



(11) **EP 2 489 968 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.08.2012 Patentblatt 2012/34

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

(21) Anmeldenummer: **12000697.8**

(22) Anmeldetag: **02.02.2012**

(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: **Alekseev, Alexander, Dr.**
82515 Wolfratshausen (DE)

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

(30) Priorität: **17.02.2011 EP 11001320**

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

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersystem, das eine erstes Destilliersäulen-System (109) und ein zweites Destilliersäulen-System (209) aufweist, wobei das erste Destilliersäulen-System (109) eine erste Hochdrucksäule (110), eine erste Niederdrucksäule (111) und einen ersten Hochdrucksäulen-Kopfcondensator (113) aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist, und das zweite Zwei-Säulen-System eine zweite Hochdrucksäule (210), eine zweite Niederdrucksäule (211) und einen zweiten Hochdrucksäulen-Kopfcondensator (213) aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist. Ein erster und ein zweiter Einsatzluftstrom (100, 104, 106, 108; 200, 204, 206, 208) werden in einem Hauptwärmetauscher (8) abgekühlt. Der erste Einsatzluftstrom (108) wird unter einem ersten Druck in die erste Hochdrucksäule (110) eingeleitet. Der zweite Einsatzluftstrom (208) wird unter einem zweiten Druck, der niedriger ist als der erste Druck, in die zweite Hochdrucksäule (210) eingeleitet. Eine erste sauerstoffangereicherte Fraktion (120, 121, 123) wird flüssig aus dem unteren Bereich der ersten Hochdrucksäule (110) entnommen und der ersten Niederdrucksäule (111) an einer ersten Zwischenstelle zugeleitet. Eine zweite sauerstoffangereicherte Fraktion (220, 221) wird flüssig aus dem unteren Bereich der zweiten Hochdrucksäule (210) entnommen und der zweiten Niederdrucksäule (211) zugeleitet. Eine dritte sauerstoffangereicherte Fraktion (223, 236) wird aus dem unteren Bereich der zweiten Niederdrucksäule (211) entnommen und der ersten Niederdrucksäule (111) an einer zweiten Zwischenstelle zugeleitet, die unterhalb der ersten Zwischenstelle angeordnet ist. Der ersten Niederdrucksäule (111) wird

ein erstes gasförmiges Kopfprodukt (125, 126) entnommen und im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt. Der zweiten Niederdrucksäule (211) wird ein zweites gasförmiges Kopfprodukt (225, 226) entnommen und im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt. Der ersten Niederdrucksäule (111) wird ein gasförmiges Sauerstoffprodukt (123, 124) entnommen und als Endprodukt (GOX) abgezogen. Die dritte sauerstoffangereicherte Fraktion (223, 236) wird in flüssigem Zustand aus dem unteren Bereich der zweiten Niederdrucksäule (211) entnommen und in flüssigem Zustand in die ersten Niederdrucksäule (111) eingeleitet. Die erste und die zweite Kopffraktion (125; 225) werden in getrennten Passagen des Hauptwärmetauschers (8) angewärmt.

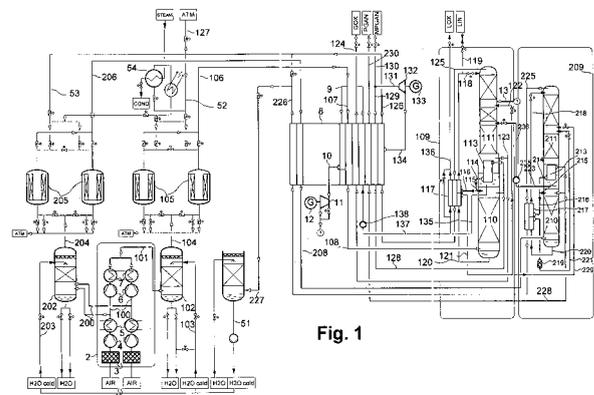


Fig. 1

EP 2 489 968 A1

Beschreibung

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

[0002] Verfahren und Vorrichtungen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft sind zum Beispiel aus Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2. Auflage 1985, Kapitel 4 (Seiten 281 bis 337) bekannt.

[0003] Die Destilliersäulen-Systeme der Erfindung können als Zwei-Säulen-Systeme (zum Beispiel als klassisches Linde-Doppelsäulensystem), oder auch als Drei- oder Mehr-Säulen-Systeme ausgebildet sein. Sie können zusätzlich zu den Kolonnen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung weitere Vorrichtungen zur Gewinnung hochreiner Produkte und/oder anderer Luftkomponenten, insbesondere von Edelgasen aufweisen, beispielsweise eine Argongewinnung und/oder eine Krypton-Xenon-Gewinnung.

[0004] Unter "Destilliersäule", insbesondere unter "Hochdrucksäule" und unter "Niederdrucksäule", wird hier ein Apparat verstanden, der Stoffaustauschelemente für den direkten Gegenstrom-Stoffaustausch zwischen einem aufsteigenden Gas und einem einer herabfließenden Flüssigkeit aufweist. Die Stoffaustauschelemente werden durch Austauschböden oder Packung oder durch eine Kombination aus beidem gebildet.

