



⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

⑯ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
18.10.95 Patentblatt 95/42

⑮ Int. Cl.⁶ : **F25J 3/04**

⑯ Anmeldenummer : **92104008.5**

⑯ Anmeldetag : **09.03.92**

⑯ Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft.

⑯ Priorität : **26.03.91 DE 4109945**

⑯ Patentinhaber : **Linde Aktiengesellschaft
Abraham-Lincoln-Strasse 21
D-65189 Wiesbaden (DE)**

⑯ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
30.09.92 Patentblatt 92/40

⑯ Erfinder : **Rohde, Wilhelm, Dipl.-Ing. (FH)
Forstenrieder Allee 20
W-8000 München 71 (DE)**

⑯ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenteilung :
18.10.95 Patentblatt 95/42

⑯ Vertreter : **Schaefer, Gerhard, Dr.
Linde Aktiengesellschaft
Zentrale Patentabteilung
D-82049 Höllriegelskreuth (DE)**

⑯ Benannte Vertragsstaaten :
AT BE DE DK ES FR GB IT NL SE

⑯ Entgegenhaltungen :
**DE-A- 3 643 359
GB-A- 1 520 103**

EP 0 505 812 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 eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur *Tieftemperaturzeriegung von Luft, bei dem Einsatzluft verdichtet, gereinigt, abgekühlt und in mehrere Teilströme aufgeteilt in die Druckstufe und in die Niederdruckstufe einer zweistufigen Rektifiziereinrichtung eingeleitet wird, wobei die Einsatzluft in einer ersten Verdichterstufe auf etwa Druckstufendruck gebracht, in einer Reinigungsstufe durch Adsorption gereinigt und anschließend in einen ersten und in einen zweiten Teilstrom aufgeteilt wird, der erste Teilstrom der Druckstufe zugeführt wird und der zweite Teilstrom arbeitsleistend entspannt und der Niederdruckstufe zugeleitet wird, wobei bei der Entspannung des zweiten Teilstroms gewonnene Arbeit zur Verdichtung eines Prozeßstroms, insbesondere von Einsatzluft verwendet wird.*

Die DE-A-3643359 zeigt ein derartiges Verfahren, bei dem beide Teilströme stromabwärts der Reinigungsstufe einem Hauptwärmetauscher zugeführt werden, dessen warmes Ende etwa Umgebungstemperatur aufweist. Der zweite Teilstrom wird in dem Hauptwärmetauscher vor seiner arbeitsleistenden Entspannung auf eine niedrigere Temperatur abgekühlt. Die bei der Entspannung gewonnene Arbeit wird ausschließlich zur Verdichtung des zweiten Teilstroms eingesetzt.

Ein dem einschlägigen Verfahren der GB-A-1520103 wird die Gesamtluft stromaufwärts der Reinigungsstufe von Umgebungstemperatur aus in indirektem Wärmetausch mit der Gesamtluft stromabwärts der Reinigungsstufe gebracht.

Ein ähnliches Verfahren ist aus der EP-A 0 342 436 bekannt. Hier wird die Einsatzluft zunächst nur auf Niederdruckstufendruck komprimiert und auf dem mittleren Druckniveau in einen ersten und in einen zweiten Teilstrom aufgeteilt. Lediglich der erste Teilstrom, der teilweise in die Drucksäule eingespeist wird, wird weiter verdichtet. Dieser Prozeß bewirkt zwar eine sehr wirtschaftliche Verwendung der Kompressionsenergie. Allerdings ist man gezwungen, die Entfernung von Kohlendioxid, Kohlenwasserstoffen und Wasser aus dem zweiten Teilstrom in einer eigenen Reinigungsstufe, in der Regel einer Molsiebstation, vorzunehmen. Durch den niedrigen Druck benötigt dieses Molsieb hohe Mengen an Regeneriergas. Diese stehen dann für andere Zwecke nicht mehr zur Verfügung, insbesondere nicht für eine kostengünstige Verdunstungskühlung des für die Vorkühlung der Luft benötigten Kühlwassers.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das eine hohe Wirtschaftlichkeit und insbesondere eine kostengünstigere Luftreinigung aufweist.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der zweite Teilstrom vor der arbeitsleistenden Entspannung in indirektem Wärmetausch gegen verdichtete Einsatz-

luft auf über Umgebungstemperatur angewärmt wird und daß der Prozeßstrom, zu dessen Verdichtung bei der Entspannung des zweiten Teilstroms gewonnene Arbeit verwendet wird, nicht gleich dem zweiten Teilstrom ist.

Durch die erfindungsgemäße Verfahrensführung ist es möglich, die gesamte Einsatzluft in einer einzigen Reinigungsstufe zu behandeln, und zwar unter Druckstufendruck. Es entfallen die Investitionskosten und der hohe Betriebsaufwand für eine zusätzliche Niederdruck-Reinigungsstufe. Die überschüssige Kompressionsenergie, die in den zweiten Teilstrom gesteckt wird, kann in einer Turbine teils als mechanische Arbeit zurückgewonnen, teils in Kälte umgesetzt werden.

