(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 770 286 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
24.05.2017 Patentblatt 2017/21

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

(21) Anmeldenummer: **14000438.3**

(22) Anmeldetag: **06.02.2014**

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Gewinnung von Hochdruck-Sauerstoff und Hochdruck-Stickstoff

Method and apparatus for the production of high pressure oxygen and high pressure nitrogen

Procédé et dispositif de collecte d'oxygène et d'azote sous haute pression

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

(30) Priorität: **21.02.2013 EP 13000875**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.08.2014 Patentblatt 2014/35

(73) Patentinhaber: **Linde Aktiengesellschaft**
80331 München (DE)

(72) Erfinder: **Lautenschlager, Tobias**
82194 Gröbenzell (DE)

(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**
Linde AG
Legal Services Intellectual Property
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 869 322
WO-A1-2012/155318
DE-A1- 3 216 510
US-A- 5 355 682

- **"METHOD FOR HIGH PRESSURE OXYGEN PRODUCTION", RESEARCH DISCLOSURE, MASON PUBLICATIONS, HAMPSHIRE, GB, Nr. 450, 1. Oktober 2001 (2001-10-01), Seiten 1676-1678, XP001100122, ISSN: 0374-4353**
- **CASTLE W F: "MODERN LIQUID PUMP OXYGEN PLANTS: EQUIPMENT AND PERFORMANCE", AICHE INTERSOCIETY CRYOGENIC SYMPOSIUM, XX, XX, 1. April 1991 (1991-04-01), Seiten 14-17, XP009057309,**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 770 286 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 beziehungsweise 6. Die Grundlagen der Tieftemperaturzerlegung von Luft im Allgemeinen sowie der Aufbau von Zwei-Säule-Anlagen im Speziellen sind in der Monografie "Tieftemperaturtechnik" von Hausen/Linde (2. Auflage, 1985) und in einem Aufsatz von Latimer in Chemical Engineering Progress (Vol. 63, No.2, 1967, Seite 35) beschrieben. Die Wärmeaustauschbeziehung zwischen Hochdrucksäule und Niederdrucksäule einer Doppelsäule wird im Regelfall durch einen Hauptkondensator realisiert, in dem Kopfgas der Hochdrucksäule gegen verdampfende Sumpfflüssigkeit der Niederdrucksäule verflüssigt wird. Das Destillationssäulen-System der Erfindung kann als klassisches Doppelsäulensystem ausgebildet sein, aber auch als Drei- oder Mehrsäulensystem. Es kann zusätzlich zu den Kolonnen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung weitere Vorrichtungen zur Gewinnung anderer Luftkomponenten, insbesondere von Edelgasen aufweisen, beispielsweise eine Argongewinnung.

[0002] Der Hauptkondensator ist als "Kondensator-Verdampfer" ausgebildet. Als "Kondensator-Verdampfer" wird ein Wärmetauscher bezeichnet, in dem ein erster, kondensierender Fluidstrom in indirekten Wärmeaustausch mit einem zweiten, verdampfenden Fluidstrom tritt. Jeder Kondensator-Verdampfer weist einen Verflüssigungsraum und einen Verdampfungsraum auf, die aus Verflüssigungspassagen beziehungsweise Verdampfungspassagen bestehen. In dem Verflüssigungsraum wird die Kondensation (Verflüssigung) eines ersten Fluidstroms durchgeführt, in dem Verdampfungsraum die Verdampfung eines zweiten Fluidstroms. Verdampfungs- und Verflüssigungsraum werden durch Gruppen von Passagen gebildet, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung stehen.

[0003] Der "Hauptwärmetauscher" dient zur Abkühlung von Einsatzluft unter einem ersten, unterkritischen Druck, der weniger als 1 bar über dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule liegt, in indirektem Wärmeaustausch mit Rückströmen aus dem Destillationssäulen-System. Es kann aus einem einzelnen oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, zum Beispiel aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscher-Blöcken. Sind die Wärmeaustauscherabschnitte parallel verbunden, strömt durch jeden von ihnen ein Einsatzluftstrom unter dem ersten, unterkritischen Druck.

[0004] Bei einem "gewickelten Wärmetauscher" sind mehrere Lagen von Rohren auf ein Kernrohr aufgewickelt. Durch die einzelnen Rohre wird ein Medium geleitet, welches in Wärmeaustausch mit einem in dem Raum zwischen den Rohren und einem umgebenden Mantel strömenden Medium tritt. Die Rohre werden am oberen Wärmetauscherende in mehreren Gruppen zusammengeführt und in Form von Bündeln aus dem Außenraum herausgeleitet. Derartige gewickelte Wärmetauscher, ihre Herstellung und ihre Anwendung sind beispielsweise in Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2. Aufl. 1985, S. 471-475 beschrieben.

[0005] Bei dem Prozess werden zwei flüssig auf Druck gebrachte Produktströme gegen einen Wärmeträger, insbesondere Einsatzluft unter besonders hohem Druck, verdampft und schließlich als gasförmiges Druckprodukt gewonnen. Diese Methode wird auch als "Innenverdichtung" bezeichnet. Sie dient zur Gewinnung von Drucksauerstoff und Druckstickstoff. Für den Fall eines überkritischen Drucks findet kein Phasenübergang im eigentlichen Sinne statt, der Produktstrom wird dann lediglich angewärmt; dies wird manchmal auch als "Pseudo-Verdampfung" bezeichnet.