[0005] Die beiden Hochdrucksäulen-Kopfcondensatoren dienen zur Erzeugung von flüssigem Rücklauf aus dem Kopfgas der jeweiligen Hochdrucksäule und werden mit Sumpfflüssigkeit der entsprechenden Niederdrucksäule oder einem anderen geeigneten Kühlfluid gekühlt. Beide Hochdrucksäulen-Kopfcondensatoren sind als Kondensator-Verdampfer ausgebildet. Jeder "Kondensator-Verdampfer" weist einen Verflüssigungsraum und einen Verdampfungsraum auf, die aus Verflüssigungspassagen beziehungsweise Verdampfungspassagen bestehen. In dem Verflüssigungsraum wird die Kondensation eines ersten Fluidstroms durchgeführt, in dem Verdampfungsraum die Verdampfung eines zweiten Fluidstroms. Die beiden Fluidströme stehen dabei in indirektem Wärmeaustausch. Verdampfungs- und Verflüssigungsraum werden durch Gruppen von Passagen gebildet, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung stehen.

[0006] Der "Hauptwärmetauscher" dient zur Abkühlung von Einsatzluft gegen Rückströme und kann aus einem oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, zum Beispiel aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscher-Blöcken.

[0007] Die "erste sauerstoffangereicherte Fraktion" wird in der Regel am Sumpf der ersten Hochdrucksäule entnommen; alternativ kann sie auch einige praktische oder theoretische Böden höher entnommen werden. Die "zweite sauerstoffangereicherte Fraktion" wird in der Regel am Sumpf der zweiten Hochdrucksäule entnommen; alternativ kann sie auch einige praktische oder theoretische Böden höher entnommen werden. Die "dritte sauerstoffangereicherte Fraktion" wird in der Regel am Sumpf der zweiten Niederdrucksäule entnommen; alternativ kann sie auch einige praktische oder theoretische Böden höher entnommen werden.

[0008] Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus US 4254629 (Figur 2) bekannt.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art und eine entsprechende Vorrichtung anzugeben, die einen besonders niedrigen Energieverbrauch aufweisen.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Zunächst erscheint es widersinnig, die dritte sauerstoffangereicherte Fraktion nicht wie bisher bekannt in gasförmigem Zustand, sondern in flüssigem Zustand von der zweiten Niederdrucksäule in die erste Niederdrucksäule überzuleiten. Im Regelfall muss nämlich eine Pumpe eingesetzt werden, um die Flüssigkeit entsprechend anzuheben; alternativ müsste zusätzlicher Aufwand in eine Säulenordnung gesteckt werden, in welcher ein hydrostatisches Potenzial den Flüssigkeitstransport antreibt.

[0012] Auch die Anwärmung der beiden Niederdrucksäulen-Kopfprodukte in getrennten Passagen benötigt zusätzlichen apparativen Aufwand, der zunächst unnötig erscheint, da beide Ströme regelmäßig stickstoffangereicherte Restströme vergleichbarer Zusammensetzung darstellen.

[0013] Im Rahmen der Erfindung hat sich jedoch herausgestellt, dass dadurch eine Kombination dieser beiden Maßnahmen, die jeweils für sich kontraproduktiv erscheinen, eine Entkopplung der Drücke der beiden Niederdrucksäulen möglich ist und damit das zweite Destilliersäulen-System unter einem besonders niedrigen Druck betrieben werden kann. Dadurch wird Energie bei Verdichten des zweiten Einsatzluftstroms eingespart, und zwar überraschenderweise so viel, dass der oben erwähnte zusätzliche Aufwand gerechtfertigt ist.

[0014] Bei der Erfindung wird das gasförmige Sauerstoffprodukt vorzugsweise mit einer Reinheit von weniger als 98 % abgegeben. (Diese sowie alle weiteren Prozentangaben sind molar zu verstehen.) Es kann beispielsweise an die Brennkammer eines Kraftwerks geliefert werden, in der ein kohlenstoffhaltiger Brennstoff verbrannt wird (Oxyfuel). Der Abgabedruck beträgt weniger als 2,0 bar, wenn keine Druckerhöhung in einem Sauerstoffgebläse oder -verdichter vorgenommen wird.

[0015] Die dritte sauerstoffangereicherte Fraktion, die von der zweiten in die erste Niederdrucksäule übergeleitet wird, weist eine geringere Sauerstoffkonzentration als das gasförmige Sauerstoffprodukt auf; sie liegt im Bereich von 40 bis 90 %.

[0016] Der Hauptwärmetauscher wird vorzugsweise durch Plattenwärmetauscher-Blöcke gebildet. Zusätzlich oder alternativ können im Hauptwärmetauscher Regeneratoren zur Abkühlung des zweiten Einsatzluftstroms verwendet

werden.

[0017] Bei der Erfindung werden beispielsweise 40 bis 60 % der Einsatzluft in das erste Destilliersäulen-System eingespeist, der Rest in das zweite Destilliersäulen-System.