Die Arbeit wird in der Regel vollständig und direkt durch mechanische Kopplung an einen Verdichter abgegeben, zusätzlich oder alternativ kann jedoch auch ein Generator angetrieben werden. Um die arbeitsleistende Entspannung unter günstigen Bedingungen durchzuführen, wird der zweite Teilstrom vorher auf über Umgebungstemperatur angewärmt. Dabei kann verdichteter Einsatzluft günstig Wärme entzogen werden.

Durch den von der Turbine angetriebenen Verdichter kann beispielsweise ein Produkt- oder einer Zwischenproduktstrom fließen. Im allgemeinen ist die Verwendung der bei der arbeitsleistenden Entspannung gewonnenen Arbeit zur Verdichtung von Einsatzluft am günstigsten.

Zusätzlich kann in dem Verfahren Kälte erzeugt werden, indem stromabwärts der Adsorption ein dritter Teilstrom abgezweigt, in einer zweiten Verdichterstufe nachverdichtet, anschließend abgekühlt, arbeitsleistend entspannt und in die Niederdruckstufe eingespeist wird, wobei bei der arbeitsleistenden Entspannung des dritten Teilstroms gewonnene Arbeit zur Nachverdichtung des dritten Teilstroms in der zweiten Verdichterstufe eingesetzt wird. Hierbei wird ebenfalls nicht benötigter Druck für die Erzeugung von Verfahrenskälte ausgenutzt.

Für die Übertragung von Arbeit und Kälte stellt die Erfindung zwei Varianten zur Verfügung:

Zum einen kann bei der arbeitsleistenden Entspannung des zweiten Teilstroms gewonnene Arbeit zum Antrieb der ersten Verdichterstufe eingesetzt werden. Da diese Arbeit selbstverständlich nicht für den Antrieb des Luftverdichters ausreicht, muß die Welle, die in der Regel Entspannungsturbine und erste Verdichterstufe verbindet, zusätzlich durch einen Motor angetrieben werden.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Anwärmung des zweiten Teilstroms vor seiner Entspannung durch indirekten Wärmetausch mit Einsatzluft hinter der ersten Verdichterstufe und vor der Reinigungsstufe durchgeführt wird.

An dieser Stelle muß die Einsatzluft ohnehin vorgekühlt werden. Sie verläßt in der Regel einen mit

Kühlwasser von etwa 25°C betriebenen Kühler mit einer Temperatur von ca. 35°C und muß für die Adsorption in der Reinigungsstufe auf etwa 10°C bis 15°C gebracht werden. Dies wird im allgemeinen durch eine externe Kälteanlage oder durch kaltes Kühlwasser bewerkstelligt, das einem mit trockenem Stickstoff betriebenen Verdunstungskühler entnommen wird. Diese Vorkühlung kann nun zumindest teilweise von dem gereinigten zweiten Teilstrom übernommen werden, so daß die Kosten für die Kälteanlage verringert werden beziehungsweise der Stickstoff für andere Aufgaben zur Verfügung steht.

In einer zweiten Variante wird bei der arbeitsleistenden Entspannung des zweiten Teilstroms gewonnene Arbeit in einer dritten Verdichterstufe zur Nachverdichtung des dritten Teilstroms eingesetzt.

Diese dritte Verdichterstufe ist vorzugsweise der zweiten Verdichterstufe vorgeschaltet und dient zur Erhöhung der Druckdifferenz bei der Entspannung des dritten Teilstroms. Günstig ist es außerdem, wenn stromabwärts der Reinigungsstufe zusätzlich oder alternativ ein vierter Teilstrom abgezweigt, in einer vierten Verdichterstufe nachverdichtet, anschließend abgekühlt, entspannt und in die Druckstufe eingespeist wird, wobei bei der arbeitsleistenden Entspannung des zweiten Teilstroms gewonnene Arbeit zur Nachverdichtung des vierten Teilstroms in der vierten Verdichterstufe eingesetzt wird. Die Entspannung des vierten Teilstromes wird im allgemeinen durch ein Drosselventil bewerkstelligt.

Die Numerierung der Verdichterstufen ist hier zu ihrer klaren Unterscheidung eingeführt, sie bedeutet nicht, daß bei Existenz der vierten Verdichterstufe auch notwendigerweise die oben erwähnte zweite oder dritte Verdichterstufe vorhanden sein müssen.

Es hat sich jedoch als vorteilhaft erwiesen, wenn der dritte und der vierte Teilstrom in einer gemeinsamen dritten Verdichterstufe nachverdichtet werden. Dritte und vierte Verdichterstufe werden dabei als eine einzige Maschine relativ kostengünstig realisiert.

Eine zweite Art der Übertragung der Wärme auf den unter hohem Druck stehenden zweiten Teilstrom besteht nach einem weiteren Aspekt der Erfindung darin, daß die Anwärmung des zweiten Teilstroms vor seiner Entspannung durch indirekten Wärmetausch mit dem dritten und/oder vierten Teilstrom nach der Nachverdichtung in der dritten beziehungsweise vierten Verdichterstufe durchgeführt wird.

Durch diese Maßnahme läßt sich eine besonders günstige Anpassung der Ströme an die Eintrittstemperatur des Hauptwärmetauschers erreichen, indem der oder die nachverdichteten Teilströme abgekühlt werden. Die vor Eintritt des zweiten Teilstroms in die Entspannungsturbine zur Verfügung stehende Kälte wird an dieser Stelle besonders effizient eingesetzt.

