

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 284 403 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**21.12.2005 Patentblatt 2005/51**

(51) Int Cl.7: **F25J 3/04**

(21) Anmeldenummer: **01125721.9**

(22) Anmeldetag: **27.10.2001**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung von Sauerstoff durch Tieftemperatur-Zerlegung von Luft**

Process and apparatus for the production of oxygen by low temperature air separation

Procédé et appareil de production d'oxygène par séparation d'air cryogénique

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**

(30) Priorität: **09.08.2001 DE 10139097**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.02.2003 Patentblatt 2003/08**

(73) Patentinhaber: **Linde Aktiengesellschaft  
65189 Wiesbaden (DE)**

(72) Erfinder: **Lochner, Stefan, Dipl.-Ing.  
85567 Grafing (DE)**

(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar  
Linde AG  
Zentrale Patentabteilung  
Dr.-Carl-von-Linde-Strasse 6-14  
82049 Höllriegelskreuth (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 518 491 EP-A- 0 672 877  
DE-B- 1 229 561 US-A- 4 818 262  
US-A- 4 869 742 US-A- 5 355 681**

**EP 1 284 403 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Sauerstoff durch Tieftemperatur-Zerlegung von Luft in einem Destilliersystem, das eine Sauerstoffsäule aufweist, wobei ein erster Luftstrom arbeitsleistend entspannt und mindestens teilweise in die Sauerstoffsäule eingeleitet wird, ein weiterer Einsatzstrom, dessen Sauerstoffgehalt mindestens gleich demjenigen der Einsatzluft ist, auf den Kopf der Sauerstoffsäule aufgegeben wird, mindestens ein Sauerstoff-Produktstrom aus dem unteren Bereich der Sauerstoffsäule entnommen wird und ein Restgasstrom vom Kopf der Sauerstoffsäule abgezogen wird.

**[0002]** Die Grundlagen der Tieftemperaturzerlegung von Luft im Allgemeinen sowie der Aufbau von Einzel- und Doppelsäulen-Anlagen im Speziellen sind in der Monografie "Tieftemperaturtechnik" von Hausen/Linde (2. Auflage, 1985) beschrieben. Ein Verfahren der eingangs genannten Art mit einer als Einzelsäule ausgebildeten Sauerstoffsäule ist aus DE 1229561 B bekannt.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, die mit relativ geringem apparativen und/oder energetischem Aufwand eine besonders hohe Flüssigproduktion erlauben, wobei insbesondere die Herstellung entsprechender Mengen flüssigen Sauerstoffs und/oder flüssigen Stickstoffs in dem Destilliersystem möglich sein soll.

**[0004]** Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Restgasstrom vom Kopf der Sauerstoffsäule arbeitsleistend entspannt wird. Auf diese Weise kann zusätzlich Kälte für die Produktverflüssigung gewonnen werden, ohne dass hoher Aufwand wie ein zusätzlicher extern angetriebener Verdichter oder gar ein Kreislauf notwendig wären.

**[0005]** Damit eine Druckdifferenz für die arbeitsleistende Entspannung des Restgasstroms vorhanden ist, wird die Sauerstoffsäule unter einem überatmosphärischen Druck betrieben. Der Betriebsdruck der Sauerstoffsäule beträgt beispielsweise mindestens 1,7 bar, vorzugsweise 1,7 bis 3,5 bar, höchst, vorzugsweise 2,0 bis 3,0 bar.

**[0006]** In einer ersten Variante der Erfindung ist die Sauerstoffsäule als Einzelsäule ausgebildet. Diese wird durch indirekten Wärmeaustausch mit einem Heizmittel aufgeköcht. Als Heizmittel wird vorzugsweise ein zweiter Luftstrom eingesetzt. Dieser kann beispielsweise gemeinsam mit dem ersten Luftstrom auf den dafür benötigten Druck verdichtet werden. Der zweite Luftstrom kondensiert bei dem indirekten Wärmeaustausch teilweise oder vollständig und wird anschließend als weiterer Einsatzstrom auf den Kopf der Sauerstoffsäule aufgegeben.

**[0007]** In einer zweiten Variante der Erfindung weist das Destilliersystem zwei Säulen auf, eine Hochdrucksäule und eine Niederdrucksäule, die über einen Kondensator-Verdampfer in wärmetauschender Verbindung stehen. Die Sauerstoffsäule wird durch die Nieder-

drucksäule des Zwei-Säulen-Systems gebildet. Ein zweiter Luftstrom wird in die Hochdrucksäule eingeleitet. Hochdrucksäule und Niederdrucksäule können als Doppelsäule mit dazwischen liegendem Hauptkondensator (Kondensator-Verdampfer) ausgebildet sein. Der weitere Einsatzstrom für die Sauerstoffsäule (Niederdrucksäule) wird in diesem Fall vorzugsweise durch eine flüssige sauerstoffangereicherte Fraktion aus dem unteren Bereich der Hochdrucksäule gebildet. Diese weist im Allgemeinen eine Sauerstoffkonzentration von beispielsweise 20 bis 41 mol%, vorzugsweise 21 bis 30 mol% auf.