[0018] Gemäß einem weiteren Aspekt wird eine vierte sauerstoffangereicherte Fraktion flüssig aus dem unteren Bereich der ersten Hochdrucksäule entnommen und der zweiten Niederdrucksäule zugeleitet wird. Dadurch werden besonders günstige Rücklaufverhältnisse in beiden Kolonnen erreicht, was eine besonders effiziente Rektifikation ermöglicht. In der Praxis wird beispielsweise nur ein erster Teil der Sumpfflüssigkeit der ersten Hochdrucksäule als "erste sauerstoffangereicherte Fraktion" direkt in die erste Niederdrucksäule eingespeist; ein zweiter Teil wird als "vierte sauerstoffangereicherte Fraktion" in die zweite Niederdrucksäule eingeleitet.

[0019] Die weiteren Merkmale des Patentanspruchs 3 erlauben eine weitere Absenkung des Betriebsdrucks des zweiten Destilliersäulen-Systems. Das Regeneriergas für beide Reinigungsvorrichtungen (die in der Regel durch Molekularsieb-Adsorber gebildet werden) wird nämlich aus der ersten Niederdrucksäule entnommen. Nur diese muss deshalb unter einem Druck betrieben werden, der ausreicht, um das Regeneriergas nach Durchströmen der Reinigungsvorrichtung an die Atmosphäre abzugeben. Das Kopfgas der zweiten Niederdrucksäule kann demgegenüber einen niedrigeren Druck aufweisen und nach dem Anwärmen im Hauptwärmetauscher unmittelbar an die Atmosphäre oder in einen Verdünnungskühler abgegeben werden.

[0020] Das zweite Destilliersäulen-System kann als Zwei-Kondensatoren-System oder Mehr-Kondensatoren-System ausgebildet sein, indem der zweite Hauptkondensator mittels einer Zwischenflüssigkeit der zweiten Niederdrucksäule gekühlt wird und die zweite Niederdrucksäule außerdem einen Sumpferdampfer aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist und mittels eines Teilstroms des zweiten Einsatzluftstroms beheizt wird. Zusätzlich kann ein weiterer Zwischenverdampfer zwischen den beiden Kondensator-Verdampfern eingesetzt werden (Drei-Kondensatoren-System).

[0021] Die Formulierungen, die sich auf "etwa" den ersten beziehungsweise zweiten Druck beziehen, bedeuten hier, dass der entsprechende Druck so hoch sein muss, dass der erste beziehungsweise zweite Einsatzluftstrom nach Abzug der natürlichen Druckverluste, die er beim Durchströmen von Leitungen, Wärmetauschern und ähnlichen Apparaten erfährt, die erste beziehungsweise zweite Hochdrucksäule unter dem ersten beziehungsweise zweiten Druck erreicht.

[0022] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß den Patentansprüchen 5 bis 8.

[0023] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit zwei Doppelsäulen, die jeweils einen Flüssigkeitsbadverdampfer als Hochdrucksäulen-Kopfcondensator aufweisen,
- Figuren 2 bis 4 ähnliche Systeme, bei denen der zweite Hochdrucksäulen-Kopfcondensator als Fallfilmverdampfer ausgebildet ist,
- Figuren 5 bis 8 weitere Ausführungsbeispiele mit weiteren Kondensatoren im zweiten Destilliersäulen-System,
- Figur 9a und 9b zwei gegenüber Figur 1 abgewandelte Luftverdichter-Systeme und
- Figuren 10 bis 17 weitere Ausführungsformen der Erfindung.

[0024] In Figur 1 wird atmosphärische Luft (AIR) 1 in einem Luftverdichter-System in zwei Strängen verdichtet. Dabei wird sie zunächst über ein Paar von Filtern 3 von einem Paar erster Luftverdichterstufen 4 auf einen "zweiten Druck" von 2 bis 4 bar (plus Druckverlusten) gebracht und in einem Paar erster Nachkühler 5 abgekühlt. Anschließend wird die Einsatzluft auf einen ersten Teilstrom 100 und einen zweiten Teilstrom 200 aufgeteilt. Der erste Teilstrom 100 umfasst den "ersten Einsatzluftstrom" der Patentansprüche, enthält aber in diesem Ausführungsbeispiel zusätzlich einen Turbinenluftstrom, der weiter unten näher beschrieben wird. Der zweite Teilstrom 200 bildet den "zweiten Einsatzluftstrom" im Sinne der Ansprüche (kleinere Luftanteile, die für andere Zwecke benutzt werden, so genannte Instrumentenluft, werden hier vernachlässigt). Er wird ebenfalls zweisträngig in einem Paar zweiter Luftverdichterstufen 6 auf einen "ersten Druck" von 4,0 bis 5,8 bar (plus Druckverlusten) gebracht und in einem Paar zweiter Nachkühler 7 abgekühlt. Anstelle eines Nachkühlers kann auch ein Direktkontaktkühler oder eine Kombination aus Nachkühler und Direktkontaktkühler verwendet werden. Gegebenenfalls kann auch eine Kältemaschine zum Kühlen des Kühlwassers eingesetzt werden.

[0025] Die Luftverdichterstufen, die rechts beziehungsweise links in der Zeichnung dargestellt sind, werden jeweils durch eine einzige Maschine gebildet (mit je einem Gehäuse und je einem Antrieb). Insgesamt weist das System zwei Luftverdichter-Stränge auf. Alternativ könnte es abweichend von Figur 1 einsträngig ausgebildet sein. ,

[0026] Der erste Teilstrom 101 wird unter dem hohen Druck in einem ersten Direktkontaktkühler 102 in direktem Wärmeaustausch mit Kühlwasser 103 vorgekühlt.