Eine Nachverdichtung des vierten Teilstroms über den Drucksäulendruck hinaus ist vor allem dann günstig, wenn bei dem Verfahren Sauerstoff unter er-

höhtem Druck gewonnen werden soll. Hierbei wird in vorteilhafter Weiterbildung des erfinderischen Gedankens flüssiger Sauerstoff aus der Niederdruckstufe herausgeführt, auf Druck gebracht und in indirektem Wärmeaustausch mit dem nachverdichteten vierten Teilstrom verdampft.

Die unter höherem als Drucksäulendruck zur Verfügung stehende Teilmenge der Luft wird hier für eine energetisch günstige Herstellung von Drucksauerstoff verwendet. Der Sauerstoff wird in flüssiger Form auf Druck gebracht (entweder durch eine Pumpe oder durch Ausnutzung eines hydrostatischen Potentials) und anschließend unter dem erhöhten Druck verdampft. Die Hochdruckluft kondensiert im Gegenstrom zum verdampfenden Sauerstoff und gibt dabei latente Wärme ab. Der indirekte Wärmetausch wird vorzugsweise in dem Hauptwärmetauscherblock vorgenommen, den auch die anderen Einsatz- und Produktströme durchströmen.

Dabei ist es günstig, wenn der partiell kondensierte vierte Teilstrom anschließend oberhalb des ersten Teilstroms in die Druckstufe eingeleitet wird.

In der Regel kondensiert bei dem Wärmetausch mit Drucksauerstoff der größte Teil der Hochdruckluft, so daß ein gewisser Vortrenneffekt ausgenutzt werden kann, indem das Kondensat mindestens einen theoretischen Boden, vorzugsweise etwa vier bis acht theoretische Böden oberhalb der übrigen Drucksäulenluft eingespeist wird.

Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Tieftemperaturzierung von Luft nach Patentanspruch 11.

Besonders vorteilhaft ist die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens *und/oder der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Gewinnung von Sauerstoff geringer Reinheit*.

Hiermit sind Sauerstoffreinheiten unterhalb von 99%, vorzugsweise zwischen 85% und 98% (bezogen auf das Volumen) gemeint. Bei Luftzerlegungsanlagen (mehr als 100.000 Nm³/h, vorzugsweise mehr als 200.000 Nm³/h, höchst vorzugsweise zwischen 200.000 und 400.000 Nm³/h Zerlegungsluft) kommen die Vorteile der Erfindung besonders deutlich zum Tragen. Vorteilhaft ist auch ein Einsatz im Rahmen von GUD-(combined cycle)-Anlagen oder von Anlagen zur Stahlgewinnung (z.B. COREX-Verfahren).

Im folgenden werden die Erfindung und weitere Ausbildungen der Erfindung anhand zweier Ausführungsbeispiele näher erläutert, die in den Figuren 1 und 2 schematisch dargestellt ist. Soweit wie möglich werden in beiden Zeichnungen für analoge Verfahrensschritte dieselben Bezeichnungen verwendet.

Gemäß dem Verfahrensschema der Figur 1 wird atmosphärische Luft über eine Leitung 1 von einer ersten Verdichterstufe 2 angesaugt und auf einen Druck von 5 bis 10 bar vorzugsweise etwa 5,65 bar, komprimiert, auf 5 bis 25°C, vorzugsweise etwa 12°C

abgekühlt und in einer mit einem Molsieb gefüllten Reinigungsstufe 4 von Verunreinigungen wie beispielsweise Wasser, Kohlendioxid und Kohlenwasserstoffen befreit.

Unmittelbar hinter der Reinigungsstufe 4 wird die Einsatzluft in einen ersten Teilstrom 101 und in einen zweiten Teilstrom 102 verzweigt. Der erste Teilstrom 101 wird im Hauptwärmetauscher 5 gegen Produktströme abgekühlt und in die Druckstufe 7 einer gewöhnlichen zweistufigen Rektifiziersäule 6 eingespeist. Als Produkte werden der Niederdruckstufe 8 (Arbeitsdruck 1,2 bis 1,6 bar, vorzugsweise etwa 1,3 bar) gasförmiger Sauerstoff 9 und gasförmiger Stickstoff 10 entnommen und im Hauptwärmetauscher 5 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt. Der Stickstoff kann zur Regenerierung des Molsiebs der Reinigungsstufe 4 eingesetzt (Leitung 11) und/oder auch für andere Zwecke, beispielsweise zur Abkühlung von Kühlwasser in einem Verdunstungskühler über Leitung 12 abgezogen werden.

Der zweite Teilstrom 102 wird in einem Wärmetauscher 3 gegen die verdichtete Einsatzluft angewärmt, in einer Turbine 13 entspannt, abgekühlt und in die Niederdruckstufe 8 eingeblasen. Der Einsatzluftstrom wird zwischen Wärmetauscher 3 und Reinigungsstufe 4 zusätzlich abgekühlt (in der Zeichnung nicht dargestellt), beispielsweise durch indirekten Wärmetausch mit durch Verdunstungskühlung abgekühltem Wasser.

