



(11)

EP 3 343 159 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.07.2018 Patentblatt 2018/27

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

(21) Anmeldenummer: **16020518.3**

(22) Anmeldetag: **28.12.2016**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder: **Golubev, Dimitri**
82538 Geretsried (DE)

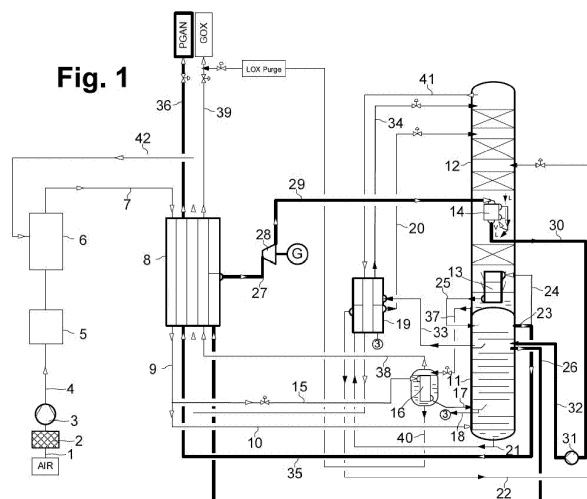
(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**
Linde AG
Technology & Innovation
Corporate Intellectual Property
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

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

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERZEUGUNG VON GASFÖRMIGEM SAUERSTOFF UND GASFÖRMIGEM DRUCKSTICKSTOFF**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Erzeugung von gasförmigem unreinen Sauerstoff und gasförmigem Druckstickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft. Ein Destillationssäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung weist eine Hochdrucksäule (11), eine Niederdrucksäule (12) sowie einen Hauptkondensator (13) und eine Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (14) auf, die beide als Kondensator-Verdampfer ausgebildet sind. Verdichtete und gereinigte Einsatzluft (7) wird in einem Hauptwärmetauscher (8) abgekühlt. Eine Sauerstofffraktion (37, 38) wird aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule (12) abgezogen, in dem Hauptwärmetauscher (8) angewärmt und als gasförmiges Unreinsauerstoffprodukt (39) gewonnen. Eine Stick-

stofffraktion (35) wird vom Kopf der Hochdrucksäule (11) abgezogen, in dem Hauptwärmetauscher (8) angewärmt und als gasförmiges Druckstickstoffprodukt (36) gewonnen. Eine stickstoffangereicherte Zwischenfraktion (26, 27) aus der Hochdrucksäule (11) wird arbeitsleistend entspannt (28) und anschließend in dem Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers (14) mindestens teilweise verflüssigt. Mindestens ein Teil der im Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers (14) gebildeten Flüssigkeit (30) wird in die Hochdrucksäule (11) eingeleitet (32). Der Druck der Flüssigkeit (30; 30a) wird stromaufwärts der Einleitung (32) in die Hochdrucksäule (11) mittels einer Pumpe (31) erhöht.



Beschreibung

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

[0002] Ein derartiges Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung sind aus US 5678427 bekannt.

[0003] Es gibt Bedarf an Luftzerlegungsanlagen, die neben einem unreinen Sauerstoffprodukt (oftmals unter relativ geringem Druck) auch relativ viel gasförmiges Druckstickstoffprodukt (Druck-GAN) erzeugen. Dabei ist der Stickstoffbedarf allerdings noch deutlich geringer als bei den Spezialfällen mit extrem hohem Druck-GAN-Bedarf, zum Beispiel IGCC-Kraftwerken.

[0004] Für solche Anwendungen mit relativ hohem Druck-GAN-Bedarf wurden in den letzten Jahren spezielle Lösungen ausgearbeitet, etwa Verfahren mit erhöhtem Betriebsdruck und mehr als zwei Rektifikationskolonnen. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf Gas-und-Dampf-Kraftwerke (GuD), international meistens als IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) bezeichnet.

[0005] Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren, bei denen relativ viel Druck-GAN, nämlich das 0,7,2- bis ca. 1,5-Fache der Sauerstoffproduktmenge. Bisher wurde diese Anforderung zum Beispiel konventionell gelöst mit einem Doppelsäulen-Verfahren mit Entnahme des Druck-GAN aus der Hochdrucksäule und Einblaseturbine, also der Einleitung von turbinenentspannter Luft in die Niederdrucksäule, zur Erzeugung der Verfahrenskälte; hier erzielt man nur eine relativ schlechte Sauerstoffausbeute und benötigt viel Einsatzluft.

[0006] Alternativ wird - ebenfalls unter Einsatz eines Doppelsäulen-Verfahrens mit Entnahme des Druck-GAN aus der Hochdrucksäule - Luft in einem Luft-Nachverdichter nachverdichtet zwecks Kälteproduktion in einer Mitteldruckturbine, die in die Hochdrucksäule entspannt. Hier wird eine zusätzliche Maschine benötigt.

[0007] Ein anderes Verfahren mit Einsatz eines Doppelsäulen-Verfahrens mit Entnahme des Druck-GAN aus der Hochdrucksäule weist einen Niederdruck-GAN-Nachverdichter und eine Einblaseturbine zwecks Kälteproduktion auf. Hier wird ebenfalls eine zusätzliche Maschine eingesetzt.

[0008] Vor Kurzem wurden auch Verfahren entwickelt, bei denen Kälteproduktion □ Niederdruck-GAN-Verdichter wird benötigt, bei denen drei Säulen und ein Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer eingesetzt werden. Diese Verfahren sind zwar effizient, gleichwohl aber aufwendiger durch die Verwendung zweier Luftdrücke.

[0009] Zusammengefasst weisen energieeffiziente Verfahren hohe Investitionskosten auf und beim klassischen Doppelsäule-Verfahren tritt eine relativ niedrige Effizienz verbunden mit ebenfalls relativ hohen Kosten auf.

[0010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu finden, welches die angestrebte Produktkombination nicht nur effizient erzeugt, sondern auch relativ geringe Investitionskosten erfordert.

[0011] Diese Aufgabe wird durch die Kombination der Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0012] Im Rahmen der Erfindung hat sich herausgestellt, dass die erfindungsgemäße Rückführung des Kondensats aus dem Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer in die Hochdrucksäule mittels einer Pumpe entscheidend für die Kälte- und Mengenbilanz des Verfahrens ist. Nur so ist es möglich, die gesamte Verfahrenskälte durch die Turbine bereitzustellen, die zwischen dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule und dem Druck in dem Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers betrieben wird. Dadurch wird weder eine Einblaseturbine noch eine Mitteldruckturbine benötigt. Das Destillationssäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung kommt mit den üblichen zwei Säulen aus.

[0013] Die Kälteproduktion wird weiter verbessert, indem die stickstoffangereicherte Zwischenfraktion stromaufwärts der arbeitsleistenden Entspannung angewärmt wird. Insbesondere wird sie im Hauptwärmetauscher auf eine Zwischentemperatur von beispielsweise 100 bis 120 K, vorzugsweise 100 bis 110 K erwärmt.

[0014] Bei der Erfindung ist es wichtig, dass der Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer eine besonders effiziente Verdampfung aufweist. Dies wird insbesondere dadurch ermöglicht, dass er entweder als Forced-Flow-Verdampfer oder als Fallfilmverdampfer ausgebildet ist.