**[0008]** In Abweichung von einer klassischen Linde-Doppelsäule wird die sauerstoffangereicherte Fraktion aus der Hochdrucksäule nicht an einer Zwischenstelle eingespeist, sondern am Kopf der Niederdrucksäule aufgegeben. Der Restgasstrom, der am Niederdrucksäulen-Kopf abgenommen wird, ist damit kein reines Stickstoffprodukt, sondern weist einen Sauerstoffgehalt auf, der kleiner ist als 21 mol%, aber mindestens 5 mol%, insbesondere mindestens 10 mol% beträgt. In der Praxis liegt der Sauerstoffgehalt des Restgasstroms beispielsweise bei 14 bis 18 mol%, vorzugsweise bei 15 bis 17 mol%.

**[0009]** Es sind zwar Ein- beziehungsweise Zwei-Säulen-Verfahren bekannt (EP 584420 A, EP 518491 A), bei denen sowohl arbeitsleistend entspannte Luft in die Einzelbeziehungsweise Niederdrucksäule eingeblasen, als auch ein stickstoffreicher Strom aus der Einzelbeziehungsweise Niederdrucksäule turbinenentspannt wird. Diese Prozesse unterscheiden sich jedoch grundsätzlich vom Typ der eingangs genannten Art. Während bei der Erfindung Luft oder eine sauerstoffangereicherte Fraktion auf den Kopf der Einzel- beziehungsweise Niederdrucksäule aufgegeben wird, verwenden diese Verfahren stickstoffangereicherte Flüssigkeit als Rücklauf in dieser Säule, die damit eine andere Funktion erfüllt und deutlich komplizierter aufgebaut ist.

**[0010]** Die Kälteleistung bei der arbeitsleistenden Entspannung des ersten Luftstroms kann bei beiden Varianten der Erfindung dadurch erhöht werden, dass der erste Luftstrom stromaufwärts seiner arbeitsleistenden Entspannung nachverdichtet wird. Die Nachverdichtung kann separat oder gemeinsam mit einem oder mehreren anderen Luftströmen erfolgen. Beispielsweise kann die Gesamtluft nachverdichtet werden. Mindestens ein Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung des ersten Luftstroms und/oder des Restgasstroms erzeugten mechanischen Energie kann dabei für die Nachverdichtung eingesetzt werden. Hierfür wird vorzugsweise eine direkte mechanische Kopplung zwischen entsprechender Entspannungsmaschine und entsprechendem Nachverdichter vorgenommen. Falls zwei Nachverdichter vorgesehen sind, können diese parallel oder seriell geschaltet sein. Anstelle der mechanischen Kopplung können eine oder mehrere Generatorturbinen eingesetzt werden.

**[0011]** Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrich-

tung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß Patentanspruch 8.

**[0012]** Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Figur 1 ein vereinfachtes Schema eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung in Form eines Doppelsäulen-Systems,
- Figur 2 eine Abwandlung mit einem Turbinen-Booster,
- Figur 3 eine weitere Abwandlung mit zwei Turbinen-Boostern,
- Figur 4 ein Einzelsäulen-System gemäß der Erfindung und
- Figur 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel mit Doppelsäule und Innenverdichtung.

**[0013]** Einander entsprechende Verfahrensschritte beziehungsweise Bauteile sind in den Zeichnungen mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

**[0014]** In der Verfahren von **Figur 1** wird über Leitung 1 verdichtete und gereinigte Luft herangeführt. Sie steht unter einem Druck von beispielsweise 10,5 bar und wird in einen ersten Luftstrom 2 und einen zweiten Luftstrom 3 aufgeteilt. Beide werden in einem Hauptwärmetauscher 4 abgekühlt.

**[0015]** Der erste Luftstrom wird dem Hauptwärmetauscher bei einer Zwischentemperatur (zwischen dem warmen und dem kalten Ende) über Leitung 21 entnommen und in einer ersten Entspannungsmaschine 22 arbeitsleistend auf einen Druck von etwa 3 bar entspannt. Der arbeitsleistend entspannte erste Luftstrom wird ganz oder teilweise über Leitung 23 der Niederdrucksäule 7 eines Doppelsäulen-Systems zugeführt, das außerdem eine Hochdrucksäule 6 und einen Hauptkondensator (Kondensator-Verdampfer) 8 aufweist. (Die Niederdrucksäule bildet hier die Sauerstoffsäule im Sinne der Erfindung.) Ein Teil (im Allgemeinen 0 bis 60 %, beispielsweise 50 %) der in 22 entspannten Luft kann über eine Luft-Bypass-Leitung 46 an der Niederdrucksäule 7 vorbeigeführt werden.

