

(19)



(11)

EP 2 770 286 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.08.2014 Patentblatt 2014/35

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

(21) Anmeldenummer: **14000438.3**

(22) Anmeldetag: **06.02.2014**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(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)

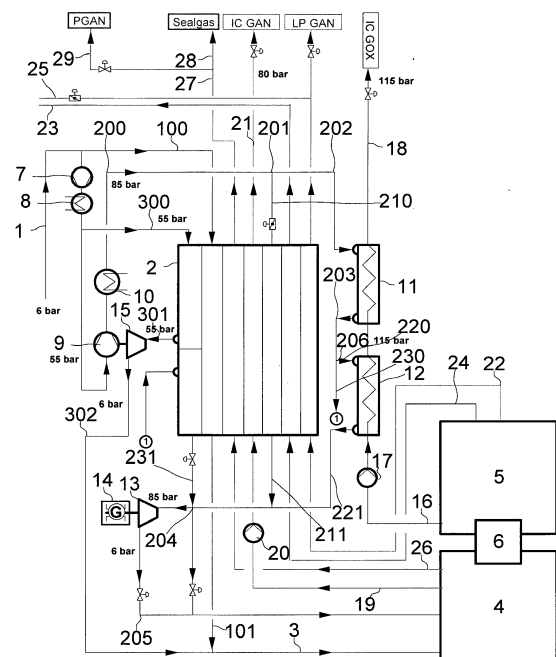
(30) Priorität: **21.02.2013 EP 13000875**

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**
80331 München (DE)

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

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Gewinnung von Hochdruck-Sauerstoff und Hochdruck-Stickstoff durch Tieftemperaturerlegung von Luft in einem Destillationssäulen-System, das eine Hochdrucksäule (4), eine Niederdrucksäule (5) und einen Hauptkondensator (6) aufweist. Ein erster Einsatzluftstrom (100, 101) wird unter einem ersten, unterkritischen Druck in einem Hauptwärmetauscher (2) auf etwa Taupunkt abgekühlt und mindestens teilweise in die Hochdrucksäule (4) eingeleitet (3). Ein zweiter Einsatzluftstroms (200) wird auf einen zweiten, überkritischen Druck gebracht, abgekühlt, anschließend entspannt und mindestens teilweise in das Destillationssäulen-System eingeleitet. Ein flüssiger Sauerstoffstrom (16) aus der Niederdrucksäule (5) wird in flüssigem Zustand auf einen ersten Produkt- druck gebracht (17), der höher als der Betriebsdruck der Niederdrucksäule ist, unter diesem ersten Produktdruck in einem Hochdruck-Wärmetauscher-System (11, 12), das mindestens einen gewickelten Wärmetauscher aufweist, auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich als Hochdruck-Sauerstoff-Produktstrom (18) gewonnen. Ein flüssiger Stickstoffstrom (26) aus der Hochdrucksäule (4) oder aus dem Hauptkondensator (6) wird in flüssigem Zustand auf einen zweiten Produkt- druck gebracht (20), der höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (4) ist, unter diesem zweiten Produkt- druck in dem Hauptwärmetauscher (2) auf etwa Umge- bungstemperatur angewärmt und schließlich als Hoch- druck-Stickstoff-Produktstrom (21) gewonnen. Die An- wärmung des flüssig auf Druck gebrachten Stick- stoffstroms wird in dem Hauptwärmetauscher (2) durch- geführt wird. Ein erster Teilstrom (201) des zweiten Ein-

satzluftstroms (200) wird in dem Hauptwärmetauscher (2) abgekühlt wird, ein zweiter Teilstrom (202, 221) in dem Hochdruck-Wärmetauscher-System (11, 12). Anschließend werden der erste und der zweite Teilstrom (211, 221) zusammengeführt und in einer Flüssigturbine (13) arbeitsleistend entspannt.

**EP 2 770 286 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] 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 Mitteldrucksäule 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.

[0003] Der Hauptkondensator ist 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.

[0004] Der "Hauptwärmetauscher" dient zur Abkühlung von Einsatzluft unter einem ersten, unterkritischen Druck, 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.

[0005] 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.

[0006] 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 Druck-sauerstoff 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.

[0007] Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus US 5355682 bekannt.