[0015] Besonders niedriger apparativer Aufwand wird im Rahmen der Erfindung erzielt, indem die gesamte Einsatzluft in allen Stufen eines dreistufigen Hauptluftverdichters auf dessen Enddruck verdichtet wird. Vorzugsweise stellt der dreistufige Hauptluftverdichter die einzige Maschine dar, die mit externer Energie betrieben wird.

[0016] Grundsätzlich kann die Sauerstofffraktion unmittelbar gasförmig aus der Niederdrucksäule abgezogen, im Hauptwärmetauscher angewärmt und als Produkt gewonnen werden. In vielen Fällen ist es jedoch günstiger, wenn die Sauerstofffraktion in flüssigem Zustand aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule abgezogen wird und der Anwärmung in dem Hauptwärmetauscher in einem Nebenkondensator, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist, in indirektem Wärmeaustausch mit einem Teilstrom der Einsatzluft verdampft wird. Der Nebenkondensator bewirkt eine leichte Erhöhung des Abgabedruckes, beispielsweise um 0,2 bar und eine leichte Erhöhung des Sauerstoffgehalts, ohne dass dabei zusätzlich Energie aufgewandt werden müsste.

[0017] Im Rahmen der Erfindung kann auch Hochdrucksauerstoff durch Innenverdichtung der Niederdrucksäulen-Sumpfflüssigkeit oder der Flüssigkeit aus dem Verdampfungsraum eines Nebenkondensators gewonnen werden.

[0018] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 10. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann durch Vorrichtungsmerkmale ergänzt werden, die den Merkmalen einzelner, mehrerer oder aller abhängigen

Verfahrensansprüche entsprechen.

[0019] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen:

- 5 Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel, bei dem das gesamte Unreinsauerstoffprodukt in einem Nebenkondensator verdampft wird,
- Figuren 1a und 1b Abwandlungen des Verfahrens von Figur 1,
- Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel, bei dem ein Teil des Unreinsauerstoffprodukts mittels Innenverdichtung unter höherem Druck gewonnen wird und
- 10 Figuren 3 bis 6 weitere Ausführungsbeispiele, die auf demjenigen von Figur 2 aufbauen.

[0020] In dem Verfahren von **Figur 1** wird atmosphärische Luft (AIR) 1 über ein Filter 2 von einem dreistufigen Hauptluftverdichter 3 mit Zwischenkühlung (nicht dargestellt) verdichtet. Die auf ca. 5,5 bar verdichtete Einsatzluft 4 wird in einer Vorkühlung 5 und einer Reinigungseinrichtung 6 weiter behandelt. Die verdichtete und gereinigte Einsatzluft 7 wird in einen Hauptwärmetauscher 8 eingeleitet und dort auf etwa Taupunkt abgekühlt. Ein erster Teil 10 der abgekühlten Einsatzluft wird direkt in die Hochdrucksäule 11 eines Destillationssäulen-Systems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet.

[0021] Das Destillationssäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung umfasst außerdem eine Niederdrucksäule 12, einen Hauptkondensator 13 und einen Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer 14. Die beiden Kondensatoren 13, 14 sind jeweils als Kondensator-Verdampfer ausgebildet.

[0022] Ein zweiter Teil 15 der abgekühlten Einsatzluft 9 strömt durch den Verflüssigungsraum eines Nebenkondensators 16, der ebenfalls als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist und als Badverdampfer funktioniert. Die vollständig oder teilweise verflüssigte Luft 17 wird der Hochdrucksäule 11 an einer Zwischenstelle zugeleitet. Mindestens ein Teil 18 der flüssigen Luft wird gleich wieder entnommen, in einem Unterkühlungs-Gegenströmer 19 abgekühlt und über Leitung 20 der Niederdrucksäule 12 zugeleitet.

[0023] Flüssiger Rohsauerstoff 21 der Hochdrucksäule 11 wird ebenfalls im Unterkühlungs-Gegenströmer 19 unterkühlt und strömt anschließend über Leitung 22 zur Niederdrucksäule 12. Gasförmiger Kopfstickstoff 23 der Hochdrucksäule 11 wird zu einem ersten Teil 24 im Hauptkondensator vollständig oder fast vollständig verflüssigt.

[0024] Der dabei gewonnene flüssige Stickstoff 25 wird vollständig als Rücklauf auf die Hochdrucksäule 11 aufgegeben.

[0025] Ein zweiter Teil 35 des gasförmigen Kopfstickstoffs 23 der Hochdrucksäule 11 wird im Hauptwärmetauscher 8 angewärmt und über Leitung 36 als gasförmiges Druckstickstoffprodukt (PGAN) gewonnen.

[0026] Eine stickstoffangereicherte Zwischenfraktion 26 der Hochdrucksäule 11 weist in dem Beispiel einen Stickstoffgehalt von 99 mol-% auf. Man kann sie auch als Unreinstickstoff bezeichnen. Sie wird dem kalten Ende des Hauptwärmetauschers 8 zugeleitet und dort auf eine Zwischentemperatur von beispielsweise 104 K angewärmt. Die angewärmte Zwischenfraktion 27 wird in einer Expansionsturbine 28 arbeitsleistend entspannt und anschließend über Leitung 29 in den Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers 14 eingeleitet. Die Turbine 28 wird von einem elektrischen Generator gebremst. Alternativ könnte auch eine dissipative Bremse wie zum Beispiel eine Ölbremse eingesetzt werden.

[0027] Der teilweise oder vollständig verflüssigte Unreinstickstoff 30 wird erfindungsgemäß mittels einer Pumpe 31 über Leitung 32 in die Hochdrucksäule 11 zurückgeleitet. Die Einleitung erfolgt in dieser Darstellung im unterkühlten Zustand; alternativ kann der Strom 32 vor seiner Einleitung in die Hochdrucksäule 11 im Unterkühlungs-Gegenströmer 19 oder in einem separaten Unterkühlungs-Gegenströmer angewärmt werden. Ein Teil der in die Hochdrucksäule 11 eingespeisten Flüssigkeit wird über Leitung 33 wieder aus der Hochdrucksäule 11 entnommen, im Unterkühlungs-Gegenströmer 19 abgekühlt und über Leitung 34 der Niederdrucksäule 12 als Kopfrücklauf zugeführt.

[0028] Der Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers 14 ist als Forced-Flow-Verdampfer ausgebildet. In diesen wird die gesamte Rücklaufflüssigkeit der Niederdrucksäule 12 eingeleitet. Der Flüssig verbliebene Anteil (L) fließt weiter die Niederdrucksäule 12 hinab, der verdampfte Anteil (V) strömt zurück in den oberen Teil der Niederdrucksäule 12.

[0029] Aus der Niederdrucksäule 12, genauer aus dem Verdampfungsraum des Hauptkondensators 13, wird eine Sauerstofffraktion 37 mit einem Sauerstoffgehalt von 92,2 mol-% flüssig abgezogen, in den einige Meter tiefer angeordneten Nebenkondensator 16 geleitet und dort zum größten Teil unter einem Druck und mit einem Sauerstoffgehalt von 95 mol-% zum größten Teil verdampft. Der verdampfte Sauerstoff 38 wird im Hauptwärmetauscher 8 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und über Leitung 39 als gasförmiges Unreinsauerstoffprodukt (GOX) gewonnen wird. Eine kleine Spülmenge wird kontinuierlich oder von Zeit zu Zeit über die Spülleitung 40 flüssig aus dem Verdampfungsraum des Nebenkondensators 16 entnommen und in den warmen Sauerstoffstrom 39 eingeführt. Alternativ kann dieser Strom in einer Pumpe auf überkritischen Druck gebracht, im Wärmetauscher angewärmt und dem Sauerstoffstrom 39 zugeführt werden.