**[0016]** Bis zum kalten Ende des Hauptwärmetauschers 4 wird der zweite Luftstrom 3 abgekühlt. Von dort aus strömt er über Leitung 9 in die Hochdrucksäule 6.

**[0017]** Der am Kopf der Hochdrucksäule anfallende gasförmige Stickstoff 10 wird im Hauptkondensator 8 kondensiert. Die dabei gebildete Flüssigkeit 11 wird zu einem ersten Teil 12 als Rücklauf auf die Hochdrucksäule aufgegeben und zu einem zweiten Teil 13 als Flüssigprodukt (LIN) gewonnen. Sauerstoffangereicherte Sumpfflüssigkeit 5 der Hochdrucksäule 6 wird im Hauptwärmetauscher 4 unterkühlt und anschließend über Leitung 14 und Drosselventil 15 auf den Kopf der Niederdrucksäule 7 als weiterer Einsatzstrom aufgegeben. (Alternativ zu der in der Zeichnung dargestellten Verfahrensweise kann die Unterkühlung in einem separaten

Wärmetauscher vorgenommen werden.)

**[0018]** Dem Sumpf der Niederdrucksäule 7 wird Sauerstoff 16 - in dem vorliegenden Beispiel ausschließlich in flüssiger Form - als Sauerstoff-Produktstrom 16 entnommen. Vom Kopf der Niederdrucksäule 7 wird ein Restgasstrom 17 mit einem Sauerstoffgehalt von beispielsweise 15 mol% abgezogen und im Hauptwärmetauscher 4 auf eine Zwischentemperatur angewärmt, die etwa gleich der Temperatur des ersten Luftstroms 21 vor seiner arbeitsleistenden Entspannung 22 ist. Das angewärmte Restgas 18 wird in einer zweiten Entspannungsmaschine 19 arbeitsleistend entspannt, über Leitung 20 wieder dem kalten Ende des Hauptwärmetauschers 4 zugeführt und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt. (Die Bypass-Leitung 24 dient zur Regelung der Kälteleistung der Entspannungsmaschine 19.) Das warme Restgas 25 kann als Regeneriergas für eine (nicht dargestellte) Vorrichtung zur Reinigung der Einsatzluft eingesetzt werden.

**[0019]** Die beiden Entspannungsmaschinen 22, 19 werden vorzugsweise durch Expansions-Turbinen gebildet. Als Bremsvorrichtungen 26, 27 kommen alle bekannten Mittel in Frage; in dem Beispiel der Figur 1 werden dissipative Bremsen oder Generatoren eingesetzt.

**[0020]** Davon abweichend wird die erste Entspannungsmaschine 22 in **Figur 2** durch einen Nachverdichter (Turbinen-Booster) 227 gebildet. Dieser dient zur Nachverdichtung des ersten Luftstroms 2, 229 auf einen Druck, der höher als der in Leitung 1 herrschende Druck ist. Dazu wird der erste Luftstrom 202 in einem Wärmetauscher 228 angewärmt, im Nachverdichter 227 komprimiert, durch einen Nachkühler 230 geleitet, im Wärmetauscher 228 wieder abgekühlt und über Leitung 231 analog zu Figur 1 dem warmen Ende des Hauptwärmetauschers 4 zugeführt. (Der Wärmetauscher 228 dient zur Optimierung, kann jedoch auch weggelassen werden, um die Apparatkosten zu reduzieren.)

**[0021]** In **Figur 3** ist zwischen den Nachverdichter 227 und den Nachkühler 230 ein weiterer Nachverdichter 332 geschaltet, der von der zweiten Entspannungsmaschine 19 angetrieben wird und eine weitere Druckerhöhung im ersten Luftstrom 231 bewirkt. Auf einen Kühler zwischen den beiden Nachverdichtern wurde in dem Beispiel verzichtet. Alternativ dazu könnte an dieser Stelle ein weiterer Nachkühler (Zwischenkühler) angeordnet sein. Eine weitere mögliche Abwandlung besteht in der Verwendung eines Wärmetauschers, wie er mit dem Bezugszeichen 228 in Figur 2 gezeigt ist. Ebenso könnte der erste Nachverdichter 227 mit der zweiten Entspannungsmaschine 19 gekoppelt sein.