[0006] Ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung der eingangs genannten Art sind aus US 5355682 bekannt.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein derartiges Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung anzugeben, die eine hohe Effizienz bei gleichzeitig relativ geringem apparativem Aufwand aufweisen und sich insbesondere für die Versorgung eines Kohlevergasungskraftwerks (IGCC - Integrated Combined Cycle) eignen.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale der Patentansprüche 1 beziehungsweise 6 gelöst.

[0009] Zunächst erscheint es vernünftiger, durch den Hauptwärmetauscher nur die Niederdruckströme zu fahren, weil dieser dann besonders kostengünstig hergestellt werden kann. Im Rahmen der Erfindung hat sich jedoch überraschenderweise herausgestellt, dass es in vielen Fällen günstiger ist, den Hochdruckstickstoff in dem Hauptwärmetauscher zu verdampfen beziehungsweise zu pseudo-verdampfen. Vorzugsweise wird der gesamte flüssig auf Druck gebrachte Stickstoffstrom, der als Hochdruck-Stickstoff-Produktstrom gewonnen wird, in den Hauptwärmetauscher eingeleitet. Zwar wird dadurch tatsächlich der Aufwand am Hauptwärmetauscher größer, allerdings wird der Herstellungsaufwand für das entsprechend einfachere Hochdruck-Wärmetauscher-System überproportional geringer. Dies gilt sogar dann, wenn man den erhöhten Aufwand durch die Aufteilung des zweiten Einsatzluftstroms berücksichtigt.

[0010] Der weiteren Erhöhung der energetischen Effizienz des Verfahrens dient die gemeinsame arbeitsleistende Entspannung der beiden Teile des zweiten Einsatzluftstroms in einer Flüssigturbine (DLE - dense liquid expander). Die an der Flüssigturbine erzeugte mechanische Energie kann entweder direkt an einen Verdichter abgegeben oder über einen Generator in elektrische Energie umgewandelt werden.

[0011] Bei der Erfindung wird ein Ausgleichsstrom ("dritter Teilstrom" des zweiten Einsatzluftstroms) bei einer Zwischentemperatur aus dem Hochdruck-Wärmetauscher-System entnommen und in den Hauptwärmetauscher eingeleitet. Durch diese Maßnahme können

beide Wärmeaustauschprozesse stärker optimiert werden und arbeiten dadurch spürbar effizienter.

[0012] Dazu weist das Hochdruck-Wärmetauscher-System mindestens zwei seriell verbundene gewickelte Wärmetauscher auf, zwischen denen der dritte Teilstrom herausgeführt wird. Diese zwei seriell verbundenen gewickelten Wärmetauscher können durch zwei Wärmetauscherbündel in separaten Behältern realisiert werden oder durch zwei seriell verbundene Wärmetauscherbündel, die übereinander im gleichen Behälter angeordnet sind.

[0013] Die Zwischentemperatur, bei welcher der dritte Teilstrom aus dem Hochdruck-Wärmetauscher-System abgezogen und in den Hauptwärmetauscher eingeleitet wird. liegt zwischen 220 und 120 K, vorzugsweise zwischen 190 und 150 K.

[0014] Der dritte Teilstrom kann separat vom zweiten Teilstrom durch das Hochdruck-Wärmetauscher-System geführt werden; vorzugsweise wird er jedoch gemeinsam mit dem zweiten Teilstrom durch den wärmeren der beiden gewickelten Wärmetauscher geführt. Selbstverständlich kann das Hochdruck-Wärmetauscher-System auch drei oder mehr Wärmetauscherbündel aufweisen.

[0015] Vorzugsweise werden alle drei Teilströme des zweiten Einsatzluftstroms in der Flüssigturbine arbeitsleistend entspannt.

[0016] Für die Prozessdrücke gelten die folgenden bevorzugten Wertebereiche:

- Erster Produktdruck (Sauerstoff) höher als 100 bar, insbesondere höher als 110 bar, beispielsweise zwischen 105 und 135 bar.
- Zweiter Produktdruck niedriger als 100 bar, insbesondere niedriger als 90 bar, beispielsweise zwischen 30 und 80 bar.
- Zweiter, überkritischer Druck (oberes Luftdruckniveau) niedriger als der erste Produktdruck und insbesondere geringer als 100 bar, insbesondere geringer als 90 bar, beispielsweise zwischen 60 und 90 bar.

[0017] Der erste, unterkritische Druck des ersten Einsatzluftstroms (Direktluft) ist vorzugsweise gleich dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule plus Leitungsverlusten und liegt beispielsweise zwischen 5,0 und 6,0 bar, vorzugsweise zwischen 5,3 und 5,7 bar.

[0018] Ein dritter Einsatzluftstrom kann - gegebenenfalls nach Nachverdichtung auf einen dritten Druck, der zwischen dem ersten und dem zweiten Druck liegt, in gasförmigem Zustand in einer Luftturbine arbeitsleistend entspannt werden, um Kälte für das Verfahren zu erzeugen; die Eintrittstemperatur der Luftturbine liegt dann auf einem Zwischenniveau zwischen warmem und kaltem Ende des Hauptwärmetauschers. Alternativ oder zusätzlich wird ein Teil der auf den zweiten, überkritischen Druck verdichteten Luft von einer Zwischentemperatur aus arbeitsleistend entspannt.

[0019] Vorzugsweise wird bei dem Verfahren die Gesamtluft auf den ersten, unterkritischen Druck verdichtet, unter diesem Druck vorgekühlt und gereinigt und anschließend in den ersten und zweiten Einsatzluftstrom aufgeteilt. Grundsätzlich ist aber auch eine vollständig separate Verdichtung des ersten und des zweiten Einsatzluftstroms möglich.