Ein dritter Teilstrom 103 wird ebenfalls stromabwärts der Reinigungsstufe 4 abgezweigt, in einem zweiten Verdichter 14 weiterverdichtet, im Hauptwärmetauscher 5 auf eine mittlere Temperatur abgekühlt und danach in einer Turbine 15 zur Kältezeugung entspannt. Die beim Entspannen des Teilstroms gewonnene Arbeit wird mechanisch auf den zweiten Verdichter 14 übertragen. Der entspannte dritte Teilstrom 103 wird gemeinsam mit dem entspannten und abgekühlten zweiten Teilstrom 102 in die Niederdruckstufe 8 eingeführt.

Die Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine zweite Variante des Verfahrens. Der zweite Teilstrom wird hier an einem Verzweigungspunkt 21 vom ersten Teilstrom 101 abgezweigt, im Wärmetauscher 3' angewärmt und in der Turbine 13' entspannt. Die dabei gewonnene Arbeit wird auf einen dritten Verdichter 16 übertragen.

Der dritte Teilstrom wird im dritten Verdichter auf einen Druck von mindestens 15 bar, vorzugsweise etwa 20 bis 50 bar, komprimiert und anschließend im Wärmetauscher 3' gegen den zweiten Teilstrom 102 vor dessen Entspannung abgekühlt, bevor er den mit der Turbine 15 gekoppelten zweiten Nachverdichter 14 erreicht.

Hinter der dritten Verdichterstufe 16 und dem Wärmetauscher 3' wird aus dem dritten Teilstrom ein vierter Teilstrom 104 abgezweigt (22), im Hauptwärmetauscher 5 abgekühlt und in die Druckstufe 7 ein-

gedrosselt. Im Gegenstrom hierzu wird Sauerstoff verdampft, der über Leitung 9 der Niederdruckstufe entnommen und in einer Pumpe 17 auf einen Druck von mindestens 4 bar, vorzugsweise 20 bis 100 bar, gebracht wurde. Die Hochdruckluft im vierten Teilstrom kondensiert bei dem Wärmeaustausch fast vollständig und wird oberhalb des ersten Teilstroms 101 in die Druckstufe 7 eingespeist.

Das Verfahren mit Direkteinspeisung von Einsatzluft in die Niederdruckstufe erweist sich als wirtschaftlich günstig, wenn beim Produktsauerstoff (Leitungen 23 und 24 im Ausführungsbeispiel) eine Reinheit von 85 bis 98% erzielt werden soll. Falls beispielsweise eine Sauerstoffreinheit von 96% gewünscht ist, können bis zu 35% der Einsatzluft über den zweiten und dritten Teilstrom 102, 103 direkt in die Niederdruckstufe eingespeist werden, ohne die Sauerstoffausbeute merklich zu verringern.

20 Patentansprüche

1. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, bei dem Einsatzluft (1) verdichtet (2), gereinigt (4), abgekühlt (5) und in mehrere Teilströme aufgeteilt in die Druckstufe (7) und in die Niederdruckstufe (8) einer zweistufigen Rektifiziereinrichtung (6) eingeleitet wird, wobei

- die Einsatzluft (1) in einer ersten Verdichterstufe (2) auf etwa Druckstufendruck gebracht, in einer Reinigungsstufe (4) durch Adsorption gereinigt und anschließend in einen ersten (101) und in einen zweiten (102) Teilstrom aufgeteilt wird,

- der erste Teilstrom (101) der Druckstufe (7) zugeführt wird und

- der zweite Teilstrom (102) arbeitsleistend entspannt (13, 13') und der Niederdruckstufe (8) zugeleitet wird, wobei

- bei der Entspannung (13, 13') des zweiten Teilstroms (102) gewonnene Arbeit zur Verdichtung (2, 16) eines Prozeßstroms, insbesondere von Einsatzluft verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß

- der zweite Teilstrom (102) vor der arbeitsleistenden Entspannung (13, 13') in indirektem Wärmetausch (3, 3') gegen verdichtete Einsatzluft auf über Umgebungstemperatur angewärmt wird und daß

- der Prozeßstrom, zu dessen Verdichtung (2, 16) bei der Entspannung (13, 13') des zweiten Teilstroms (102) gewonnene Arbeit verwendet wird, nicht gleich dem zweiten Teilstrom (102) ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß stromabwärts der Adsorption (4) ein dritter Teilstrom (103) abgezweigt, in einer