**[0022]** Falls kein Stickstoff-Produkt benötigt wird, kann die Hochdrucksäule weggelassen werden, wie es in **Figur 4** dargestellt ist. Hier wird das Destilliersystem durch eine als Einzelsäule 407 ausgebildete Sauerstoffsäule mit Sumpfaufkocher 408 gebildet. Der zweite Luftstrom 409 wird unter einem Druck von etwa 10 bar im Verflüssigungsraum des Sumpfaufkochers 408 kondensiert. Die verflüssigte Luft 405 wird - analog zur Sumpf-

flüssigkeit der Hochdrucksäule in Figur 1- im Hauptwärmetauscher 4 unterkühlt und über 414 und 415 auf den Kopf der Säule 407 aufgegeben, die unter etwa 3 bar betrieben wird. Die übrigen Verfahrensschritte sind dieselben wie in Figur 1. Selbstverständlich können auch die Turbinen-Booster-Schaltungen der Figuren 2 und 3 auf die in Figur 4 gezeigte Säulenkonfiguration angewendet werden.

**[0023]** Figur 5 basiert auf dem Ausführungsbeispiel der Figur 3 und zeigt eine Reihe zusätzlicher Optionen, die - wie dargestellt - gemeinsam oder auch einzeln im Rahmen der Erfindung verwirklicht werden können.

**[0024]** Der Unterkühlungs-Gegenströmer 533, in dem die Sumpfflüssigkeit 5 der Hochdrucksäule 6 gegen Restgas 17 vom Kopf der Niederdrucksäule 7 abgekühlt wird, ist als separater Wärmetauscher ausgebildet und nicht in den Hauptwärmetauscher 504 integriert.

**[0025]** Ein Teil des am Kopf der Hochdrucksäule 6 gewonnenen gasförmigen Stickstoffs wird nicht über Leitung 10 zum Hauptkondensator 8 geführt, sondern strömt über Leitung 534 zum Hauptwärmetauscher 504 und wird schließlich als gasförmiges Druckprodukt 547 (PGAN) abgezogen.

**[0026]** Flüssiger Stickstoff aus der Hochdrucksäule 6 beziehungsweise dem Hauptkondensator 8 wird nicht nur direkt als Flüssigprodukt 513 gewonnen, sondern auch über Leitung 535 einer Innenverdichtung zugeführt. Dazu wird die Flüssigkeit in einer Pumpe 536 auf den gewünschten hohen Produktdruck gebracht, über Leitung 537 zum Hauptwärmetauscher 504 geführt, dort gegen den zweiten Luftstrom 3 verdampft (oder pseudo-verdampft, falls der Produktdruck überkritisch ist) und schließlich auf Umgebungstemperatur angewärmt. In Leitung 538 steht nun ein Stickstoffprodukt (PGAN-IC) unter besonders hohem Druck zur Verfügung.

**[0027]** Alternativ oder zusätzlich kann ein Sauerstoff-Produktstrom innenverdichtet werden. Hierzu wird über Leitung 539 flüssiger Sauerstoff aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule 7 entnommen (aus dem Sumpf oder - wie dargestellt - von oberhalb des Sumpfs), mittels einer Pumpe 540 auf den gewünschten hohen Produktdruck gebracht, über Leitung 541 zum Hauptwärmetauscher 504 geführt, dort gegen den zweiten Luftstrom 3 verdampft (oder pseudo-verdampft, falls der Produktdruck überkritisch ist) und schließlich auf Umgebungstemperatur angewärmt. In Leitung 542 steht nun ein Sauerstoffprodukt (GOX-IC) unter hohem Druck zur Verfügung.

**[0028]** Die unterkühlte sauerstoffangereicherte-Flüssigkeit 14 aus der Hochdrucksäule 6 wird nach ihrer Entspannung zunächst in einen Abscheider (Phasentrenner) 543 eingeleitet. Von dort strömt nur der flüssige Anteil 544 als weiterer Einsatzstrom zum Kopf der Niederdrucksäule 7, während der Dampf 545 direkt in die Restgasleitung 17 eingeführt wird. Die Phasentrennung kann alternativ zu der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform in einem innerhalb der Säule angeordneten Abscheider stattfinden, oder aber in einem

einfachen Gerinne, vorzugsweise am Kopf der Niederdrucksäule. Über eine weitere Bypass-Leitung 546 kann ein Teil der in 22 entspannten Luft 23 an der Niederdrucksäule 7 vorbeigeführt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Sauerstoff durch Tieftemperatur-Zerlegung von Luft in einem Destilliersystem, das eine Sauerstoffsäule aufweist, wobei