[0020] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0021] Die Gesamtluft wird in einem Hauptluftverdichter auf einen "ersten, unterkritischen Druck" von 6 bar verdichtet und anschließend vorgekühlt und gereinigt (nicht dargestellt). Die gereinigte Einsatzluft 1 wird auf einen ersten Einsatzluftstrom 100, einen zweiten Einsatzluftstrom 200 und einen dritten Einsatzluftstrom 300 aufgeteilt. Der erste Einsatzluftstrom 100 wird unter dem ersten Druck in einen Hauptwärmetauscher 2 eingeleitet und durchströmt diesen komplett vom warmen bis zum kalten Ende. Der auf etwa Taupunktstemperatur abgekühlte erste Einsatzluftstrom 101 wird über Leitung 3 in die Hochdrucksäule 4 eines Destillationssäulen-Systems eingeleitet, das außerdem eine Niederdrucksäule 5 und einen Hauptkondensator 6 aufweist. Die beiden Säulen können wie dargestellt als klassische Doppelsäule übereinander angeordnet sein; alternativ stehen sie nebeneinander.

[0022] Der zweite Einsatzluftstrom 200 wird in einem ersten Nachverdichter 7 mit Nachkühler 8 und weiter in einem zweiten Nachverdichter 9 mit Nachkühler 10 weiter auf einen zweiten, überkritischen Druck von 85 bar verdichtet und anschließend bei 201 erneut verzweigt. Ein erster Teilstrom 210/211 des zweiten Einsatzluftstroms 200 durchströmt ebenfalls den Hauptwärmetauscher 2 komplett vom warmen bis zum kalten Ende. Überhaupt nicht durch den Hauptwärmetauscher 2 strömt ein zweiter Einsatzluftstrom 202/ 220/221. Dieser wird komplett in einem Hochdruck-Wärmetauscher-System abgekühlt, das in dem Ausführungsbeispiel aus zwei gewickelten Wärmetauschern 11, 12 gebildet wird, die in separaten Behältern angeordnet sind.

[0023] Bei 204 werden die drei Teilströme wieder vereinigt und anschließend in einer Flüssigturbine 13 auf den Betriebsdruck der Hochdrucksäule (etwa 6 bar) arbeitsleistend entspannt. Die Flüssigturbine wird von einem Generator 14 gebremst. Der arbeitsleistend entspannte zweite Einsatzluftstrom 205 wird in überwiegend flüssigem Zustand in die Hochdrucksäule 4 eingeleitet.

[0024] Ein dritter Teilstrom 230 des zweiten Einsatzluftstroms 200 wird gemeinsam mit dem zweiten Teilstrom 220 in dem warmen gewickelten Wärmetauscher 11 auf eine Zwischentemperatur von 165 K abgekühlt und über Leitung 203 herausgeführt. Bei 206 werden sie weiter verzweigt und der dritte Teilstrom 230 wird dem Hauptwärmtauscher 2 an einer Zwischenstelle zugeführt, die seiner Temperatur entspricht und schließlich dort bis zum kalten Ende abgekühlt. Der vollständig ab-

gekühlte dritte Teilstrom 231 wird bei 204 mit dem Rest des zweiten Einsatzluftstroms vereinigt.

[0025] Ein dritter Einsatzluftstrom 300 wird gemeinsam mit dem zweiten Einsatzluftstrom 200 auf einen dritten Druck von 55 bar im Nachverdichter 7 nachverdichtet und tritt unter diesem Druck in das warme Ende des Hauptwärmtauschers ein. Bei einer Temperatur, die etwas höher als die Zwischentemperatur des zweiten Teilstroms 230 ist, wird er (Strom 301) wieder entnommen und in einer Luftturbine 15 auf etwa den Betriebsdruck der Hochdrucksäule 4 arbeitsleistend entspannt. Die Luftturbine 15 treibt den Nachverdichter 9 an. Die entspannte Turbinenluft 302 wird über Leitung 3 gasförmig in die Hochdrucksäule 4 eingeleitet.

[0026] Ein flüssiger Sauerstoffstrom 16 aus der Niederdrucksäule 5 wird in einer Sauerstoffpumpe 17 in flüssigem Zustand auf einen ersten Produktdruck gebracht, der in dem Beispiel bei 115 bar liegt, unter diesem ersten Produktdruck in dem Hochdruck-Wärmetauscher-System 12/11 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich als Hochdruck-Sauerstoff-Produktstrom 18 gewonnen. Der Sauerstoff strömt durch das Innere der gewickelten Rohre der Wärmetauscher 11 und 12, die Einsatzluft 202 beziehungsweise 206 durch deren Außenraum.

[0027] Ein flüssiger Stickstoffstrom 19 aus der Hochdrucksäule 4 (er könnte auch aus dem Hauptkondensator 6 entnommen werden) wird in einer Stickstoffpumpe 20 in flüssigem Zustand auf einen zweiten Produktdruck gebracht, der in dem Ausführungsbeispiel bei 80 bar liegt, unter diesem zweiten Produktdruck auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich als Hochdruck-Stickstoff-Produktstrom 21 gewonnen.

[0028] Außerdem werden die folgenden Gasströme im Hauptwärmetauscher 2 angewärmt:

- praktisch druckloser gasförmiger Reinstickstoff 22/25 vom Kopf der Niederdrucksäule 5,
- praktisch druckloser gasförmiger Unreinstickstoff 24/23 von einer Zwischenstelle der der Niederdrucksäule 5 und
- gasförmiger Druckstickstoff 26/27 vom Kopf der Hochdrucksäule 4.