- zweiten Verdichterstufe (14) nachverdichtet, anschließend abgekühlt (5), arbeitsleistend entspannt (15) und in die Niederdruckstufe (8) eingespeist wird, wobei bei der arbeitsleistenden Entspannung (15) des dritten Teilstroms gewonnene Arbeit zur Nachverdichtung des dritten Teilstroms in der zweiten Verdichterstufe (14) eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der arbeitsleistenden Entspannung (13) des zweiten Teilstroms gewonnene Arbeit zum Antrieb der ersten Verdichterstufe (2) eingesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anwärmung des zweiten Teilstroms vor seiner Entspannung durch indirekten Wärmetausch (3) mit Einsatzluft hinter der ersten Verdichterstufe (2) und vor der Reinigungsstufe (4) durchgeführt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der arbeitsleistenden Entspannung (13') des zweiten Teilstroms gewonnene Arbeit in einer dritten Verdichterstufe (16) zur Nachverdichtung des dritten Teilstroms eingesetzt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß stromabwärts der Reinigungsstufe (4) ein vierter Teilstrom (104) abgezweigt, in einer vierten Verdichterstufe nachverdichtet, anschließend abgekühlt (5), entspannt und in die Druckstufe (7) eingespeist wird, wobei bei der arbeitsleistenden Entspannung (13') des zweiten Teilstroms gewonnene Arbeit zur Nachverdichtung des vierten Teilstroms in der vierten Verdichterstufe (16) eingesetzt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß dritter (103) und vierter (104) Teilstrom in einer gemeinsamen dritten Verdichterstufe (16) nachverdichtet werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anwärmung des zweiten Teilstroms (102) vor seiner Entspannung durch indirekten Wärmetausch (3') mit dem dritten und/oder vierten Teilstrom (104) nach der Nachverdichtung in der dritten (16) beziehungsweise vierten Verdichterstufe durchgeführt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß flüssiger Sauerstoff aus der Niederdruckstufe (8) herausgeführt (9), auf Druck gebracht (17) und in indirektem Wärmeaustausch (5) mit dem nachverdichteten
- 5 vierten Teilstrom (104) verdampft wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der vierte Teilstrom (104) bei dem indirekten Wärmetausch (5) mit verdampfendem Sauerstoff mindestens teilweise kondensiert und anschließend oberhalb des ersten Teilstroms (101) in die Druckstufe (7) eingeleitet wird.
- 10 11. Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mit
- einer ersten Verdichterstufe (2) zur Verdichtung von Einsatzluft (1) auf etwa Druckstufendruck, deren Austritt in Strömungsverbindung mit dem Eintritt einer Reinigungsstufe (4) steht, die eine Adsorptionsvorrichtung aufweist,
 - einem Hauptwärmetauscher (5),
 - einer aus Drucksäule (7) und Niederdrucksäule (8) bestehenden Rektifiziereinrichtung (6),
 - einer ersten Teilstromleitung (101), die vom Ausgang der Reinigungsstufe (4) zur Drucksäule (7) führt,
 - einer zweiten Teilstromleitung (102), die vom Ausgang der Reinigungsstufe (4) über eine Entspannungsmaschine (13, 13') zur Niederdrucksäule (8) führt, und mit
 - Mitteln zur Übertragung der in der Entspannungsmaschine (13, 13') gewonnenen Arbeit auf ein Mittel (2, 16) zur Verdichtung eines Prozeßstroms, insbesondere von Einsatzluft,
- 15 30 35 40 45 50
- dadurch gekennzeichnet**, daß
- die zweite Teilstromleitung (102) stromaufwärts der Entspannungsmaschine (13, 13') durch einen Wärmetauscher (3, 3') zur Anwärmung in indirektem Wärmetausch (3, 3') gegen verdichtete Einsatzluft auf über Umgebungstemperatur geführt wird und daß
 - das Mittel (2, 16) zur Verdichtung eines Prozeßstroms und die Entspannungsmaschine (13, 13') nicht so miteinander verbunden sind, daß durch beide Maschinen derselbe Prozeßstrom fließt.
12. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 und/oder der Vorrichtung nach Anspruch 11 zur Gewinnung von Sauerstoff geringerer Reinheit.