- ein erster Luftstrom (2, 21, 229, 231) arbeitsleistend entspannt (22) und mindestens teilweise in die Sauerstoffsäule (7, 407) eingeleitet wird,
- ein weiterer Einsatzstrom (5, 14, 405, 414), dessen Sauerstoffgehalt mindestens gleich demjenigen der Einsatzluft ist, auf den Kopf der Sauerstoffsäule (7, 407) aufgegeben wird,
- mindestens ein Sauerstoff-Produktstrom (16, 539) aus dem unteren Bereich der Sauerstoffsäule (7, 407) entnommen wird und
- ein Restgasstrom (17, 18, 20, 25) vom Kopf der Sauerstoffsäule (7, 407) abgezogen wird,

**dadurch gekennzeichnet, dass** der Restgasstrom (17, 18, 20, 25) arbeitsleistend entspannt (19) wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sauerstoffsäule als Einzelsäule (407) ausgebildet ist und durch indirekten Wärmeaustausch (408) mit einem Heizmittel (409) aufgekocht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zweiter Luftstrom (409) als Heizmittel eingesetzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Luftstrom (414) stromabwärts des indirekten Wärmeaustauschs (408) zum Aufkochen der Einzelsäule (407) mindestens teilweise als weiterer Einsatzstrom für die Einzelsäule (407) eingesetzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sauerstoffsäule als Niederdrucksäule (7) eines Zwei-Säulen-Systems ausgebildet ist, das außerdem eine Hochdrucksäule (6) aufweist, wobei die Niederdrucksäule (7) und die Hochdrucksäule (6) über einen Kondensator-Verdampfer (8) in wärmetauschender Verbindung stehen und ein zweiter Luftstrom (3, 9) in die Hochdrucksäule (6) eingeleitet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine flüssige sauerstoffangereicherte Fraktion (5) aus dem unteren Bereich der

Hochdrucksäule (6) abgezogen und als weiterer Einsatzstrom (14) für die Niederdrucksäule (7) eingesetzt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Luftstrom (202) stromaufwärts seiner arbeitsleistenden Entspannung (22) nachverdichtet (227, 332) wird, wobei mindestens ein Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung (22, 19) des ersten Luftstroms (231) und/oder des Restgasstroms (18) erzeugte mechanische Energie für die Nachverdichtung eingesetzt wird.

8. Vorrichtung zur Erzeugung von Sauerstoff durch Tieftemperatur-Zerlegung von Luft mit einem Destilliersystem, das eine Sauerstoffsäule aufweist,

- mit einer ersten Luftleitung (2, 21, 23, 229, 231), die durch eine erste Entspannungsmaschine (22) in die Sauerstoffsäule (7, 407) führt,
- mit einer weiteren Einsatzleitung (5, 14, 405, 414) zur Einleitung eines weiteren Einsatzstroms, dessen Sauerstoffgehalt mindestens gleich demjenigen der Einsatzluft ist, in den Kopf der Sauerstoffsäule (7, 407),
- mit einer Sauerstoff-Produktleitung (16, 539), die mit dem unteren Bereich der Sauerstoffsäule (7, 407) verbunden ist und
- mit einer Restgasleitung (17, 18, 20, 25), die mit dem Kopf der Sauerstoffsäule (7, 407) verbunden ist,

**gekennzeichnet durch** eine zweite Entspannungsmaschine (19), die in der Restgasleitung (17, 18, 20, 25) angeordnet ist.

## Claims

1. Process for producing oxygen by low-temperature fractionation of air in a distillation system which has an oxygen column, in which process

- a first air stream (2, 21, 229, 231) is expanded (22) in a work-performing manner and is at least in part introduced into the oxidation column (7, 407),
- a further charge stream (5, 14, 405, 414), the oxygen content of which is at least equal to that of the charge air, is added to the top of the oxygen column (7, 407),
- at least one oxygen product stream (16, 539) is removed from the lower region of the oxygen column (7, 407), and
- a residual gas stream (17, 18, 20, 25) is extracted from the top of the oxygen column (7, 407),

**characterized in that** the residual gas stream (17, 18, 20, 25) is expanded (19) in a work-performing manner.

2. Process according to Claim 1, **characterized in that** the oxygen column is designed as a single column (407) and is boiled by indirect heat exchange (408) with a heating means (409).

3. Process according to Claim 2, **characterized in that** a second air stream (409) is used as the heating means.

4. Process according to Claim 3, **characterized in that** the second air stream (414), downstream of the indirect heat exchange (408) in order to boil the individual column (407), is used at least in part as a further charge stream for the individual column (407).