[0029] Ein Teil des Niederdruckstickstoff 23, 25 kann zur Regenerierung der Reinigungseinheit für die Einsatzluft (nicht dargestellt) eingesetzt werden. Der warme Druckstickstoff kann als Dichtgas 28 und/oder als Mitteldruckprodukt 29 genutzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung von Hochdruck-Sauerstoff und Hochdruck-Stickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destillationssäulen-System, das ein Hochdrucksäule (4) und eine Niederdrucksäule (5) aufweist, die über einen Hauptkondensator (6), der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist, in wärmetauschender Verbindung stehen, wobei

   - ein erster Einsatzluftstrom (100, 101) unter einem ersten, unterkritischen Druck, der weniger als 1 bar über dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule (4) liegt, in einem Hauptwärmetauscher (2) auf etwa Taupunkt abgekühlt und mindestens teilweise in die Hochdrucksäule (4) eingeleitet (3) wird,
   - ein zweiter Einsatzluftstrom (200) unter einem zweiten, überkritischen Druck abgekühlt, anschließend entspannt und mindestens teilweise in das Destillationssäulen-System eingeleitet wird,
   - ein flüssiger Sauerstoffstrom (16) aus der Niederdrucksäule (5) in flüssigem Zustand auf einen ersten Produktdruck gebracht (17) wird, der höher als der Betriebsdruck der Niederdrucksäule ist, unter diesem ersten Produktdruck in einem Hochdruck-Wärmetauscher-System (11, 12) auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt wird und schließlich als Hochdruck-Sauerstoff-Produktstrom (18) gewonnen wird,
   - ein flüssiger Stickstoffstrom (26) aus der Hochdrucksäule (4) oder aus dem Hauptkondensator (6) in flüssigem Zustand auf einen zweiten Produktdruck gebracht (20) wird, der höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (4) ist, unter diesem zweiten Produktdruck auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich als Hochdruck-Stickstoff-Produktstrom (21) gewonnen wird,
   - die Abkühlung eines ersten Teilstroms (201) des zweiten Einsatzluftstroms (200) durch indirekten Wärmeaustausch außerhalb des Hochdruck-Wärmetauscher-Systems (11, 12) durchgeführt wird,
   - die Abkühlung eines zweiten Teilstroms (202, 221) des zweiten Einsatzluftstroms (200) in dem Hochdruck-Wärmetauscher-System (11, 12) durchgeführt wird, und wobei
   - der erste und der zweite Teilstrom (211, 221) des zweiten Einsatzluftstroms stromabwärts ihrer Abkühlung zusammengeführt werden,
   - die Anwärmung des flüssig auf Druck gebrachten Stickstoffstroms in dem Hauptwärmetauscher (2) durchgeführt wird,
   - die Abkühlung des ersten Teilstroms (201) des zweiten Einsatzluftstroms (200) im Hauptwärmetauscher (2) durchgeführt wird,
   - ein dritter Teilstrom (230) des zweiten Einsatzluftstroms (200) an einer Zwischenstelle des Hochdruck-Wärmetauscher-Systems (11,12) vom zweiten Teilstrom (206) abgezweigt und in den Hauptwärmetauscher (2) an einer Zwischenstelle eingeleitet und dort weiter abgekühlt

wird,
- während der zweite Teilstrom (206) des zweiten Einsatzluftstroms in dem Hochdruck-Wärmetauscher-System (12) weiter abgekühlt wird;

dadurch gekennzeichnet, dass

- der zusammengeführte zweite Einsatzluftstrom vor seiner Einleitung (205, 3) in das Destillationssäulensystem in einer Flüssigturbine (13) arbeitsleistend entspannt wird,
- das Hochdruck-Wärmetauscher-System (11, 12) mindestens zwei gewickelte Wärmetauscher aufweist und zwei davon seriell verbunden sind,
- und der dritte Teilstrom (230) des zweiten Einsatzluftstroms (200) zwischen den beiden gewickelten, seriell verbundenen Wärmetauschern (11, 12) vom zweiten Teilstrom (206) abgezweigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dritte Teilstrom (231) mit dem ersten und dem zweiten Teilstrom (211, 221) stromaufwärts der Flüssigturbine (13) zusammengeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Produktdruck höher als 100 bar, insbesondere höher als 110 bar ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Produktdruck niedriger als 100 bar, insbesondere niedriger als 90 bar ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite, überkritische Druck niedriger als der erste Produktdruck ist und insbesondere weniger als 100 bar, insbesondere weniger als 90 bar beträgt.

6. Vorrichtung zur Gewinnung von Hochdruck-Sauerstoff und Hochdruck-Stickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mit einem Destillationssäulen-System, das ein Hochdrucksäule (4) und eine Niederdrucksäule (5) aufweist, die über einen Hauptkondensator (6), der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist, in Wärmeaustauschverbindung stehen, und mit