[0030] Vom Kopf der der Niederdrucksäule 12 wird unreiner Stickstoff 41 als Restgas entnommen und nach Anwär-

mung in Unterkühlungs-Gegenströmer 19 und Hauptwärmetauscher 8 über Leitung 42 entweder als Regeneriergas für die Reinigungseinrichtung 6 genutzt, als trockenes Gas in einem Verdunstungskühler eingesetzt oder verworfen.

[0031] **Figur 1a** unterscheidet sich nur dadurch von **Figur 1**, dass nur ein Teil 30a des Flüssigstickstoffs 30 aus dem Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer 14 in Pumpe 31 auf etwas über Hochdrucksäulendruck gebracht wird. Der Rest 30b bildet die Rücklaufflüssigkeit für die Niederdrucksäule 12 und wird wie gehabt im Unterkühlungs-Gegenströmer 19 abgekühlt und über Leitung 34 auf den Kopf der Niederdrucksäule 12 aufgegeben.

[0032] Der Unterschied in **Figur 1 b** gegenüber **Figur 1** besteht in einem zusätzlichen Stoffaustauschabschnitt am Kopf der Niederdrucksäule 12, dem Reinstickstoffabschnitt 112. Dieser ermöglicht es, vom Kopf der Niederdrucksäule 12 ein reines Niederdruckstickstoffprodukt 141 abziehen, das nach Anwärmung im Hauptwärmetauscher 8 als Gasprodukt (LPGAN) gewonnen wird.

[0033] **Figur 2** entspricht weitgehend **Figur 1**, ermöglicht aber die Gewinnung weiterer Produkte:

- Hochdruck-Sauerstoffprodukt
- Flüssigsauerstoffprodukt
- Flüssigstickstoffprodukt

[0034] Hier wird über Leitung 240 eine größere Menge Flüssigkeit als bei **Figur 1** aus dem Verdampfungsraum des Nebenkondensators 16 abgezogen. Ein erster Teil 243 wird in einer Sauerstoffpumpe 244 auf einen erhöhten Produkt- druck gebracht, der überkritisch oder unterkritisch sein kann. der Hochdruck-Sauerstoff 245 wird zum Hauptwärmetau- scher 8 geführt und dort verdampft (oder - bei überkritischen Druck - pseudo-verdampft) und auf Umgebungstemperatur angewärmt. Über Leitung 246 wird schließlich das Hochdruck-Sauerstoffprodukt (GOXIV1) gewonnen.

[0035] Ein zweiter Teil 241 der Flüssigkeit 240 wird - gegebenenfalls nach Unterkühlung im Unterkühlungs-Gegen- strömer 19 über Leitung 242 als Flüssigstickstoffprodukt (LOX) gewonnen.

[0036] Über Leitung 226 wird ferner ein Flüssigstickstoffprodukt (LIN) aus einem Teil des im Hauptkondensator 13 kondensierten Stickstoffs 225 gewonnen.

[0037] Im Vergleich zu **Figur 2** erlaubt das Ausführungsbeispiel von **Figur 3** höhere Produktdrücke beziehungsweise größere Mengen im innenverdichteten Produkt 243, 244, 245, 246 (GOXIV1); dazu wird ein mit externer Energie ange- triebener Luftnachverdichter (BAC - Booster Air Compressor) 303 eingesetzt, der einen Teil 307 der verdichteten und gereinigten Luft auf einen Druck bringt, der deutlich höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule 11 ist.

[0038] Der Kaltverdichter 403 wird durch eine zweite Entspannungsmaschine, nämlich eine Luftturbine 450 angetrie- ben, die einen Teil 451 der Einsatzluft in die Niederdrucksäule 12 einbläst (Leitung 452).

[0039] Etwas Ähnliches wird in **Figur 4** erreicht, allerdings ohne den Verbrauch externer Energie. Hierzu wird ein Teil 407 der Einsetzluft in einem Kaltverdichter 403 nachverdichtet. Die nachverdichtete Luft wird nach Abkühlung über Leitung 315 in den Verflüssigungsraum des Nebenkondensators 16 eingeleitet. Dieser wird insgesamt auf erhöhtem Druck betrieben, indem der Druck der Sauerstoffs 37 für die Verdampfungsseite in einer Pumpe 444 erhöht wird.

[0040] In **Figur 5** wird die Gesamtluft im Hauptluftverdichter 3 auf einen Druck verdichtete, der mindestens 3 bar über dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule 11 liegt. Das Ausführungsbeispiel ähnelt **Figur 3**, allerdings wird die Nachver- dichtung wie in **Figur 1** durch turbinengetriebene Maschinen vorgenommen, nämlich durch zwei seriell verbundene Kaltverdichter 555, 556. Der zweite Kaltverdichter 556 wird wiederum von einer Einblaseturbine 551 angetrieben, also von einer Luftturbine, die in die Niederdrucksäule 12 entspannt. Der erste Kaltverdichter 555 ist mit einer Mitteldruck- turbine 552 gekoppelt, also mit einer Luftturbine, die in die Hochdrucksäule 11 entspannt.

[0041] Bei dem Ausführungsbeispiel der **Figur 6** wird im Gegensatz zu den vorangehenden Ausführungsbeispielen die Entspannungsmaschine 28 nicht mit einer Zwischenfraktion, sondern mit gasförmigem Stickstoff vom Kopf der Hochdrucksäule 11 betrieben; die übrigen Merkmale des Patentanspruchs 1 sind jedoch auch hier erfüllt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von gasförmigem unreinen Sauerstoff und gasförmigem Druckstickstoff durch Tieftem- peraturzerlegung von Luft in einem Destillationssäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine Hoch- drucksäule (11), eine Niederdrucksäule (12) sowie einen Hauptkondensator (13) und eine Niederdrucksäulen-Zwi- schenverdampfer (14) aufweist, die beide als Kondensator-Verdampfer ausgebildet sind, bei dem

- verdichtete und gereinigte Einsatzluft (7) in einem Hauptwärmetauscher (8) abgekühlt wird,
- eine Sauerstofffraktion (37, 38) aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule (12) abgezogen, in dem Hauptwärmetauscher (8) angewärmt und als gasförmiges Unreinsauerstoffprodukt (39) gewonnen wird,
- eine Stickstofffraktion (35) vom Kopf der Hochdrucksäule (11) abgezogen, in dem Hauptwärmetauscher (8) angewärmt und als gasförmiges Druckstickstoffprodukt (36) gewonnen wird,