[0008] 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.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0010] 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 dem Hauptwärmetauscher 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.

[0011] 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.

[0012] Abweichend hiervon kann auch auf das Zusammenführen der beiden Teile des zweiten Einsatzluftstroms und/oder auf die Flüssigturbine verzichtet werden. Die beiden Teile werden dann beispielsweise getrennt oder gemeinsam in einem oder mehreren Drosselventilen auf den Druck des Destillationssäulen-Systems entspannt.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] Vorzugsweise werden alle drei Teilstrome des zweiten Einsatzluftstroms in der Flüssigturbine arbeitsleistend entspannt.

- 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.

[0018] 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.

[0019] 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. 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.

[0022] Der erste Einsatzluftstrom 100 wird unter dem ersten Druck in einen Hauptwärmetauscher 2 eingeleitet, durchströmt diesen komplett vom warmen bis zum kalten Ende. Der auf etwa Taupunkttemperatur 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 wie dargestellt als klassische Doppelsäule übereinander angeordnet sein; alternativ stehen sie nebeneinander.

[0023] 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 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.

[0024] Bei 204 werden die drei Teilstrome 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.

[0025] 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 Hauptwärmetauscher 2 an einer Zwischenstelle zugeführt, die seiner Temperatur entspricht und schließlich

dort bis zum kalten Ende abgekühlt. Der vollständig abgekühlte dritte Teilstrom 231 wird bei 204 mit dem Rest des zweiten Einsatzluftstroms vereinigt.

[0026] 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 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 303 wird über Leitung 3 gasförmig in die Hochdrucksäule 4 eingeleitet.

[0027] 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.

[0028] 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 wird, der in dem Ausführungsbeispiel bei 80 bar liegt, unter diesem zweiten Produktdruck auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich als Hochdruck-Stickstoff-Produktstrom 21 gewonnen.

[0029] Außerdem werden die folgenden Gasströme im Hauptwärmetauscher 2 angewärmt:

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

[0030] 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 eine Hochdrucksäule (4) und eine Nie-

derdrucksäule (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, 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), das mindestens einen gewickelten Wärmetauscher aufweist, 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 und **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Anwärmung des flüssig auf Druck gebrachten Stickstoffstroms in dem Hauptwärmetauscher (2) durchgeführt wird,
- die Abkühlung eines ersten Teilstroms (201) des zweiten Einsatzluftstroms (200) im Hauptwärmetauscher (2) durchgeführt wird,
- der zusammengeführte zweite Einsatzluftstrom vor seiner Einleitung (205, 3) in das Des-

- tillationssäulensystem in einer Flüssigturbine (13) arbeitsleistend entspannt wird,
- das Hochdruck-Wärmetauscher-System (11, 12) zwei seriell verbundene gewickelte Wärmetauscher aufweist, 5
 - ein dritter Teilstrom (230) des zweiten Einsatzluftstroms (200) zwischen den beiden gewickelten Wärmetauschern (11, 12) vom zweiten Teilstrom (206) abgezweigt und in den Hauptwärmetauscher (2) an einer Zwischenstelle eingeleitet und dort weiter abgekühlt wird, 10
 - während der zweite Teilstrom (206) des zweiten Einsatzluftstroms in dem Hochdruck-Wärmetauscher-System (12) weiter abgekühlt wird. 15
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. 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Produktdruck höher als 100 bar, insbesondere höher als 110 bar ist. 25
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. 30
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. 35
6. Vorrichtung zur Gewinnung von Hochdruck-Sauerstoff und Hochdruck-Stickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mit einem Destillationssäulensystem, das eine Hochdrucksäule (4) und eine Niederdrucksäule (5) aufweist, die über einen Hauptkondensator (6), der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist, in Wärmeaustauschverbindung stehen, und mit 40
- 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, 45
 - Mitteln (3) zum Einleiten des abgekühlten ersten Einsatzluftstroms (101) in die Hochdrucksäule (4). 50
 - Mitteln zum Abkühlen eines zweiten Einsatzluftstroms (200) unter einem zweiten, überkritischen Druck, 55
 - Mitteln zum Entspannen und Einleiten in das Destillationssäulensystem 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), das mindestens einen gewickelten Wärmetauscher aufweist, auf etwa Umgebungstemperatur und
 - Mitteln zum Gewinnen des angewärmten Sauerstoffstroms als Hochdruck-Sauerstoff-Produktstrom (18) gewonnen wird,
 - 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),
 - Mittel zum Abkühlen eines ersten Teilstroms (201) des zweiten Einsatzluftstroms (200) durch indirekten Wärmeaustausch,
 - Mittel zum Einleiten eines zweiten Teilstroms (202, 221) des zweiten Einsatzluftstroms (200) in das warme Ende des Hochdruck-Wärmetauscher-Systems (11, 12) und mit
 - Mittel 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)
- gekennzeichnet durch**
- Mittel zum Einleiten des flüssig auf Druck gebrachten Stickstoffstroms in den Hauptwärmetauscher (2),
 - Mittel zum Einleiten eines ersten Teilstroms (201) des zweiten Einsatzluftstroms (200) in das warme Ende des Hauptwärmetauschers (2), und **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) zwei seriell verbundene gewickelte Wärmetauscher aufweist, und weiter **gekennzeichnet durch**
 - Mittel zum Abzweigen eines dritten Teilstroms (230) des zweiten Einsatzluftstroms (200) vom zweiten Teilstrom (206) zwischen den beiden gewickelten Wärmetauschern (11, 12),
 - Mittel zum Einleiten des dritten Teilstroms