- Mitteln zum Abkühlen eines ersten Einsatzluftstroms (100) unter einem ersten, unterkritischen Druck, der weniger als 1 bar über dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule (4) liegt, in einem Hauptwärmetauscher (2) auf etwa Taupunkt,
- Mitteln (3) zum Einleiten des abgekühlten ersten Einsatzluftstroms (101) in die Hochdrucksäule (4).
- Mitteln zum Abkühlen eines zweiten Einsatzluftstroms (200) unter einem zweiten, überkritischen Druck,
- Mitteln zum Entspannen und Einleiten in das Destillationssäulen-System des abgekühlten zweiten Einsatzluftstroms (211, 221, 231)
- Mitteln (17), um einen flüssigen Sauerstoffstrom (16) aus der Niederdrucksäule (5) auf einen ersten Produktdruck zu bringen, der höher als der Betriebsdruck der Niederdrucksäule ist,
- Mitteln zum Anwärmen des auf Druck gebrachten Sauerstoffstroms unter diesem ersten Produktdruck in einem Hochdruck-Wärmetauscher-System (11, 12) auf etwa Umgebungstemperatur und
- Mitteln zum Gewinnen des angewärmten Sauerstoffstroms als Hochdruck-Sauerstoff-Produktstrom (18),
- Mitteln (20), um einen flüssigen Stickstoffstrom (26) aus der Hochdrucksäule (4) oder aus dem Hauptkondensator (6) auf einen zweiten Produktdruck zu bringen, der höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (4) ist,
- Mitteln zum Anwärmen des auf Druck gebrachten Stickstoffstroms unter diesem zweiten Produktdruck,
- Mitteln zum Gewinnen des angewärmten Stickstoffstroms als Hochdruck-Stickstoff-Produktstrom (21),
- Mitteln zum Abkühlen eines ersten Teilstroms (201) des zweiten Einsatzluftstroms (200) durch indirekten Wärmeaustausch,
- Mitteln zum Einleiten eines zweiten Teilstroms (202, 221) des zweiten Einsatzluftstroms (200) in das warme Ende des Hochdruck-Wärmetauscher-Systems (11, 12),
- Mitteln zum Zusammenführen des abgekühlten ersten Teilstroms (211) und des abgekühlten zweiten Teilstroms (221) des zweiten Einsatzluftstroms stromabwärts von Hauptwärmetauscher (2) beziehungsweise Hochdruck-Wärmetauscher-System (11, 12),
- Mitteln zum Einleiten des flüssig auf Druck gebrachten Stickstoffstroms in den Hauptwärmetauscher (2),
- Mitteln zum Einleiten eines ersten Teilstroms (201) des zweiten Einsatzluftstroms (200) in das warme Ende des Hauptwärmetauschers (2),
- Mitteln zum Abzweigen eines dritten Teilstroms (230) des zweiten Einsatzluftstroms (200) vom zweiten Teilstrom (206) an einer Zwischenstelle des Hochdruck-Wärmetauscher-Systems (11,12),
- Mitteln zum Einleiten des dritten Teilstroms (230) in den Hauptwärmetauscher (2) an einer Zwischenstelle und mit
- Mitteln zum weiteren Abkühlen des zweiten

Teilstroms (206) des zweiten Einsatzluftstroms in dem Hochdruck-Wärmetauscher-System (12),

gekennzeichnet durch

- eine Flüssigturbine (13) zum arbeitsleistenden Entspannen des zusammengeführten zweiten Einsatzluftstroms vor seiner Einleitung (205, 3) in das Destillationssäulensystem, wobei
- das Hochdruck-Wärmetauscher-System (11, 12) mindestens zwei gewickelte Wärmetauscher aufweist, wobei zwei davon seriell verbunden sind,

und weiter **dadurch** gekennzeichnet, dass sich die Zwischenstelle des Hochdruck-Wärmetauscher-Systems (11,12) zwischen den beiden gewickelten, seriell verbundenen Wärmetauschern (11,12) befindet.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** Mittel zum Zusammenführen des dritten Teilstroms (231) mit dem ersten und dem zweiten Teilstrom (211, 221) stromaufwärts der Flüssigturbine (13).

Claims

1. Method for obtaining high-pressure oxygen and high-pressure nitrogen by low-temperature fractionation of air in a distillation column system which has a high-pressure column (4) and a low-pressure column (5) which are in heat-exchanging connection via a main condenser (6) which takes the form of a condenser-evaporator, wherein

- a first feed air stream (100, 101) under a first, subcritical pressure which is less than 1 bar above the operating pressure of the high-pressure column (4) is cooled in a main heat exchanger (2) to approximately the dew point and introduced (3) at least partially into the high-pressure column (4),
- a second feed air stream (200) under a second, supercritical pressure is cooled, then expanded and introduced at least partially into the distillation column system,
- a liquid oxygen stream (16) is brought from the low-pressure column in a liquid state to a first product pressure (17) which is higher than the operating pressure of the low-pressure column, is heated up to approximately ambient temperature under this first product pressure in a high-pressure heat exchanger system (11, 12) and is finally obtained as a high-pressure oxygen product stream (18),
- a liquid nitrogen stream (26) is brought (20) from the high-pressure column (4) or from the main condenser (6) in a liquid state to a second product pressure which is higher than the operating pressure of the high-pressure column (4), is heated up to approximately ambient temperature under this second product pressure and is finally obtained as a high-pressure nitrogen product stream (21),
- the cooling of a first sub-stream (201) of the second feed air stream (200) is carried out by indirect heat exchange outside the high-pressure heat exchanger system (11, 12),
- the cooling of a second sub-stream (202, 221) of the second feed air stream (200) is carried out in the high-pressure heat exchanger system (11, 12), and wherein
- the first and the second sub-stream (211, 221) of the second feed air stream are combined downstream of their cooling,
- the heating-up of the nitrogen stream pressurized in a liquid form is carried out in the main heat exchanger (2),
- the cooling of the first sub-stream (201) of the second feed air stream (200) is carried out in the main heat exchanger (2),
- a third sub-stream (230) of the second feed air stream (200) is branched off from the second sub-stream (206) at an intermediate point of the high-pressure heat exchanger system (11, 12) and is introduced into the main heat exchanger (2) at an intermediate point and further cooled there,
- whereas the second sub-stream (206) of the second feed air-stream is further cooled in the high-pressure heat exchanger system (12);

characterized in that

- the combined second feed air stream is expanded in a work-performing manner in a liquid turbine (13) before it is introduced (205, 3) into the distillation column system,
- the high-pressure heat exchanger system (11, 12) has at least two coiled heat exchangers and two of them are serially connected,
- and the third sub-stream (230) of the second feed air stream (200) is branched off from the second sub-stream (206) between the two coiled, serially connected heat exchangers (11, 12).