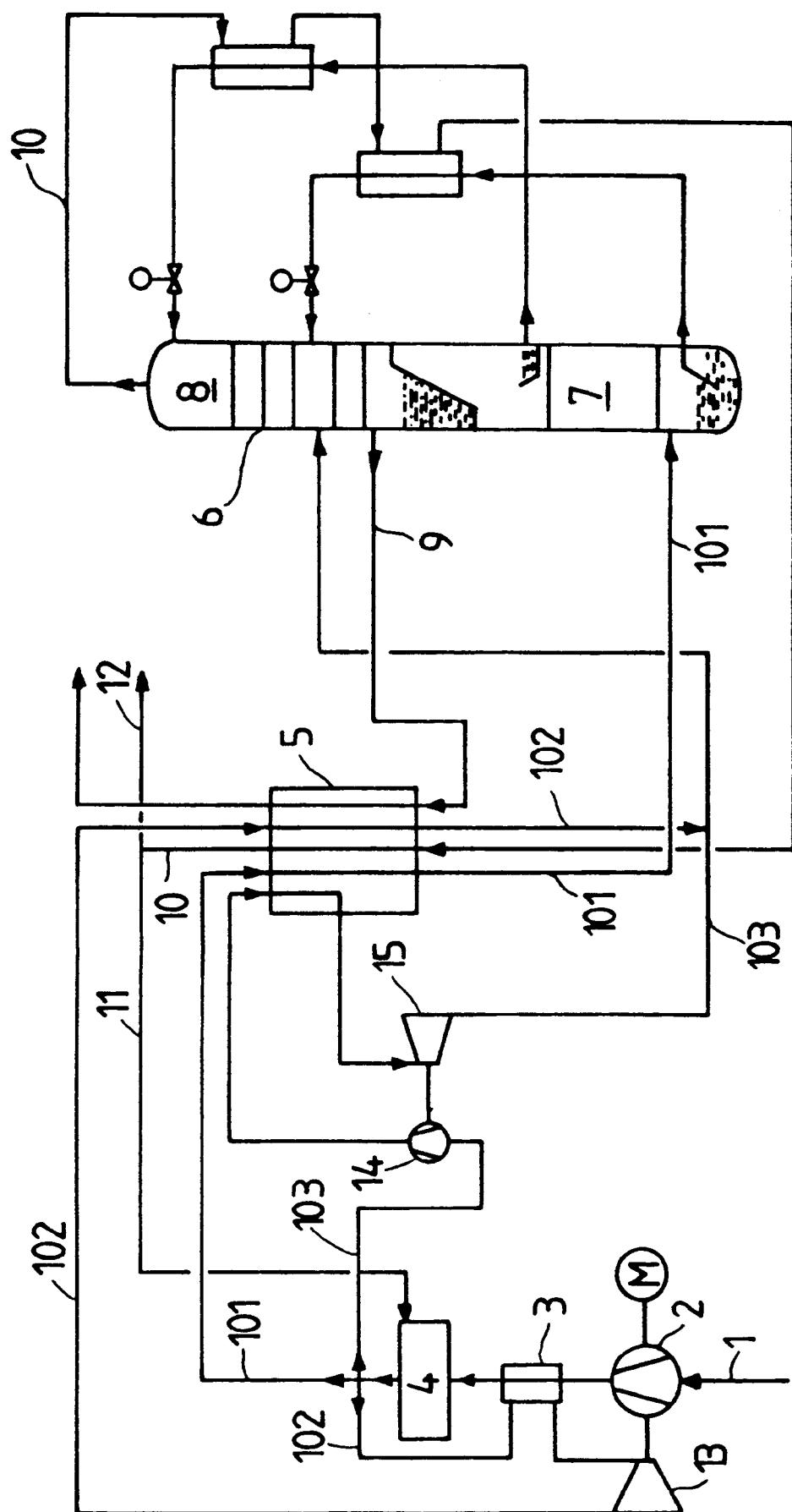
Claims

- 55 1. Process for the low-temperature separation of air, in the course of which feed air (1) is compressed (2), purified (4), cooled (5) and, divided into a plurality of sub-streams, is introduced into

- the pressure stage (7) and into the low-pressure stage (8) of a two-stage rectifying appliance (6),
- the feed air (1) being brought, in a first compressor stage (2), to approximately the pressure stage pressure, being purified by adsorption in a purification stage (4) and then being divided into a first (101) and into a second (102) sub-stream,
 - the first sub-stream (101) being fed to the pressure stage (7) and
 - the second sub-stream (102) being expanded in a manner so as to perform work (13, 13') and being passed to the low-pressure stage (8),
 - work produced in the course of the expansion (13, 13') of the second sub-stream (102) being employed for the compression (2, 16) of a process stream, in particular of feed air,
- characterized in that
- the second sub-stream (102), prior to the work-performing expansion (13, 13'), is warmed up to above ambient temperature in indirect heat exchange (3, 3') against compressed feed air, and in that
 - the process stream for whose compression (2, 16) work produced in the course of the expansion (13, 13') of the second sub-stream (102) is employed is not identical with the second sub-stream (102).
2. Process according to Claim 1, characterized in that a third sub-stream (103) is shunted off downstream of the adsorption (4), is subjected to secondary compression in a second compressor stage (14), is then cooled (5), is expanded (15) in a manner so as to perform work and is fed into the low-pressure stage (8), work produced during the work-performing expansion (15) of the third sub-stream being employed for the secondary compression of the third sub-stream in the second compressor stage (14).
3. Process according to Claim 1 or 2, characterized in that work produced during the work-performing expansion (13) of the second sub-stream is employed to drive the first compressor stage (2).
4. Process according to Claim 3, characterized in that the warming up of the second sub-stream prior to its expansion is carried out by indirect heat exchange (3) with feed air downstream of the first compressor stage (2) and upstream of the purification stage (4).
5. Process according to Claim 2, characterized in that work produced during the work-performing expansion (13') of the second sub-stream is employed in a third compressor stage (16) for the secondary compression of the third sub-stream.
- 5 6. Process according to any one of Claims 1 to 5, characterized in that downstream of the purification stage (4) a fourth sub-stream (104) is shunted off, is subjected to secondary compression in a fourth compressor stage, is then cooled (5), expanded and fed into the pressure stage (7), work produced during the work-performing expansion (13') of the second sub-stream being employed for the secondary compression of the fourth sub-stream in the fourth compressor stage (16).
- 10 7. Process according to Claim 5 and 6, characterized in that the third (103) and fourth (104) sub-stream are subjected to secondary compression in a shared third compressor stage (16).
- 15 8. Process according to any one of Claims 5 to 7, characterized in that the warming up of the second sub-stream (102) prior to its expansion is carried out by indirect heat exchange (3') with the third and/or fourth sub-stream (104) after the secondary compression in the third (16) or fourth compressor stage, respectively.
- 20 9. Process according to any one of Claims 5 to 8, characterized in that liquid oxygen is passed out (9) from the low-pressure stage (8), is pressurized (17) and is evaporated in indirect heat exchange (5) with the fourth sub-stream (104) subjected to secondary compression.
- 25 10. Process according to Claim 9, characterized in that the fourth sub-stream (104) condenses at least partially in the course of the indirect heat exchange (5) with evaporating oxygen and is then introduced, above the first sub-stream (101), into the pressure stage (7).
- 30 11. Apparatus for the low-temperature separation of air, comprising
- 35
- a first compressor stage (2) for compressing feed air (1) to approximately pressure stage pressure, whose outlet is in flow communication with the inlet of a purification stage (4) which comprises an adsorption means,
 - a main heat exchanger (5),
 - a rectifying appliance (6) comprising a pressure column (7) and a low-pressure column (8),
 - a first sub-stream line (101) which runs from the outlet of the purification stage (4) to the pressure column (7),
 - a second sub-stream line (102) which runs
- 40
- 45
- 50
- 55