[0027] Der vorgekühlte erste Teilstrom 104 wird in einer ersten Reinigungsvorrichtung 105, die aus einem Paar umschaltbarer Molekularsieb-Adsorber besteht, gereinigt und anschließend über Leitung 106 dem warmen Ende eines Hauptwärmetauschers 8 zugeleitet. Vorher wird er in den ersten Einsatzluftstrom 107 und einen Turbinenluftstrom 9

verzweigt.

[0028] Der erste Einsatzluftstrom wird auf etwa Taupunkttemperatur abgekühlt, am kalten Ende des Hauptwärmetauschers 8 über Leitung 108 entnommen und der ersten Hochdrucksäule 110 eines ersten Destilliersäulen-Systems 109 zugeleitet, das außerdem eine erste Niederdrucksäule 111 und einen "ersten Hochdrucksäulen-Kopfcondensator" 113 aufweist, der als klassischer Hauptkondensator einer konventionellen Doppelsäule ausgebildet ist.

[0029] In dem Hauptkondensator 113 wird ein erster Teil des Kopfgases der ersten Hochdrucksäule 110 kondensiert. Ein zweiter Teil 128 dieses Kopfgases wird im Hauptwärmetauscher angewärmt und teilweise über die Leitungen 129 und 130 als gasförmiges Mitteldruck-Stickstoffprodukt (MPGAN) abgezogen.

[0030] Der in dem ersten Hauptkondensator 113 gewonnene flüssige Stickstoff 114 wird zu einem ersten Teil 115 als Rücklauf auf die erste Hochdrucksäule 110 aufgegeben. Der Rest 116 wird in einem ersten Unterkühlungs-Gegenströmer 117 unterkühlt und über Leitung 118 als Rücklauf auf den Kopf der ersten Niederdrucksäule 111 aufgegeben. Ein Teil 119 kann bei Bedarf aus Flüssigstickstoffprodukt (LIN) gewonnen werden.

[0031] Die Sumpfflüssigkeit 120 der ersten Hochdrucksäule 110 wird ebenfalls im Unterkühlungs-Gegenströmer 117 unterkühlt. Ein erster Teil 122 der unterkühlten Sumpfflüssigkeit 121 bildet eine "erste sauerstoffangereicherte Fraktion" und wird an einer ersten Zwischenstelle in die erste Niederdrucksäule 111 eingeleitet. Unmittelbar am ersten Hauptkondensator 113 wird ein Teil des in dem Verdampfungsraum des Hauptkondensators verdampften Sauerstoffs als "gasförmiges Sauerstoffprodukt" 123 entnommen, im Hauptwärmetauscher 8 auf etwa Umgebungstemperatur erwärmt und schließlich über Leitung 124 als Endprodukt (GOX) abgezogen. Über Leitung 135 wird flüssiger Sauerstoff aus dem Sumpf der ersten Niederdrucksäule 111 abgezogen und mindestens zu einem Teil 136 - gegebenenfalls nach Unterkühlung im ersten Unterkühlungs-Gegenströmer 117 - als Flüssigsauerstoffprodukt (LOX) abgeführt.

[0032] Alternativ oder zusätzlich wird ein kleiner Teil 137 des flüssigen Sumpfsauerstoffs als Spülstrom entnommen, in einer Pumpe 138 auf überkritischen Druck gebracht, im Hauptwärmetauscher 8 auf etwa Umgebungstemperatur erwärmt und schließlich mit dem gasförmigen Sauerstoffprodukt in Leitung 124 vereinigt.

[0033] Der Kopfstickstoff der ersten Niederdrucksäule 111 wird unter einem Druck von mehr als 1,3 bar, zum Beispiel 1,4 bis 2,0 bar, als "erstes gasförmiges Kopfprodukt" 125 entnommen und nach Anwärmung im ersten Unterkühlungs-Gegenströmer 117 und im Hauptwärmetauscher 8 über Leitung 126 warm abgezogen und schließlich mindestens zeitweise über Leitung 127 in die Atmosphäre (ATM) abgeblasen. Mindestens zeitweise werden Teile 52, 53 des warmen ersten gasförmigen Kopfprodukts als Regeneriergas in beiden Reinigungsvorrichtungen 105, 205 eingesetzt, gegebenenfalls nach Erwärmung in einem gemeinsamen Regeneriergaserhitzer 54.

[0034] Der zweite Teilstrom 201 der Einsatzluft wird unter etwa dem zweiten Druck in einem zweiten Direktkontaktkühler 202 in direktem Wärmeaustausch mit Kühlwasser 203 vorgekühlt. Der vorgekühlte zweite Teilstrom 204 wird in einer zweiten Reinigungsvorrichtung 205, die aus einem Paar umschaltbarer Molekularsieb-Adsorber besteht, unter etwa dem zweiten Druck gereinigt und anschließend über Leitung 206 dem warmen Ende eines Hauptwärmetauschers 8 zugeleitet. Dort wird der zweite Einsatzluftstrom auf etwa Taupunkttemperatur abgekühlt, am kalten Ende des Hauptwärmetauschers 8 über Leitung 208 entnommen und der zweiten Hochdrucksäule 210 eines zweiten Destilliersäulen-Systems 209 zugeleitet, das außerdem eine zweite Niederdrucksäule 211 und einen "zweiten Hochdrucksäulen-Kopfcondensator" 213 aufweist. Der zweite Hochdrucksäulen-Kopfcondensator 213 ist hier ebenfalls als klassischer Hauptkondensator einer konventionellen Doppelsäule ausgebildet.