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the third sub-stream (231) is combined with the first and the second sub-stream (211, 221) upstream of the liquid turbine (13).

3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in**

that the first product pressure is higher than 100 bar, in particular higher than 110 bar.

4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the second product pressure is lower than 100 bar, in particular lower than 90 bar.

5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the second, supercritical pressure is lower than the first product pressure and in particular less than 100 bar, in particular less than 90 bar.

6. Apparatus for obtaining high-pressure oxygen and high-pressure nitrogen by low-temperature fractionation of air with a distillation column system which has a high-pressure column (4) and a low-pressure column (5) which are in heat-exchanging connection via a main condenser (6) which takes the form of a condenser-evaporator, and with

- means for cooling a first feed air stream (100) under a first, subcritical pressure, which is less than 1 bar above the operating pressure of the high-pressure column (4), in a main heat exchanger (2) to approximately the dew point,
- means (3) for introducing the cooled first feed air stream (100) into the high-pressure column (4),
- means for cooling a second feed air stream (200) under a second, supercritical pressure,
- means for expanding the cooled second feed air stream (211, 221, 231) and introducing air into the distillation column system,
- means (17) for bringing a liquid oxygen stream (16) from the low-pressure column (5) to a first product pressure which is higher than the operating pressure of the low-pressure column,
- means for heating up the pressurized oxygen stream under this first product pressure in a high-pressure heat exchanger system (11, 12) to approximately ambient temperature and
- means for obtaining the heated-up oxygen stream as a high-pressure oxygen product stream (18),
- means (20) for bringing a liquid nitrogen stream (26) from the high-pressure column (4) or from the main condenser (6) to a second product pressure which is higher than the operating pressure of the high-pressure column (4),
- means for heating up the pressurized nitrogen stream under this second product pressure,
- means for obtaining the heated-up nitrogen stream as a high-pressure nitrogen product stream (21),
- means for cooling a first sub-stream (201) of the second feed air stream (200) by indirect heat exchange,
- means for introducing a second sub-stream (202, 221) of the second feed air stream (200) into the warm end of the high-pressure heat exchanger system (11, 12),
- means for combining the cooled first sub-stream (211) and the cooled second sub-stream (221) of the second feed air stream downstream of the main heat exchanger (2) or high-pressure heat exchanger system (11, 12),
- means for introducing the nitrogen stream pressurized in a liquid form into the main heat exchanger (2),
- means for introducing a first sub-stream (201) of the second feed air stream (200) into the warm end of the main heat exchanger (2),
- means for branching off a third sub-stream (230) of the second feed air stream (200) from the second sub-stream (206) at an intermediate point of the high-pressure heat exchanger system (11, 12),
- means for introducing the third sub-stream (230) into the main heat exchanger (2) at an intermediate point, and with
- means for further cooling the second sub-stream (206) of the second feed air stream in the high-pressure heat exchanger system (12),

characterized by

- a liquid turbine (13) for work-performing expansion of the combined second feed air stream before it is introduced (205, 3) into the distillation column system, wherein
- the high-pressure heat exchanger system (11, 12) has at least two coiled heat exchangers, wherein two of them are serially connected,

and further **characterized in that** the intermediate point of the high-pressure heat exchanger system (11, 12) is situated between the two coiled, serially connected heat exchangers (11, 12).

7. Apparatus according to Claim 6, **characterized by** means for combining the third sub-stream (231) with the first and the second sub-stream (211, 221) upstream of the liquid turbine (13).

Revendications

1. Procédé de collecte d'oxygène sous haute pression et d'azote sous haute pression par décomposition de l'air à basse température dans un système de colonnes de distillation, qui présente une colonne à haute pression (4) et une colonne à basse pression (5), qui sont en liaison d'échange de chaleur par l'intermédiaire d'un condenseur principal (6), qui est réalisé sous forme de condenseur-évaporateur, dans lequel

- on refroidit un premier courant d'air d'alimentation (100, 101) sous une première pression sous-critique, qui se situe moins de 1 bar au-dessus de la pression de service de la colonne à haute pression (4), dans un échangeur de chaleur principal (2) environ jusqu'au point de rosée et on l'introduit (3) au moins partiellement dans la colonne à haute pression (4),
- on refroidit un deuxième courant d'air d'alimentation (200) sous une deuxième pression supercritique, on le détend ensuite et on l'introduit au moins partiellement dans le système de colonnes de distillation,
- on porte un premier courant d'oxygène liquide (16) provenant de la colonne à basse pression (5) à l'état liquide à une première pression de produit (17), qui est supérieure à la pression de service de la colonne à basse pression, on le chauffe sous cette première pression de produit dans un système d'échangeur de chaleur à haute pression (11, 12) environ à la température ambiante et on le collecte finalement sous la forme d'un courant de produit d'oxygène sous haute pression (18),
- on porte un courant d'azote liquide (26) provenant de la colonne à haute pression (4) ou du condenseur principal (6) à l'état liquide à une deuxième pression de produit (20), qui est supérieure à la pression de service de la colonne à haute pression (4), on le chauffe sous cette deuxième pression de produit environ à la température ambiante et on le collecte finalement sous la forme d'un courant de produit d'azote sous haute pression (21),
- on effectue le refroidissement d'un premier courant partiel (201) du deuxième courant d'air d'alimentation (200) par un échange de chaleur indirect à l'extérieur du système d'échangeur de chaleur à haute pression (11, 12),
- on effectue le refroidissement d'un deuxième courant partiel (202, 221) du deuxième courant d'air d'alimentation (200) dans le système d'échangeur de chaleur à haute pression (11, 12), et dans lequel
- on réunit le premier et le deuxième courants partiels (211, 221) du deuxième courant d'air d'alimentation en aval de leur refroidissement,
- on effectue le chauffage du courant d'azote mis sous pression à l'état liquide dans l'échangeur de chaleur principal (2),
- on effectue le refroidissement du premier courant partiel (201) du deuxième courant d'air d'alimentation (200) dans l'échangeur de chaleur principal (2),
- on dévie un troisième courant partiel (230) du deuxième courant d'air d'alimentation (200) à un point intermédiaire du système d'échangeur de chaleur à haute pression (11, 12) à partir du deuxième courant partiel (206) et on l'introduit dans l'échangeur de chaleur principal (2) en un point intermédiaire et on l'y refroidit encore,
- pendant que le deuxième courant partiel (206) du deuxième courant d'air d'alimentation est encore refroidi dans le système d'échangeur de chaleur à haute pression (12);