- eine stickstoffangereicherte Zwischenfraktion (26, 27) aus der Hochdrucksäule (11) arbeitsleistend entspannt (28) wird und
- die arbeitsleistend entspannte stickstoffangereicherte Zwischenfraktion (29) in den Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers (14) eingeleitet und dort mindestens teilweise verflüssigt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- mindestens ein Teil der im Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers (14) gebildeten Flüssigkeit (30) in die Hochdrucksäule (11) eingeleitet (32) wird, wobei
 - der Druck der Flüssigkeit (30; 30a) stromaufwärts der Einleitung (32) in die Hochdrucksäule (11) mittels einer Pumpe (31) erhöht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die stickstoffangereicherte Zwischenfraktion (26) stromaufwärts der arbeitsleistenden Entspannung (28) angewärmt (8) wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anwärmung der stickstoffangereicherter Zwischenfraktion in dem Hauptwärmetauscher (8) durchgeführt wird.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (14) als Forced-Flow-Verdampfer ausgebildet ist.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (14) als Fallfilmverdampfer ausgebildet ist.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gesamte Einsatzluft in allen Stufen eines dreistufigen Hauptluftverdichters (3) auf dessen Enddruck verdichtet wird.
 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dreistufige Hauptluftverdichter (3) die einzige Maschine darstellt, die mit externer Energie betrieben wird.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sauerstofffraktion (37) in flüssigem Zustand aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule (12) abgezogen wird und stromaufwärts der Anwärmung in dem Hauptwärmetauscher (8) in einem Nebenkondensator (16), der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist, in indirektem Wärmeaustausch mit einem Teilstrom (15) der Einsatzluft verdampft wird.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Teil der Sauerstofffraktion aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Produktdruck gebracht und unter diesem erhöhten Produktdruck in dem Hauptwärmetauscher (8) verdampft oder pseudo-verdampft und angewärmt wird und die angewärmte Sauerstofffraktion als gasförmiges Hochdruck-Sauerstoffprodukt gewonnen wird.
 10. Vorrichtung zur Erzeugung von gasförmigem unreinen Sauerstoff und gasförmigem Druckstickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mit
 - einem Destillationssäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine Hochdrucksäule (11), eine Niederdrucksäule (12) sowie einen Hauptkondensator (13) und eine Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (14) aufweist, die beide als Kondensator-Verdampfer ausgebildet sind,
 - einem Hauptwärmetauscher (8) zum Abkühlen verdichteter und gereinigter Einsatzluft (7),
 - mit Mitteln zum Einleiten einer Sauerstofffraktion (37, 38) aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule (12) in den Hauptwärmetauscher (8) und zum Gewinnen der angewärmten Sauerstofffraktion aus dem HWE (6) gasförmiges Unreinsauerstoffprodukt (39),
 - Mitteln zum Abziehen einer Stickstofffraktion (35) vom Kopf der Hochdrucksäule (11) und zu deren Anwärmung im Hauptwärmetauscher (8) und zum Gewinnen der angewärmten Stickstofffraktion als gasförmiges Druckstickstoffprodukt (36),
 - Mitteln zum Einleiten einer stickstoffangereicherten Zwischenfraktion (26, 27) aus der Hochdrucksäule (11) in eine Entspannungsmaschine (28) wird und mit
 - Mitteln zum Einleiten der arbeitsleistend entspannten stickstoffangereicherten Zwischenfraktion (29) in den Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers (14),

gekennzeichnet durch

- Mitteln zum Einleiten von im Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers (14) gebildeter Flüssigkeit (30) in die Hochdrucksäule (11), wobei
- diese Mittel eine Pumpe (31) zur Erhöhung des Drucks der Flüssigkeit (30; 30a) stromaufwärts der Einleitung (32) in die Hochdrucksäule (11) aufweisen.