- from the outlet of the purification stage (4) via an expansion machine (13, 13') to the low-pressure column (8), and
- means for transferring the work produced in the expansion machine (13, 13') to a means (2, 16) for compressing a process stream, in particular feed air,
- characterized in that
- the second sub-stream line (102) upstream of the expansion machine (13, 13') is run through a heat exchanger (3, 3') for warming up to above ambient temperature in indirect heat exchange (3, 3') against compressed feed air, and in that
 - the means (2, 16) for compressing a process stream and the expansion machine (13, 13') are not connected to one another in such a way that the same process stream flows through both machines.
12. Use of the process according to any one of Claims 1 to 10 and/or of the apparatus according to Claim 11 for producing low-purity oxygen.
- Revendications**
1. Procédé de séparation d'air à basse température, dans lequel l'air de charge (1) est comprimé (2), purifié (4), refroidi (5), divisé en plusieurs courants partiels et introduit à l'étage de pression (7) et à l'étage à basse pression (8) d'un dispositif de rectification (6) à deux étages, où :
 - l'air de charge (1) est amené dans un premier étage de compresseur (2) à approximativement la pression à l'étage de pression, est purifié par adsorption à un étage de purification (4) et ensuite, divisé en un premier (101) et un deuxième (102) courants partiels,
 - le premier courant partiel (101) est conduit à l'étage de pression (7), et
 - le deuxième courant partiel (102) est détendu (13, 13'), de manière à produire un travail et envoyé vers l'étage à basse pression (8), où
 - le travail obtenu lors de la détente (13, 13') du deuxième courant partiel (102) est utilisé pour la compression (2, 16) d'un courant du procédé, en particulier de l'air de charge, caractérisé en ce que :
 - le deuxième courant partiel (102), avant la détente (13, 13') produisant un travail, est chauffé à une température supérieure à la température ambiante par échange de chaleur indirect (3, 3') vis-à-vis de l'air de charge comprimé, et en ce que
 - le courant du procédé qui a été comprimé
 - 5 (2, 16) au moyen du travail obtenu lors de la détente (13, 13') du deuxième courant partiel (102), n'est pas identique au deuxième courant partiel (102).
 2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'un troisième courant partiel (103) dérive de l'adsorption (4) en aval, est comprimé ultérieurement dans un deuxième étage de compresseur (14), est ensuite refroidi (5), est détendu (15) en produisant un travail et introduit à l'étage à basse pression (8), où le travail obtenu par la détente produisant un travail (15) du troisième courant partiel est utilisé au deuxième étage de compresseur (14).
 - 10 3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le travail obtenu par la détente produisant un travail (13) du deuxième courant partiel est utilisé pour actionner le premier étage de compresseur (2).
 - 15 4. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé en ce que le chauffage léger du deuxième courant partiel est réalisé avant sa détente, par échange de chaleur (3) indirect avec l'air de charge, après le premier étage de compression (2) et avant l'étage de purification (4).
 - 20 5. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que le travail obtenu par la détente produisant un travail (13') du deuxième courant partiel est utilisé à un troisième étage de compresseur (16) pour une compression ultérieure du troisième courant partiel.
 - 25 6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'un quatrième courant partiel (104) dérive en aval de l'étage de purification (4), est comprimé ultérieurement à un quatrième étage de compresseur, ensuite est refroidi (5), détendu et est introduit à l'étage de pression (7), où le travail obtenu par la détente produisant un travail (13') du deuxième courant partiel est utilisé à un quatrième étage de compresseur (16) pour une compression ultérieure du quatrième courant partiel.
 - 30 7. Procédé suivant les revendications 5 et 6, caractérisé en ce que les troisième (103) et quatrième (104) courants partiels sont comprimés ultérieurement à un troisième étage commun de compresseur (16).
 - 35 8. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que le chauffage léger du deuxième courant partiel (102) est réalisé avant sa détente, par échange de chaleur indirect