caractérisé en ce que

- on détend le deuxième courant d'air d'alimentation réuni avant son introduction (205, 3) dans le système de colonnes de distillation dans une turbine à liquide (13) avec production de travail,
- le système d'échangeur de chaleur à haute pression (11, 12) présente au moins deux échangeurs de chaleur enroulés et deux d'entre eux sont reliés en série, et
- on dévie le troisième courant partiel (230) du deuxième courant d'air d'alimentation (200) à partir du deuxième courant partiel (206) entre les deux échangeurs de chaleur (11, 12) enroulés et reliés en série.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on réunit le troisième courant partiel (231) avec le premier et le deuxième courants partiels (211, 221) en amont de la turbine à liquide (13).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la première pression de produit est supérieure à 100 bar, en particulier supérieure à 110 bar.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la deuxième pression de produit est inférieure à 100 bar, en particulier inférieure à 90 bar.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la deuxième pression supercritique est inférieure à la première pression de produit et en particulier vaut moins de 100 bar, en particulier moins de 90 bar.

6. Dispositif de collecte d'oxygène sous haute pression et d'azote sous haute pression par décomposition de l'air à basse température avec un système de colonnes de distillation, qui présente une colonne à haute pression (4) et une colonne à basse pression (5), qui sont en liaison d'échange de chaleur par l'intermédiaire d'un condenseur principal (6), qui est réalisé sous forme de condenseur-évaporateur, et avec

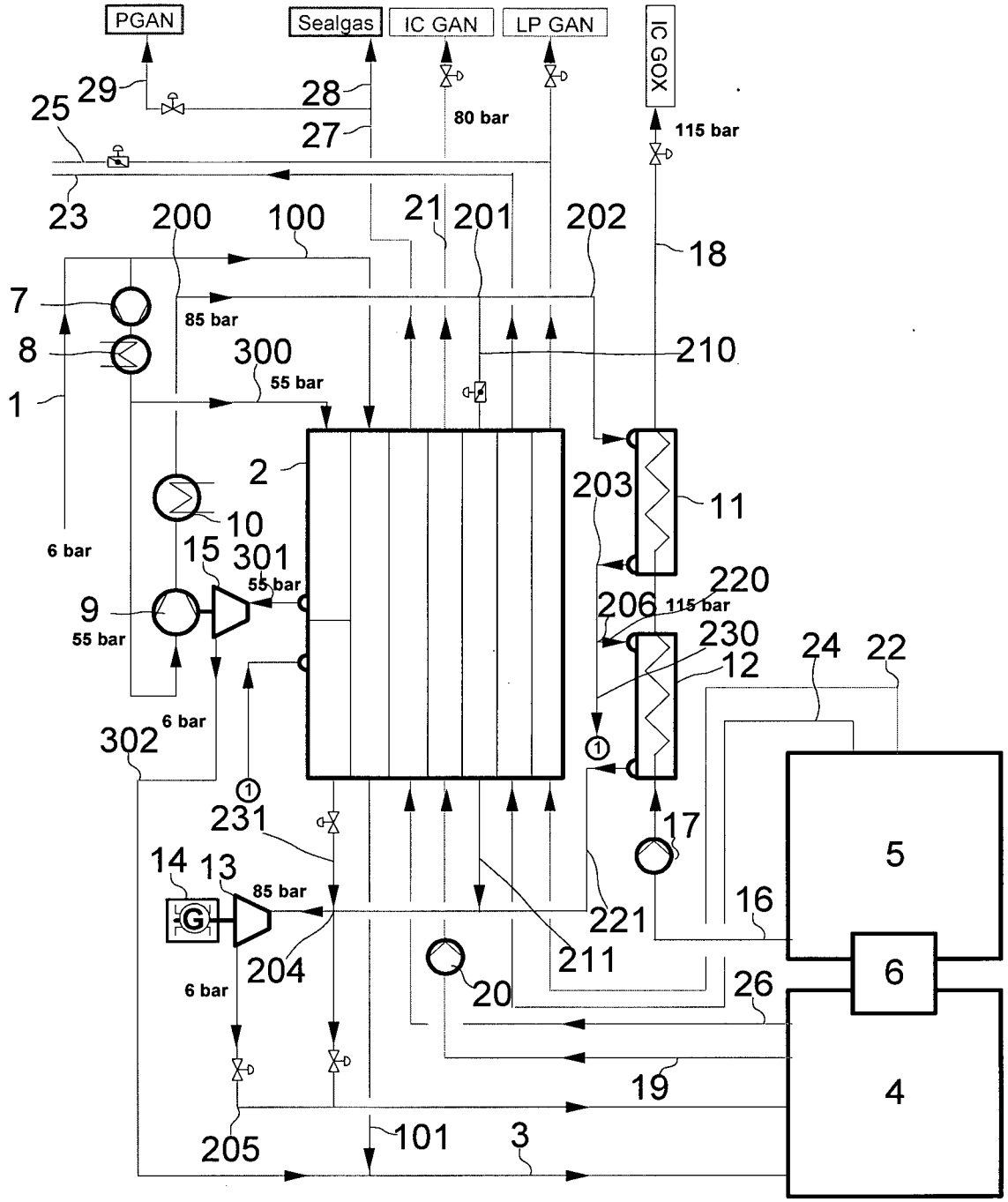
- des moyens pour refroidir un premier courant d'air d'alimentation (100) sous une première pression sous-critique, qui se situe moins de 1 bar au-dessus de la pression de service de la