5

10

15

20

25

30

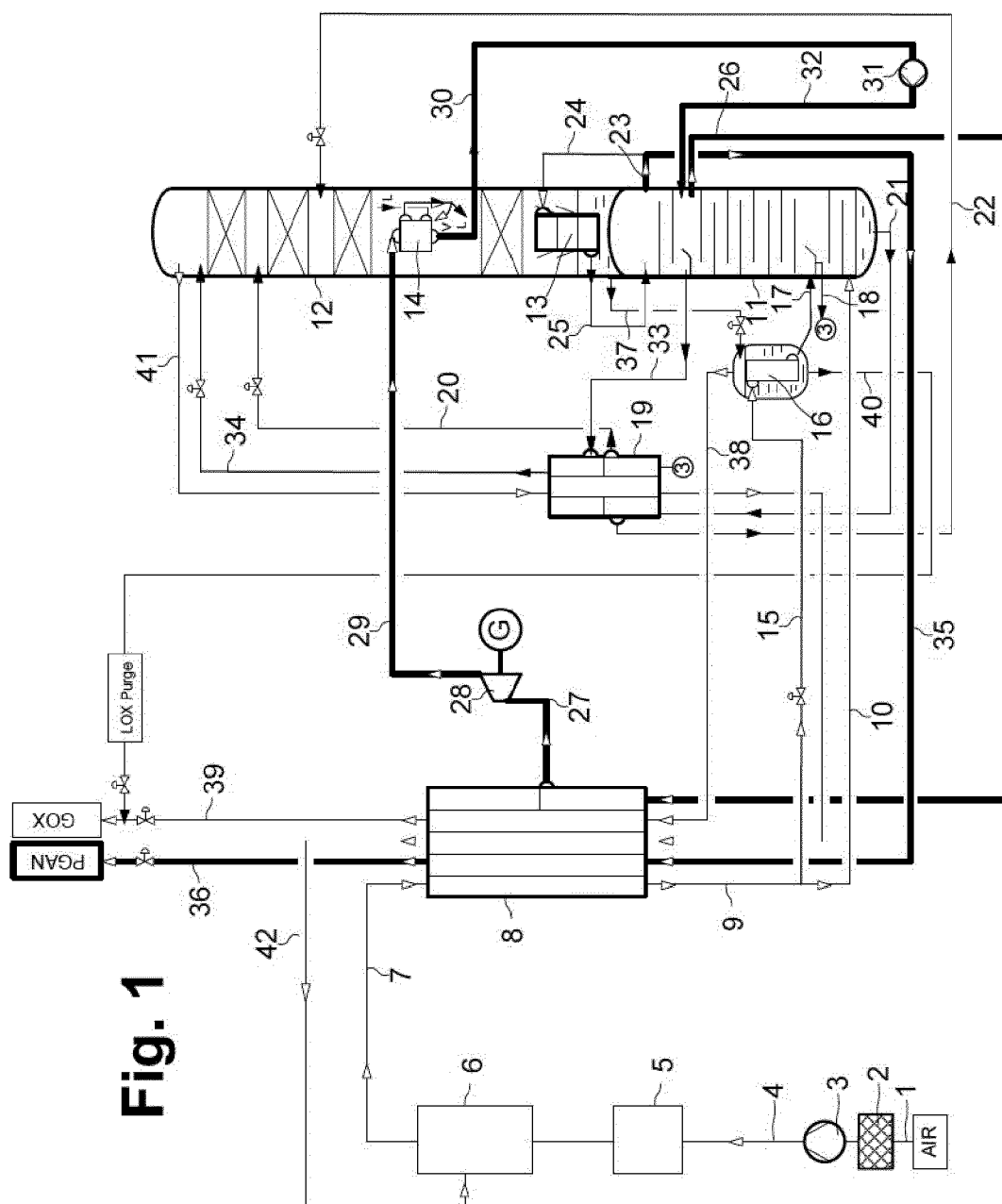
35

40

45

50

55



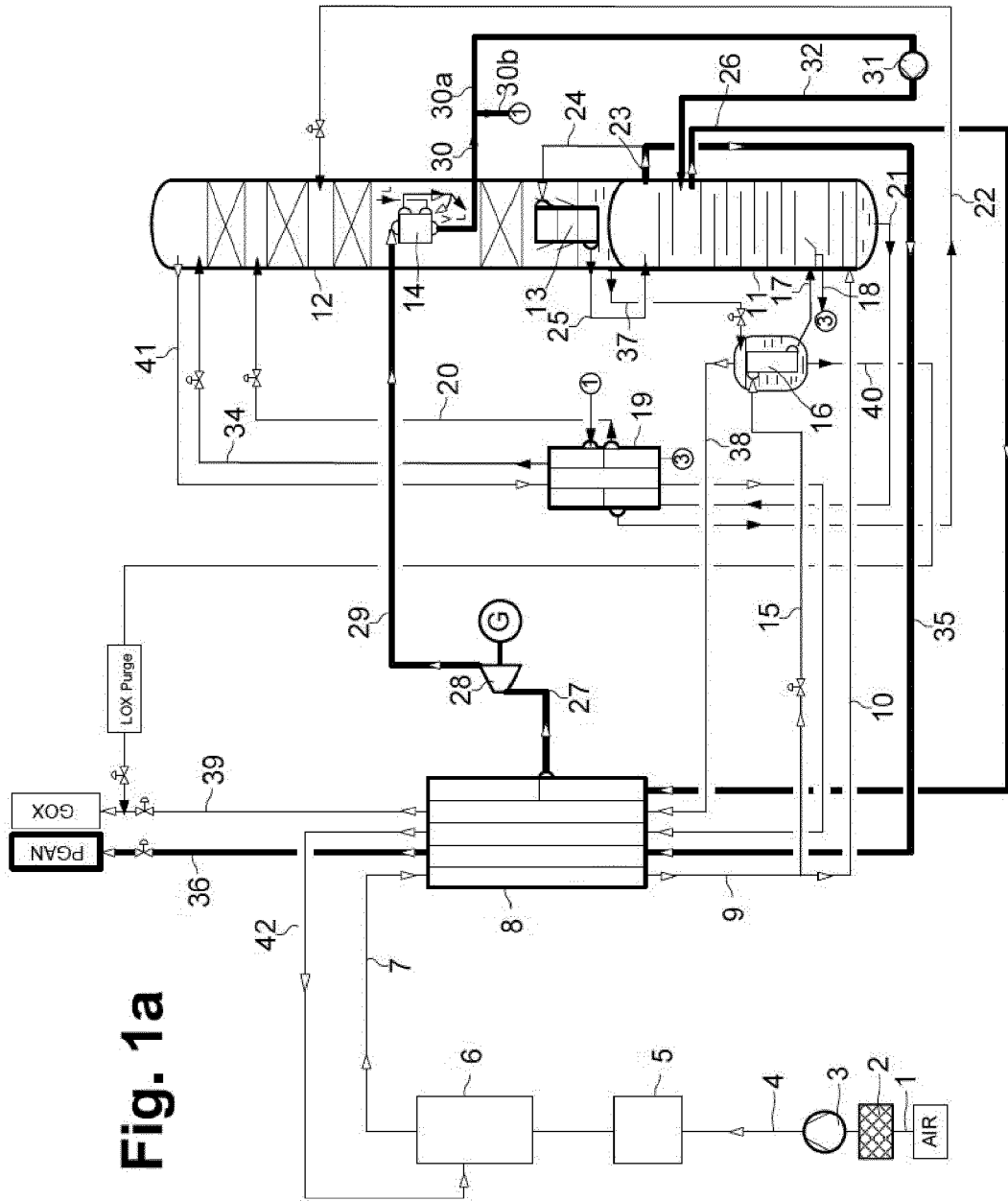