5. Process according to Claim 1, **characterized in that** the oxygen column is designed as a low-pressure column (7) of a two-column system which also has a high-pressure column (6), the low-pressure column (7) and the high-pressure column (6) being in a heat-exchanging relationship via a condenser-evaporator (8), and a second air stream (3, 9) being introduced into the high-pressure column (6).

6. Process according to Claim 5, **characterized in that** a liquid oxygen-enriched fraction (5) is extracted from the lower region of the high-pressure column (6) and is used as a further charge stream (14) for the low-pressure column (7).

7. Process according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the first air stream (202) is recompressed (227, 332) upstream of its work-performing expansion (22), at least some of the mechanical energy which is generated during the work-performing expansion (22, 19) of the first air stream (231) and/or of the residual gas stream (18) being used for the recompression.

8. Apparatus for producing oxygen by low-temperature fractionation of air using a distillation system which has an oxygen column,

- having a first air line (2, 21, 23, 229, 231), which leads through a first expansion machine (22) into the oxygen column (7, 407),
- having a further charge line (5, 14, 405, 414) for introducing a further charge stream, the oxygen content of which is at least equal to that of the charge air, into the top of the oxygen column (7, 407),
- having an oxygen product line (16, 539), which is connected to the lower region of the oxygen

- column (7, 407), and
- having a residual gas line (17, 18, 20, 25), which is connected to the top of the oxygen column (7, 407),

**characterized by** a second expansion machine (19), which is arranged in the residual gas line (17, 18, 20, 25).

## Revendications

1. Procédé de production d'oxygène par séparation d'air cryogénique dans un système de distillation, qui présente une colonne d'oxygène, où

- un premier courant d'air (2, 21, 229, 231) est détendu (22) en fournissant du travail et est introduit au moins en partie dans la colonne d'oxygène (7, 407),
- un autre courant de charge (5, 14, 405, 414), dont la teneur en oxygène est au moins égale à celle de l'air de charge, est alimenté à la tête de la colonne d'oxygène (7, 407),
- au moins un courant de produit d'oxygène (16, 539) est prélevé de la région inférieure de la colonne d'oxygène (7, 407) et
- un courant de gaz résiduel (17, 18, 20, 25) est extrait de la tête de la colonne d'oxygène (7, 407),

**caractérisé en ce que** le courant de gaz résiduel (17, 18, 20, 25) est détendu (19) en fournissant du travail.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la colonne d'oxygène est réalisée sous forme de colonne simple (407) et est chauffée par échange thermique indirect (408) avec un agent chauffant (409).

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'on utilise un deuxième courant d'air (409) en tant qu'agent chauffant.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le deuxième courant d'air (414) en aval de l'échange thermique indirect (408) pour chauffer la colonne simple (407) est utilisé au moins en partie en tant que courant de charge supplémentaire pour la colonne simple (407).

5. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la colonne d'oxygène est réalisée sous forme de colonne basse pression (7) d'un système à deux colonnes, qui présente en outre une colonne haute pression (6), la colonne basse pression (7) et la colonne haute pression (6) étant en liaison par

échange thermique par le biais d'un condenseur-évaporateur (8) et un deuxième courant d'air (3, 9) étant introduit dans la colonne haute pression (6).