colonne à haute pression (4), dans un échangeur de chaleur principal (2) environ jusqu'au point de rosée,
- des moyens (3) pour introduire le premier courant d'air d'alimentation refroidi (101) dans la colonne à haute pression (4),
- des moyens pour refroidir un deuxième courant d'air d'alimentation (200) sous une deuxième pression supercritique,
- des moyens pour détendre et introduire dans le système de colonnes de distillation le deuxième courant d'air d'alimentation refroidi (211, 221, 231),
- des moyens (17) pour porter un courant d'oxygène liquide (16) provenant de la colonne à basse pression (5) à une première pression de produit, qui est supérieure à la pression de service de la colonne à basse pression,
- des moyens pour chauffer le courant d'oxygène mis sous pression sous cette première pression de produit dans un système d'échangeur de chaleur à haute pression (11, 12) environ à la température ambiante, et
- des moyens pour collecter le courant d'oxygène chauffé sous la forme d'un courant d'un produit d'oxygène sous haute pression (18),
- des moyens (20) pour porter un courant d'azote liquide (26) provenant de la colonne à haute pression (4) ou du condenseur principal (6) à une deuxième pression de produit, qui est supérieure à la pression de service de la colonne à haute pression (4),
- des moyens pour chauffer le courant d'azote liquide mis sous pression sous cette deuxième pression de produit,
- des moyens pour collecter le courant d'azote chauffé sous la forme d'un courant de produit d'azote sous haute pression (21),
- des moyens pour refroidir un premier courant partiel (201) du deuxième courant d'air d'alimentation (200) par échange de chaleur indirect,
- des moyens pour introduire un deuxième courant partiel (202, 221) du deuxième courant d'air d'alimentation (200) dans l'extrémité chaude du système d'échangeur de chaleur à haute pression (11, 12),
- des moyens pour réunir le premier courant partiel refroidi (211) et le deuxième courant partiel refroidi (221) du deuxième courant d'air d'alimentation en aval de l'échangeur de chaleur principal (2) ou du système d'échangeur de chaleur à haute pression (11, 12),
- des moyens pour introduire le courant d'azote mis sous pression à l'état liquide dans l'échangeur de chaleur principal (2),
- des moyens pour introduire un premier courant partiel (201) du deuxième courant d'air d'alimentation (200) dans l'extrémité chaude de l'échangeur de chaleur principal (2),
- des moyens pour dévier un troisième courant partiel (230) du deuxième courant d'air d'alimentation (200) à partir du deuxième courant partiel (206) à un point intermédiaire du système d'échangeur de chaleur à haute pression (11, 12),
- des moyens pour introduire le troisième courant partiel (230) dans l'échangeur de chaleur principal (2) en un point intermédiaire, et avec
- des moyens pour refroidir encore le deuxième courant partiel (206) du deuxième courant d'air d'alimentation dans le système d'échangeur de chaleur à haute pression (12),

caractérisé par

- une turbine à liquide (13) pour détendre le deuxième courant d'air d'alimentation réuni avant son introduction (205, 3) dans le système de colonnes de distillation avec production de travail, dans lequel
- le système d'échangeur de chaleur à haute pression (11, 12) présente au moins deux échangeurs de chaleur enroulés, dans lequel deux d'entre eux sont reliés en série, et **caractérisé en outre en ce que** le point intermédiaire du système d'échangeur de chaleur à haute pression (11, 12) se trouve entre les deux échangeurs de chaleur enroulés et reliés en série (11, 12).

7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé par** des moyens pour réunir le troisième courant partiel (230) au premier et au deuxième courants partiels (211, 221) en amont de la turbine à liquide (13).


PGAN
Sealgas
IC GAN
LP GAN
IC GOX
29
28
27
25
80 bar
115 bar
23
200
100
21
201
202
18
7
8
85 bar
300
55 bar
210
1
2
203
11
10
6 bar
15
301
55 bar
220
206
115 bar
9
55 bar
230
12
24
22
6 bar
302
231
17
5
14
13
85 bar
221
16
204
211
6
6 bar
20
26
19
4
205
101
3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5355682 A **[0006]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **HAUSEN ; LINDE.** Tieftemperaturtechnik. 1985 **[0001]**
- **LATIMER.** *Chemical Engineering Progress,* 1967, vol. 63 (2), 35 **[0001]**
- **HAUSEN ; LINDE.** Tieftemperaturtechnik. 1985, 471-475 **[0004]**