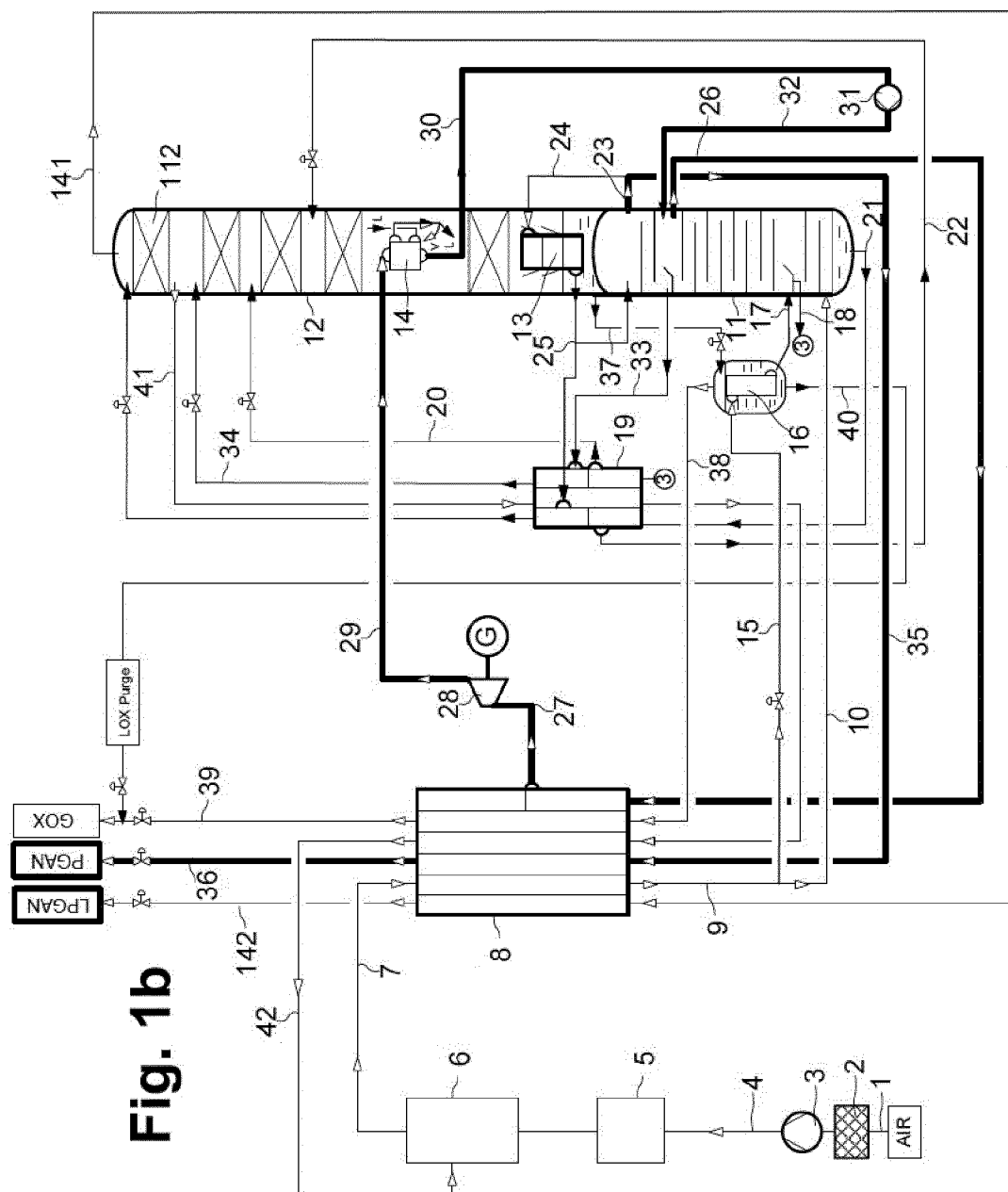
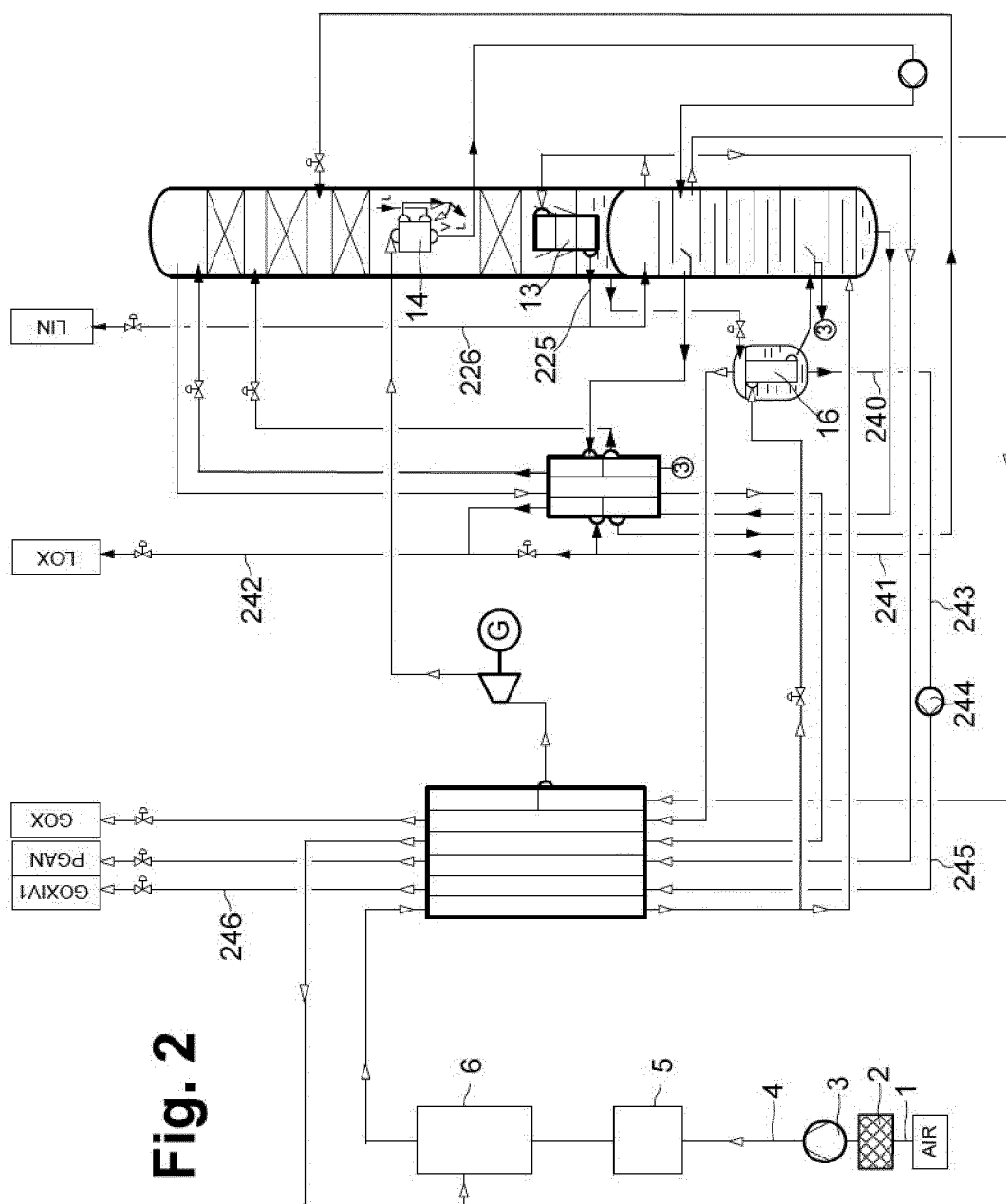
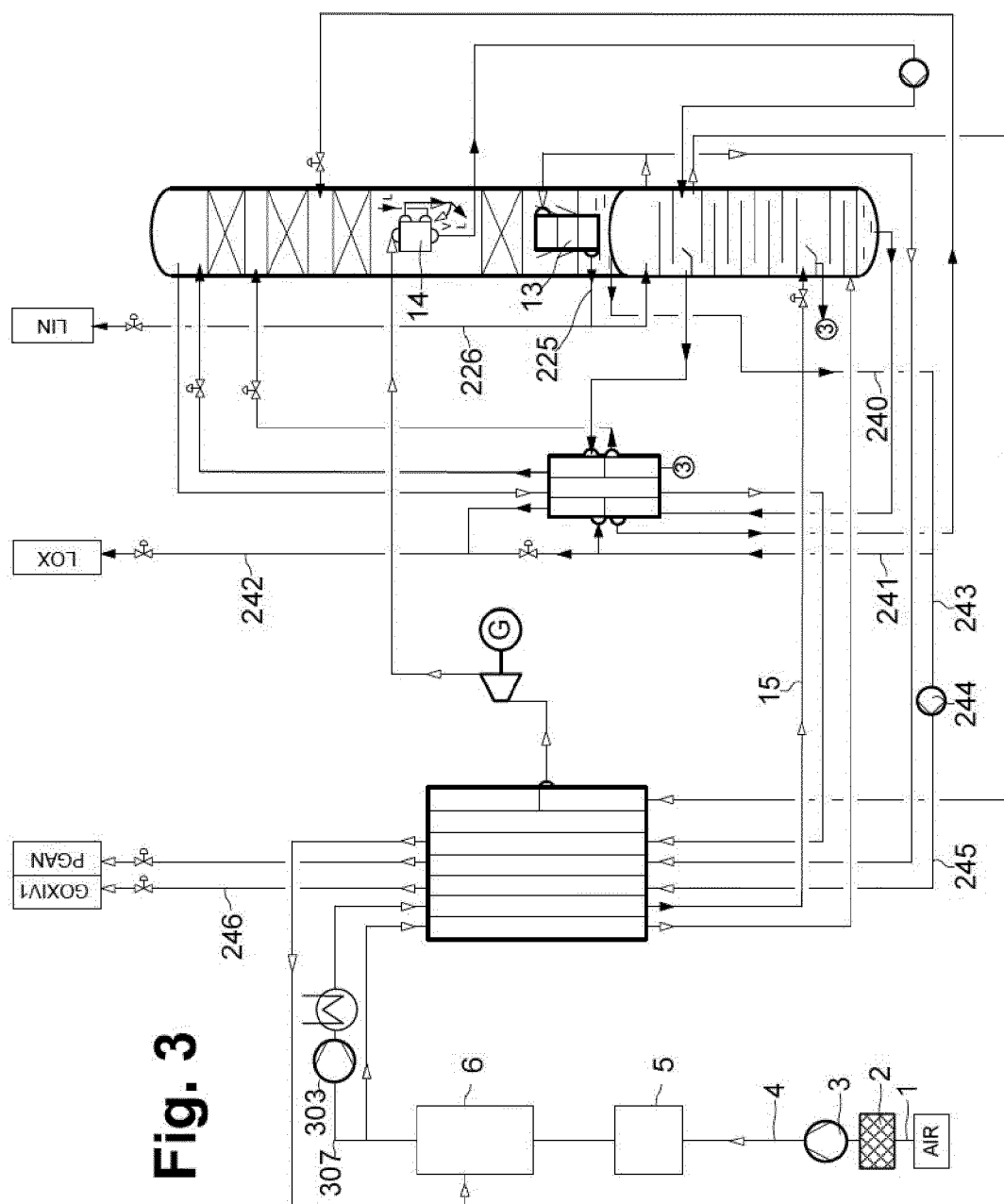