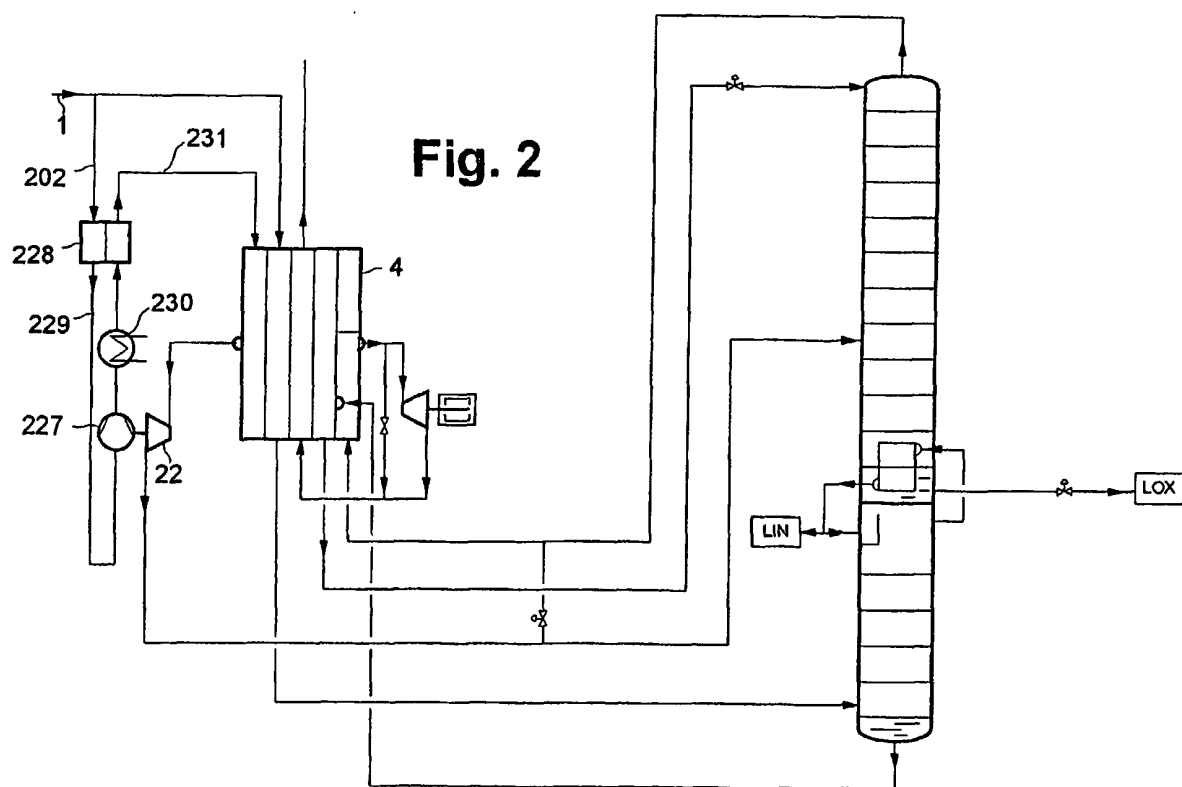
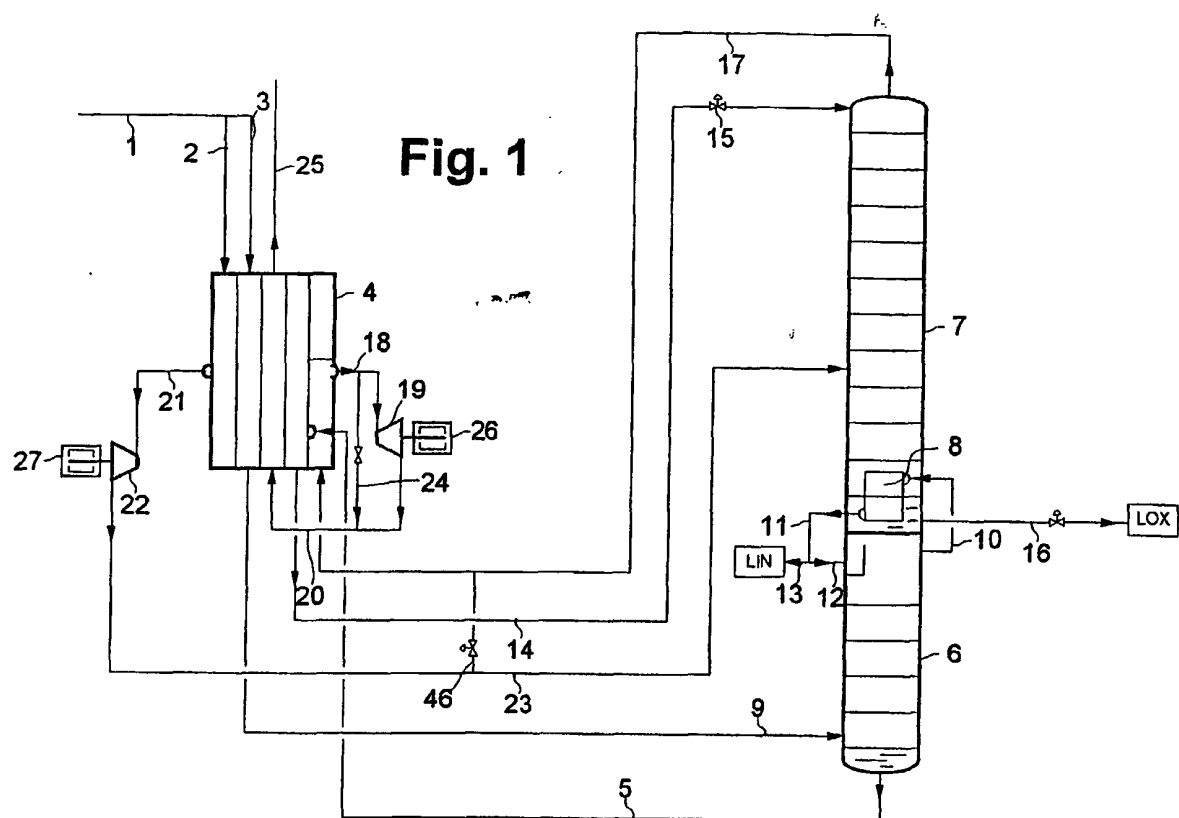
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'une** fraction fluide enrichie en oxygène (5) est extraite de la région inférieure de la colonne haute pression (6) et est utilisée en tant que courant de charge supplémentaire (14) pour la colonne basse pression (7).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le premier courant d'air (202) en amont de sa détente (22) produisant du travail est recomprimé (227, 332), au moins une partie de l'énergie mécanique produite lors de la détente (22, 19) produisant du travail du premier courant d'air (231) et/ou du courant de gaz résiduel (18) étant utilisée pour la recompression.