[0035] In dem zweiten Hauptkondensator 213 wird ein erster Teil des Kopfgases der zweiten Hochdrucksäule 210 kondensiert. Ein zweiter Teil 228 der Kopfgases der zweiten Hochdrucksäule 110 wird im Hauptwärmetauscher angewärmt und teilweise über die Leitung 230 als gasförmiges Druck-Stickstoffprodukt (PGAN) abgezogen.

[0036] Der in dem zweiten Hauptkondensator 213 gewonnene flüssige Stickstoff 214 wird zu einem ersten Teil 215 als Rücklauf auf die zweite Hochdrucksäule 210 aufgegeben.

[0037] Der Rest 216 wird in einem zweiten Unterkühlungs-Gegenströmer 217 unterkühlt und über Leitung 218 als Rücklauf auf den Kopf der zweiten Niederdrucksäule 211 aufgegeben.

[0038] Die Sumpfflüssigkeit 220 der zweiten Hochdrucksäule 210 bildet eine "zweite sauerstoffangereicherte Fraktion" und wird im Unterkühlungs-Gegenströmer 217 unterkühlt. Die unterkühlte Sumpfflüssigkeit 221 wird über ein fakultatives LOX-Filter 219, das durch einen Flüssigadsorber gebildet wird, an einer Zwischenstelle in die zweite Niederdrucksäule 211 eingeleitet. An dieser Zwischenstelle wird außerdem ein Teil 229 der unterkühlten Sumpfflüssigkeit 121 aus der ersten Hochdrucksäule 110 zugeführt.

[0039] Aus dem Sumpf der zweiten Niederdrucksäule 211 beziehungsweise dem Flüssigkeitsbad des zweiten Hauptkondensators 213 wird ein "dritte sauerstoffangereicherte Fraktion" 223, 236 flüssig entnommen und mittels einer Flüssigpumpe 235 zu einer zweiten Zwischenstelle der ersten Niederdrucksäule 111 geführt.

[0040] Der Kopfstickstoff der zweiten Niederdrucksäule 211 wird unter einem Druck von weniger als 1,3 bar als "zweites gasförmiges Kopfprodukt" 225 entnommen und nach Anwärmung im zweiten Unterkühlungs-Gegenströmer 217 und im Hauptwärmetauscher 8 über Leitung 226 warm abgezogen und schließlich über Leitung 127 drucklos einem Verdunstungskühler 50 als trockenes Gas zugeleitet. Der Verdunstungskühler erzeugt kaltes Kühlwasser 51, 103, 203 für beide Direktkontaktkühler 102, 202.

[0041] Kälte wird in dem Verfahren durch arbeitsleistende Entspannung zweier Prozessströme in Expansionsturbinen erzeugt. Der Turbinenluftstrom 9, 10 wird von unter einer Zwischentemperatur des Hauptwärmetauschers 8 einer Luftturbine 11, die mit einem Generator 12 gekoppelt ist, zugeführt und dort etwa auf den Betriebsdruck der ersten Niederdrucksäule 111 entspannt. Der entspannte Turbinenluftstrom 13 wird der ersten Niederdrucksäule 11 zugeführt. Außerdem wird ein Teil 131 des zweiten Teils 129 des Kopfgases der ersten Hochdrucksäule 110 in einer Stickstoffturbine 132, die mit einem Generator 133 gekoppelt ist, arbeitsleistend auf etwas über Atmosphärendruck entspannt, über Leitung 134 dem Hauptwärmetauscher 8 zugeführt und dort mit dem ersten gasförmigen Kopfprodukt 125, 126 aus der ersten Niederdrucksäule 11 vermischt.

[0042] Im Ausführungsbeispiel der Figur 1 sind beide Hauptkondensatoren 113, 213 als Flüssigkeitsbadverdampfer ausgebildet, das heißt sie werden durch Wärmetauscherblöcke gebildet, die in ein Bad aus Sumpfflüssigkeit der entsprechenden Niederdrucksäule 111, 211 eingetaucht sind, wobei diese Flüssigkeit durch den Thermosiphoneffekt durch die Verdampfungspassagen umgeworfen wird.

[0043] In einem abweichenden Ausführungsbeispiel kann die warme Turbine durch die Luftturbine 11 und die kalte Turbine durch die Stickstoffturbine 132 gebildet werden. Es gibt außerdem zwei weitere Varianten für den Austrittsstrom 134 der Stickstoffturbine 132; er kann in separaten Passagen des Hauptwärmetauschers 8 angewärmt und in die Atmosphäre abgeblasen oder mit dem Strom 225/226 vermischt werden.

