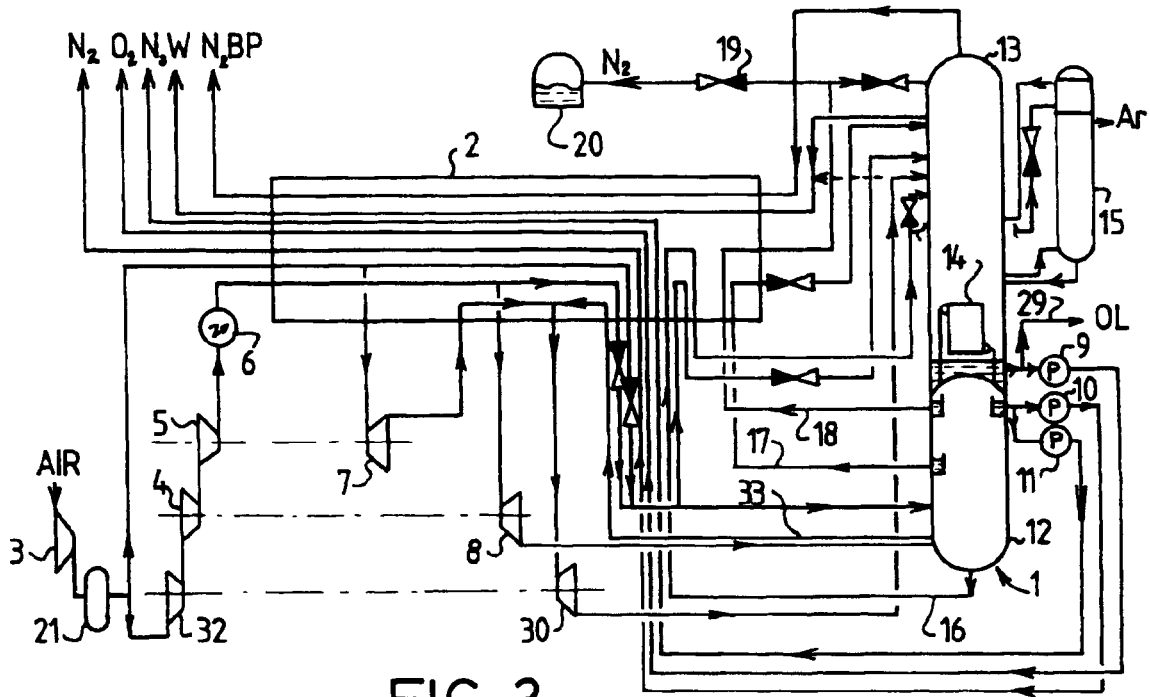


FIG. 3

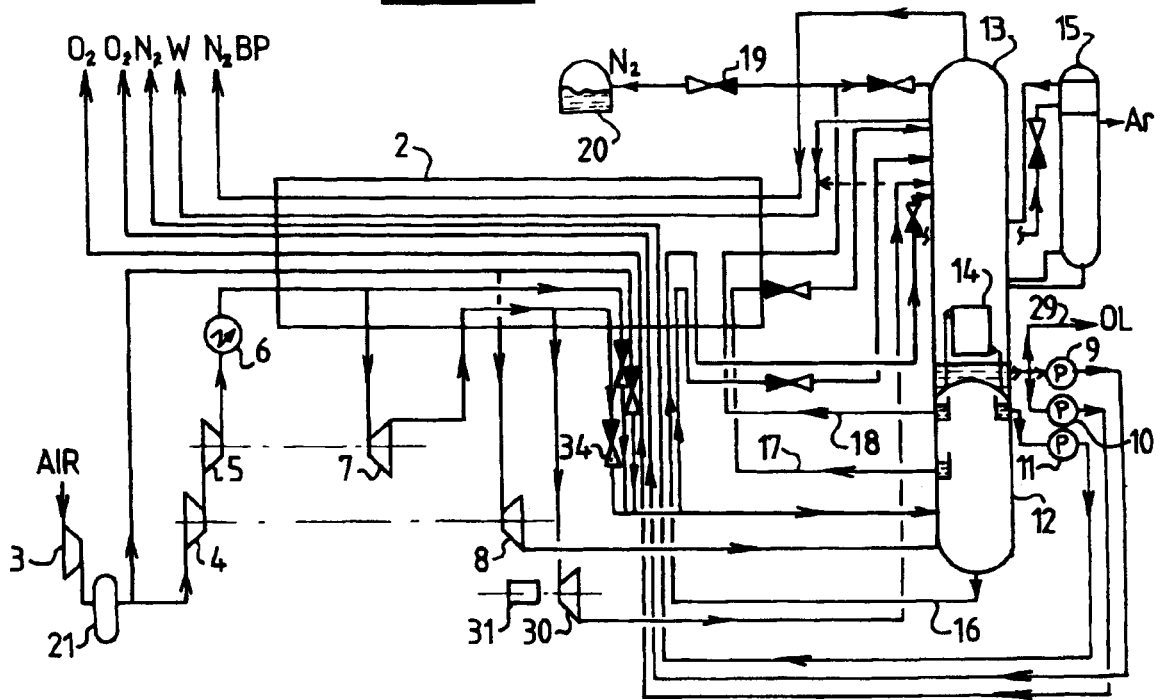


FIG. 4