- (3') avec les troisième et/ou quatrième (104) courants partiels, après la compression ultérieure du troisième (16), respectivement quatrième, étage de compresseur.
9. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que de l'oxygène liquide est récupéré (9) à l'étage à basse pression (8), mis sous pression (17) et vaporisé dans un échange de chaleur indirect (5) avec le quatrième courant partiel (104) comprimé ultérieurement. 5
10. Procédé suivant la revendication 9, caractérisé en ce que le quatrième courant partiel (104) est au moins partiellement condensé par échange de chaleur indirect (5) avec l'oxygène à vaporiser et ensuite, introduit à l'étage de pression (7), au-dessus du premier courant partiel (101). 10
11. Dispositif de séparation d'air à basse température comprenant : 20
- un premier étage de compresseur (2) pour comprimer l'air de charge (1) à environ la pression de l'étage de pression, dont la sortie est en relation d'écoulement avec l'entrée d'un étage de purification (4) qui présente un dispositif d'adsorption, 25
 - un échangeur de chaleur principal (5);
 - un appareil de rectification (6) constitué d'une colonne sous pression (7) et d'une colonne à basse pression (8); 30
 - une première conduite de courant partiel (101) qui va de la sortie de l'étage de purification (4) vers la colonne sous pression (7); 35
 - une deuxième conduite de courant partiel (102) qui va de la sortie de l'étage de purification (4) vers la colonne à basse pression (8), par un appareil de détente (13, 13'), et 40
 - des moyens de transfert du travail obtenu dans l'appareil de détente (13, 13') sur un moyen (2, 16) de compression d'un courant du procédé, en particulier de l'air de charge, caractérisé en ce que : 45
 - la deuxième conduite de courant partiel (102) est amenée en amont de l'appareil de détente (13, 13'), par un échangeur de chaleur (3, 3') pour le réchauffage par échange de chaleur indirect (3, 3') vis-à-vis d'air de charge comprimé jusqu'à une température supérieure à la température ambiante et en ce que 50
 - le moyen (2, 16) de compression d'un courant du procédé et l'appareil de détente (13, 13') ne sont pas reliés l'un avec l'autre, de sorte que le même courant du procédé traverse les deux appareils. 55



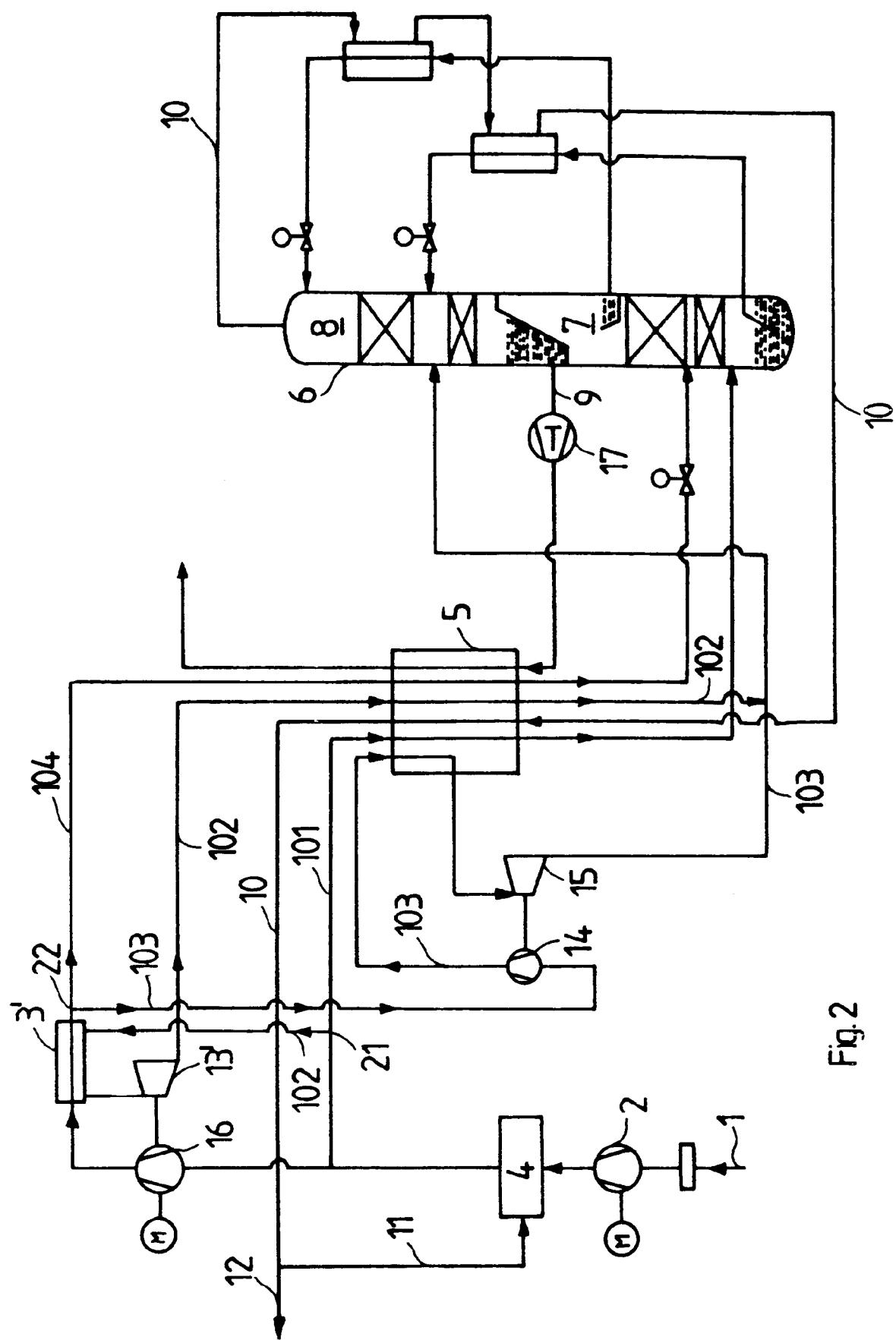


Fig. 2