[0044] Die Ausführungsform von **Figur 2** unterscheidet sich hiervon dadurch, dass der zweite Hauptkondensator (der "zweite Hochdrucksäulen-Kopfcondensator") 213 als Fallfilmverdampfer ausgebildet ist und dass im zweiten Destilliersäulen-System die Hochdrucksäule 210 und die Niederdrucksäule 211 nebeneinander statt übereinander angeordnet sind. Vom Sumpf der zweiten Niederdrucksäule 211 wird die gesamte Sumpfflüssigkeit über Leitung 423 und eine Pumpe 435 flüssig entnommen. Ein erster Teil davon wird als "dritte sauerstoffangereicherte Fraktion" 436 zur ersten Niederdrucksäule 111 geführt. Die restliche Sumpfflüssigkeit 437 wird in den Verdampfungsraum des zweiten Hauptkondensators 213 geleitet und dort partiell verdampft. Die partiell verdampfte Fraktion 438 wird zum Sumpf der zweiten Niederdrucksäule 211 zurückgeleitet. Die Pumpe 435 erfüllt damit zwei Funktionen, nämlich das Anheben der dritten sauerstoffangereicherten Fraktion 436 zur zweiten Zwischenstelle der ersten Niederdrucksäule 111 und das Sicherstellen des Umlaufs im Fallfilmverdampfer 213.

[0045] Bei der Variante mit Fallfilmverdampfer ist die Nebeneinander-Anordnung von zweiter Hochdrucksäule 210 und zweiter Niederdrucksäule 211 im Allgemeinen besonders günstig. Alternativ können die beiden Säulen jedoch analog zu Figur 1 übereinander angeordnet sein als konventionelle Doppelsäule mit dazwischen liegendem Fallfilmverdampfer 213.

[0046] **Figur 3** ähnelt Figur 2, allerdings wird hier die gesamte Sumpfflüssigkeit 423, 537 der zweiten Niederdrucksäule 211 mittels der Pumpe 435 in den Verdampfungsraum des Fallfilmverdampfers 213 eingeführt. Die partiell verdampfte Fraktion, die aus dem Fallfilmverdampfer strömt, wird einer Phasentrennung in einem Abscheider 539 unterworfen. Der Gasanteil 538 wird in die zweite Niederdrucksäule zurückgeleitet, der Flüssiganteil 540 wird mittels einer weiteren Pumpe 541 als "dritte sauerstoffangereicherte Fraktion" 436 zur ersten Niederdrucksäule 111 geführt. Durch diese Verfahrensweise verringert sich die mittlere Temperaturdifferenz im zweiten Hochdrucksäulen-Kopfcondensator 213 und damit der Betriebsdruck in der zweiten Hochdrucksäule 210 sowie der Energieverbrauch beim Verdichten des zweiten Einsatzluftstroms 208.

[0047] **Figur 4** entspricht weitgehend Figur 3. Hier sind jedoch die Säulen und der Hauptkondensator des zweiten Destilliersäulen-Systems in einer ungewöhnlichen Weise übereinander angeordnet. Die zweite Hochdrucksäule 210 ist nicht wie bei einer konventionellen Doppelsäule unterhalb, sondern oberhalb der zweiten Niederdrucksäule 211 angeordnet; der wiederum als Fallfilmverdampfer ausgebildete zweite Hochdrucksäulen-Kopfcondensator sitzt ganz oben. Dadurch kann der verfahrenstechnische Vorteil der Verfahrensweise der Figur 3 ohne eine zweite Pumpe 541 erreicht werden; die dritte sauerstoffangereicherte Fraktion 436 strömt vielmehr kraft ihres hydrostatischen Potentials von selbst zur zweiten Zwischenstelle der ersten Niederdrucksäule 111.

[0048] Das Verfahren der **Figur 5** weist eine geteilte Niederdrucksäule 611, 612 im zweiten Destilliersäulen-System auf. Diese enthält insgesamt drei Kondensator-Verdampfer 213, 614, 615.

[0049] Der Abschnitt 611 der zweiten Niederdrucksäule entspricht dem oberen Abschnitt (bis etwas unterhalb der Zuspelungen der sauerstoffangereicherten Flüssigkeiten) der zweiten Niederdrucksäule 211 in Figur 4. Er ist in Figur 5 analog zu Figur 4 unterhalb der zweiten Hochdrucksäule 210 angeordnet. Der restliche Teil 612 der zweiten Niederdrucksäule befindet sich oberhalb der zweiten Hochdrucksäule 210 und enthält die drei Kondensator-Verdampfer 213, 614, 615, die alle als Fallfilmverdampfer ausgebildet sind. Der oberste stellt den Hochdrucksäulen-Kopfcondensator dar, wird aber hier nicht mit Sumpfflüssigkeit, sondern mit einer Zwischenflüssigkeit 616 der zweiten Niederdrucksäule 611, 612 betrieben, die von einer Pumpe 617 angehoben wird. Über Leitung 618 strömt in der Gegenrichtung Dampf aus dem Niederdrucksäulenteil 612 in den Teil 611 zurück. Der zweite Zwischenverdampfer 614 dient zur Teilverdampfung einer zweiten, sauerstoffreicheren Zwischenflüssigkeit der zweiten Niederdrucksäule; der Kondensator-Verdampfer 615 stellt den Sumpfordampfer der zweiten Niederdrucksäule 611, 612 dar. Beheizt werden beide mittels eines Heizluftstroms 609, der gemeinsam mit dem zweiten Einsatzluftstrom 208 über Leitung 608 herangeführt wird. Der Heizluft-

strom 620, 622 durchströmt dabei zunächst den Sumpferdampfer 615 und anschließend den Zwischenverdampfer 614. In den Kondensator-Verdampfern 615, 614 gewonnene Flüssigkeit beziehungsweise der letztlich dampfförmig verbliebene Anteil werden über die Leitungen 621 und 623 zur zweiten Hochdrucksäule 210 geleitet und dort an geeigneten Zwischenstellen eingespeist.