(230) in den Hauptwärmetauscher (2) an einer Zwischenstelle und **durch**

- Mittel zum weiteren Abkühlen des zweiten Teilstroms (206) des zweiten Einsatzluftstroms in dem Hochdruck-Wärmetauscher-System (12). 5

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** Mittel Zusammenführen des dritten Teilstroms (231) mit dem ersten und dem zweiten Teilstrom (211, 221) stromaufwärts der Flüssigturbine (13). 10

15

20

25

30

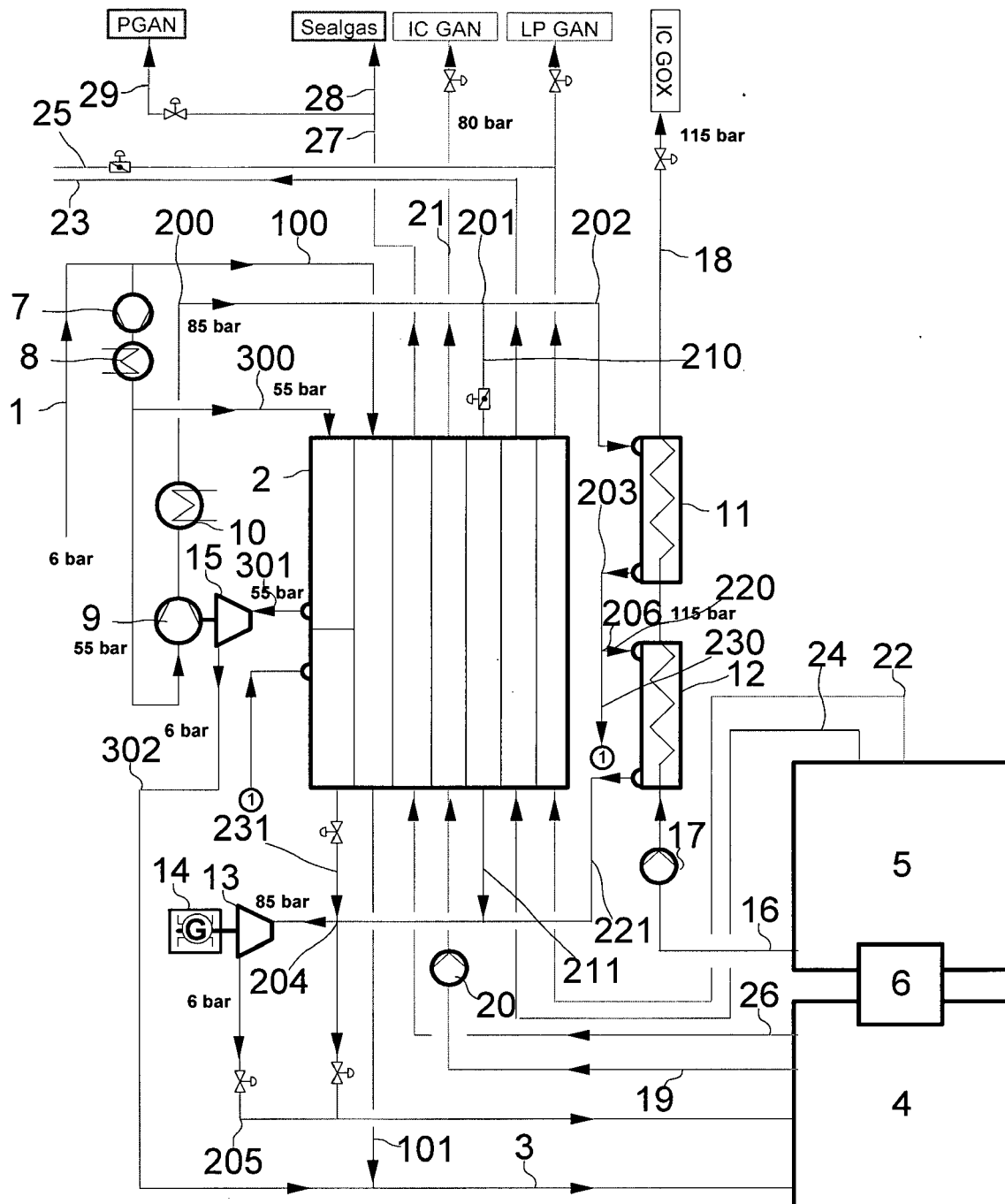
35

40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 00 0438

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 5 355 682 A (AGRAWAL RAKESH [US] ET AL) 18. Oktober 1994 (1994-10-18) * Abbildung 2; Tabelle *	1-7	INV. F25J3/04
A	DE 32 16 510 A1 (LINDE AG [DE]) 3. November 1983 (1983-11-03) * Seite 10, Zeilen 2,3; Abbildung 7 *	1-7	
A	EP 0 869 322 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 7. Oktober 1998 (1998-10-07) * Spalte 3, Zeile 21 - Spalte 4, Zeile 9; Abbildung 4 *	1-7	
A	WO 2012/155318 A1 (AIR LIQUIDE [FR]; DE BUSSY FRANCOIS [FR]; GUYARD FREDERIC [FR]; MERINO) 22. November 2012 (2012-11-22) * Seite 1, Zeilen 31-32; Abbildung 5 *	1,3,5,6	
A	"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 * das ganze Dokument *	1,3,5,6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25J