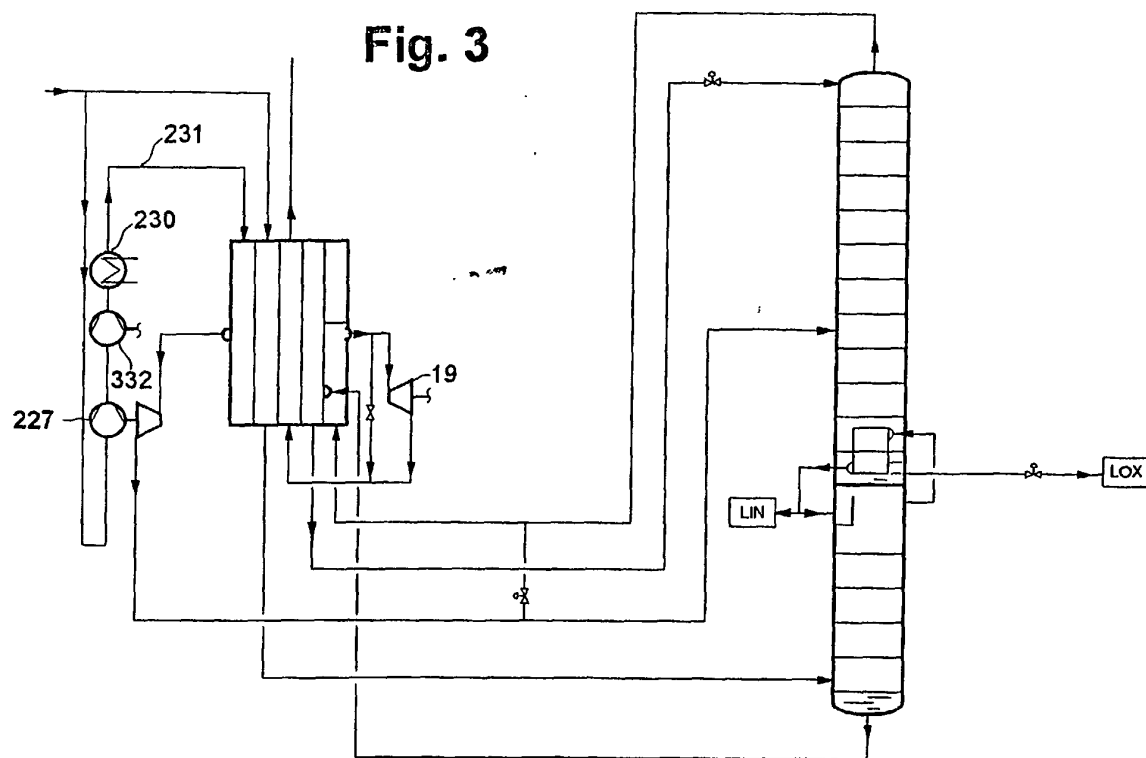
8. Dispositif de production d'oxygène par séparation d'air cryogénique, comprenant un système de distillation qui présente une colonne d'oxygène,

- avec une première conduite d'air (2, 21, 23, 229, 231), qui conduit à travers une première machine de détente (22) dans la colonne d'oxygène (7, 407),
- avec une autre conduite de charge (5, 14, 405, 414) pour l'introduction d'un courant de charge supplémentaire, dont la teneur en oxygène est au moins égale à celle de l'air de charge, dans la tête de la colonne d'oxygène (7, 407),
- avec une conduite de produit d'oxygène (16, 539), qui est connectée à la région inférieure de la colonne d'oxygène (7, 407) et
- avec une conduite de gaz résiduel (17, 18, 20, 25), qui est connectée à la tête de la colonne d'oxygène (7, 407),

**caractérisé par** une deuxième machine de détente (19) qui est disposée dans la conduite de gaz résiduel (17, 18, 20, 25).



**Fig. 3**



**Fig. 4**