[0050] Trotz der drei Fallfilmverdampfer kommt das zweite Destilliersäulen-System der Figur 4 mit nur einer Flüssigkeitspumpe aus. Insbesondere kann die dritte sauerstoffangereicherte Fraktion 236 allein aufgrund des hydrostatischen Potenzials von der zweiten Niederdrucksäule 612 in die erste Niederdrucksäule 111 fließen.

[0051] **Figur 6** zeigt ein zweites Destilliersäulen-System 210, 611, 612, das verfahrenstechnisch mit demjenigen von Figur 5 identisch ist. Hier ist allerdings der Abschnitt 611 der zweiten Niederdrucksäule neben den beiden anderen Säulenabschnitten 210, 612 angeordnet. Die Pumpe 617 muss dadurch einen geringeren Höhenunterschied überwinden; allerdings wird regelmäßig eine weitere Pumpe 235 für die dritte sauerstoffangereicherte Fraktion 223, 236 benötigt.

[0052] Die **Figuren 7 und 8** unterscheiden sich ausschließlich dadurch von den Figuren 5 beziehungsweise 6, dass ein Zwischenabschnitt 812 nicht unterhalb, sondern oberhalb der zweiten Hochdrucksäule 210 angeordnet ist.

[0053] In einer Variante der Figuren 5 bis 8 wird der zweite Zwischenverdampfer 614 weggelassen. In Kombination damit oder unabhängig davon kann bei jedem der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele ein kleiner Teil des flüssigen Stickstoffs (118 in Figur 1) aus dem ersten Hauptkondensator (113 in Figur 1) auf den Kopf der zweiten Niederdrucksäule 211 beziehungsweise des Abschnitts 611 der zweiten Niederdrucksäule aufgegeben werden.

[0054] **Figur 9** zeigt ein gegenüber Figur 1 abgewandeltes Luftverdichter-System, das bei der Erfindung angewendet werden kann. Dieses besteht hier aus zwei Luftverdichtersträngen 3a/4a/5a bzw. 3b/4b/5b mit unterschiedlichem Enddruck. Der links dargestellte Strang 3a/4a/5a wird durch eine Maschine mit einem Gehäuse und einem Antrieb gebildet, der recht dargestellte durch eine weitere Maschine mit einem Gehäuse und einem Antrieb. Die Verdichtersymbole 4,4a, 4b, 6 können jeweils für einen oder mehrere Verdichterstufen stehen, gegebenenfalls mit entsprechender Zwischenkühlung.

[0055] In **Figur 10** sind die beiden Destilliersäulen-Systeme nicht im Detail dargestellt (Kasten 800). Hier wird der Teil 131 des Kopfgases der ersten Hochdrucksäule in zwei parallelen Stickstoffturbinen 732a, 732b arbeitsleistend entspannt, von denen die erste 732a wie in Figur 1 mit einem Generator 133 gekoppelt ist. Die zweite Stickstoffturbine 732b treibt einen Kaltverdichter 733 an, in dem ein Teil 706, 707 der auf den zweiten Druck verdichteten Einsatzluft 206 auf den ersten Druck nachverdichtet wird. Der kaltverdichtete Luftteil 708 wird anschließend mit der übrigen Hochdruckluft 106 vereinigt. Hierdurch wird Energie am eintrittsseitigen Luftverdichter-System eingespart.

[0056] Anstelle des in Figur 10 gezeigten Luftverdichter-Systems (analog Figur 1) kann auch das Luftverdichter-System der Figur 9 eingesetzt werden.

[0057] **Figur 11** ähnelt Figur 10, allerdings wird hier ein anderer Luftstrom 906, 907, 908 durch den Kaltverdichter 733 geleitet. Dieser stellt einen Teil des Hochdruckluftstroms 106 vom Luftverdichter-System dar und wird in dem Kaltverdichter 733 deutlich über den ersten Druck hinaus weiterverdichtet um anschließend als Turbinenstrom 9 zu dienen. Dadurch steigt die Kälteleistung der Luftturbine 11.

[0058] In **Figur 12** wird wie in Figur 10 ein Teil 706, 707, 708 des zweiten Teilstroms der Einsatzluft, der unter dem niedrigeren zweiten Druck steht, im Kaltverdichter 733 nachverdichtet. Abweichend von Figur 10 ist der Hauptwärmetauscher aus zwei physikalisch getrennten und parallel geschalteten Abschnitten 8a und 8b aufgebaut, die jeweils aus einem oder mehreren Wärmetauscherblöcken bestehen. Hier wird das "zweite gasförmige Kopfprodukt" 226 aus der zweiten Niederdrucksäule (hier nicht dargestellt) in zwei Teilströme 726, 727 verzweigt, die durch die Hauptwärmetauscher-Abschnitte 8a beziehungsweise 8b geleitet werden. Der warme Strom 728 wird in die Atmosphäre (ATM) abgeblasen. Strom 727/728 dient als Ausgleichsstrom. Alternativ könnte analog zu Figur 11 der Turbinenstrom 9 im Kaltverdichter nachverdichtet werden.