A	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, * Seite 15, Spalte 2, Absatz 2-4 * * Seite 17, Absätze 2,4 *	1,6	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. Mai 2014	Prüfer Göritz, Dirk
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 00 0438

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-05-2014

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5355682 A	18-10-1994	AT 173333 T	15-11-1998
		CA 2131656 A1	16-03-1995
		CN 1103157 A	31-05-1995
		DE 69414517 D1	17-12-1998
		DE 69414517 T2	29-04-1999
		EP 0646755 A1	05-04-1995
		ES 2123719 T3	16-01-1999
		JP 2692700 B2	17-12-1997
		JP H07151462 A	16-06-1995
		US 5355682 A	18-10-1994

DE 3216510 A1	03-11-1983	DE 3216510 A1	03-11-1983
		IN 157040 A1	04-01-1986
		JP H0140269 B2	28-08-1989
		JP S58194711 A	12-11-1983

EP 0869322 A1	07-10-1998	AR 012326 A1	18-10-2000
		AU 723241 B2	24-08-2000
		AU 5950398 A	08-10-1998
		BR 9801005 A	26-10-1999
		CA 2234435 A1	03-10-1998
		CZ 9800987 A3	16-12-1998
		EP 0869322 A1	07-10-1998
		FR 2761762 A1	09-10-1998
		JP H1172286 A	16-03-1999
		PL 325664 A1	12-10-1998
		SG 72799 A1	23-05-2000
		US 5901577 A	11-05-1999
		ZA 9802713 A	02-10-1998

WO 2012155318 A1	22-11-2012	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Tieftemperaturtechnik. 1985 [0002]
- Aufsatz von Latimer in *Chemical Engineering Progress*, 1967, vol. 63 (2), 35 [0002]
- HAUSEN ; LINDE. Tieftemperaturtechnik. 1985, 471-475 [0005]