Fig. 1a







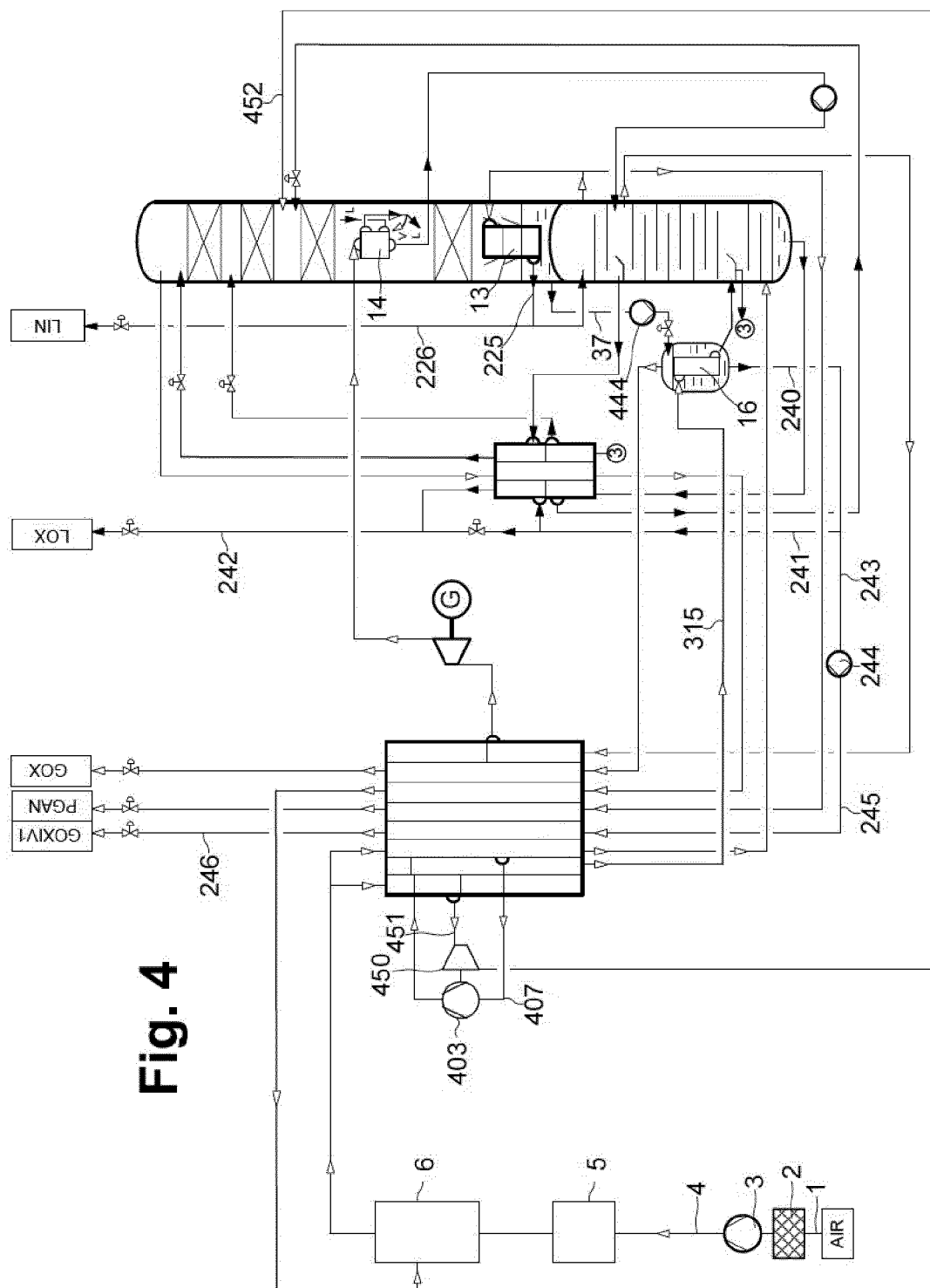


Fig. 4

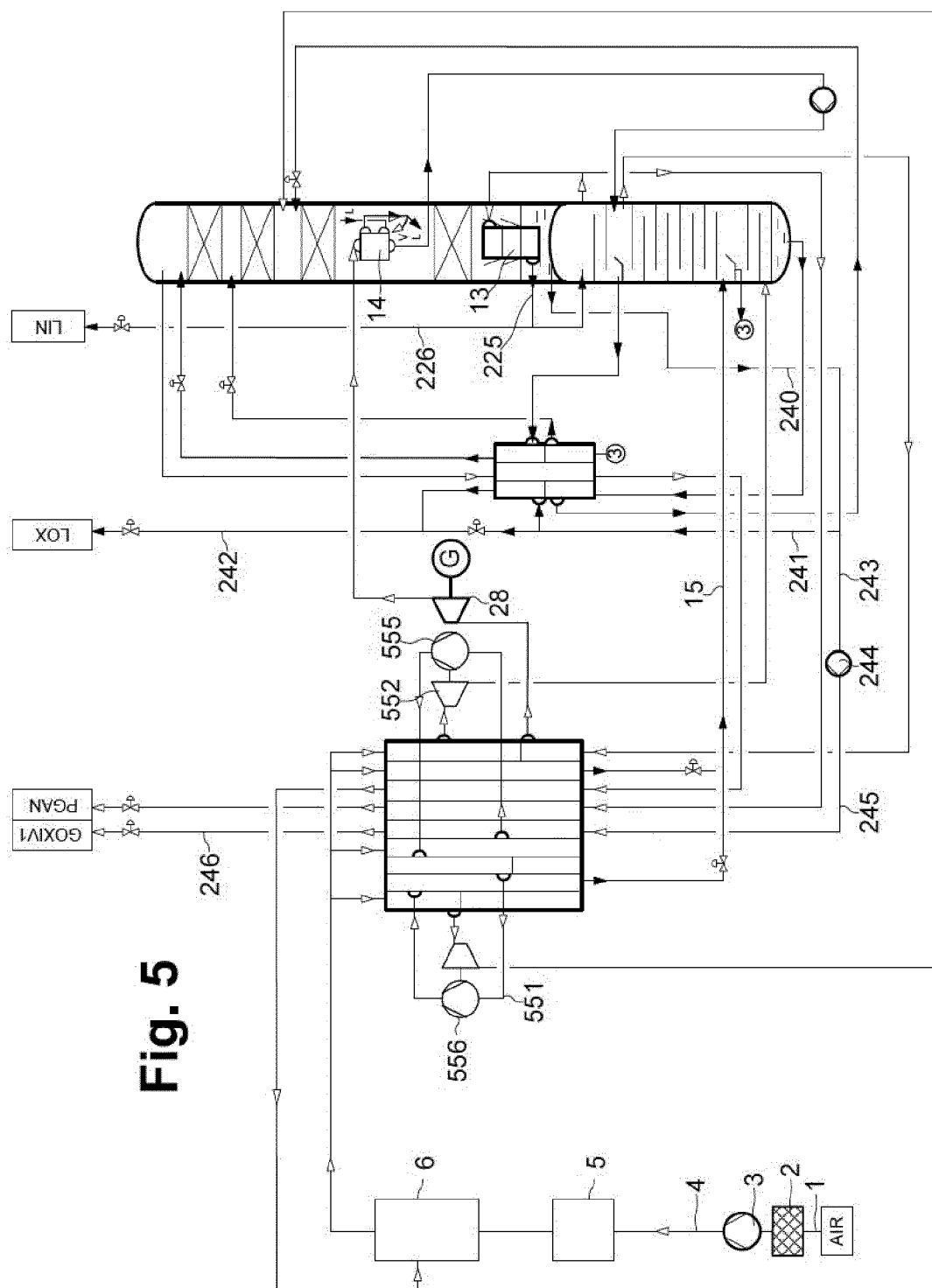


Fig. 5

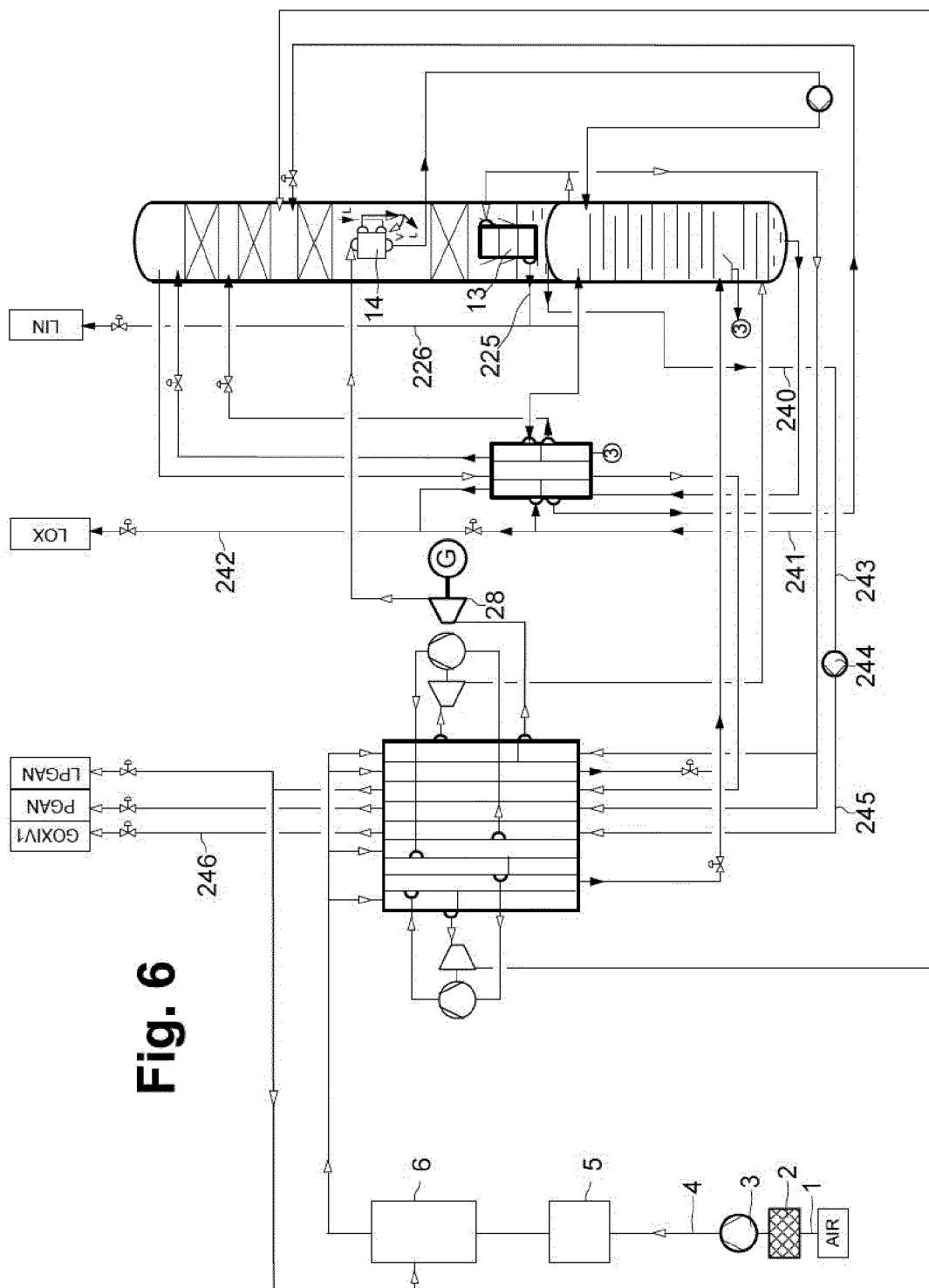


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 16 02 0518

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 88/00677 A1 (ERICKSON DONALD [US]) 28. Januar 1988 (1988-01-28) * Abbildung 7 *	1-10	INV. F25J3/04
X	US 5 966 967 A (AGRAWAL RAKESH [US] ET AL) 19. Oktober 1999 (1999-10-19) * Abbildung 5 *	1-10	
A	US 5 956 974 A (AGRAWAL RAKESH [US] ET AL) 28. September 1999 (1999-09-28) * Abbildungen 2,5 *	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Juni 2017	Prüfer Schopfer, Georg
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 : mündliche 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 16 02 0518

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentdokumente 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.

09-06-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 8800677 A1	28-01-1988	AU 7699587 A EP 0313581 A1 JP H02500768 A US 4796431 A WO 8800677 A1	10-02-1988 03-05-1989 15-03-1990 10-01-1989 28-01-1988
US 5966967 A	19-10-1999	CA 2259065 A1 CN 1232165 A DE 69925769 D1 DE 69925769 T2 EP 0932000 A2 JP 3084682 B2 JP H11257844 A US 5966967 A ZA 9900402 B	22-07-1999 20-10-1999 21-07-2005 04-05-2006 28-07-1999 04-09-2000 24-09-1999 19-10-1999 20-07-2000
US 5956974 A	28-09-1999	CA 2259063 A1 CN 1233739 A EP 0931999 A2 ES 2312198 T3 JP 3222851 B2 JP H11257846 A US 5956974 A ZA 9900401 B	22-07-1999 03-11-1999 28-07-1999 16-02-2009 29-10-2001 24-09-1999 28-09-1999 20-07-2000

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 5678427 A [0002]