[0059] Als Ausgleichsstrom für die beiden Hauptwärmetauscher-Abschnitte 8a, 8b wird in **Figur 13** ein Teil 506 des Luftteilstroms 106 verwendet, der unter dem höheren ersten Druck steht. Alternativ könnte auch in Figur 13 analog zu Figur 11 der Turbinenstrom 9 im Kaltverdichter nachverdichtet werden.

[0060] In **Figur 14** wird abweichend von Figur 13 der Spülstrom 137, der mittels der Pumpe 138 auf Druck gebracht wird, in einem separaten dritten Hauptwärmetauscher-Abschnitt 8c in indirektem Wärmeaustausch mit mindestens einem Teil 508, 509 des kalt nachverdichteten Luftstroms 708 verdampft (beziehungsweise pseudo-verdampft, falls der Druck überkritisch ist) und angewärmt. Alternativ könnte auch in Figur 14 analog zu Figur 11 der Turbinenstrom 9 im Kaltverdichter nachverdichtet werden.

[0061] Das Ausführungsbeispiel der **Figur 15** weist einen vierten separaten Hauptwärmetauscher-Abschnitt 8d auf, in dem die kalt zu verdichtende Luft 707 stromaufwärts des Kaltverdichters 733 gegen das Abgas 734b der Stickstoffturbine 732b abgekühlt wird. Das angewärmte Turbinenabgas 735b wird dann nicht mehr in den Hauptwärmetauscher-Abschnitt 8b eingeleitet, im Gegensatz zum Abgas 734a der generatorgebremsten Stickstoffturbine 732a. Alternativ könnte auch in Figur 15 analog zu Figur 11 der Turbinenstrom 9 im Kaltverdichter nachverdichtet werden.

[0062] In den Varianten der Figuren 12 bis 15 kann der Hauptwärmetauscher-Abschnitt 8a auch durch ein Paar von Regeneratoren gebildet werden anstelle der ansonsten üblichen Plattenwärmetauscher-Blöcke. Die **Figuren 16 und**

17 zeigen zwei konkrete Beispiele hierzu, deren Wärmeaustauscher- und Turbinen-Schaltungen ansonsten auf Figur 12 beruhen. Ein Regenerator des Regeneratoren-Paars 88 wärmt einen Teilstrom 726 des "zweiten gasförmigen Kopfprodukts" 226 aus der zweiten Niederdrucksäule an, während der andere den Luftstrom 206, der unter dem niedrigeren zweiten Druck steht, abkühlt.

5 **[0063]** Figur 17 unterscheidet sich von Figur 16 dadurch, dass der Regenerator 88 auch zur Reinigung des zweiten Luftteils 204, 206 eingesetzt wird, indem Wasser und Kohlendioxid ausgefroren werden. Hierdurch reicht eine einsträngige Reinigungsvorrichtung 105 aus, die unter etwa dem ersten Druck betrieben wird. Im Falle der Figur 18 wird das LOX-Filter 219, das oben zu Figur 1 als fakultativ beschrieben worden ist, verbindlich benötigt.

10 **[0064]** Anstelle des in den Figuren 16 und 17 gezeigten Luftverdichter-Systems (analog Figur 1) kann auch das Luftverdichter-System der Figur 9 eingesetzt werden.

Patentansprüche

15 1. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersystem, das eine erstes Destilliersäulen-System (109) und ein zweites Destilliersäulen-System (209) aufweist, wobei das erste Destilliersäulen-System (109) eine erste Hochdrucksäule (110), eine erste Niederdrucksäule (111) und einen ersten Hochdrucksäulen-Kopfcondensator (113) aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist, und das zweite Zwei-Säulen-System eine zweite Hochdrucksäule (210), eine zweite Niederdrucksäule (211) und einen zweiten Hochdrucksäulen-Kopfcondensator (213) aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist, und wobei

- ein erster und ein zweiter Einsatzluftstrom (100, 104, 106, 108; 200, 204, 206, 208) in einem Hauptwärmetauscher (8) abgekühlt werden,
- der erste Einsatzluftstrom (108) unter einem ersten Druck in die erste Hochdrucksäule (110) eingeleitet wird,
- 25 - der zweite Einsatzluftstrom (208) unter einem zweiten Druck, der niedriger ist als der erste Druck, in die zweite Hochdrucksäule (210) eingeleitet wird,
- eine erste sauerstoffangereicherte Fraktion (120, 121, 123) flüssig aus dem unteren Bereich der ersten Hochdrucksäule (110) entnommen und der ersten Niederdrucksäule (111) an einer ersten Zwischenstelle zugeleitet wird,
- 30 - eine zweite sauerstoffangereicherte Fraktion (220, 221) flüssig aus dem unteren Bereich der zweiten Hochdrucksäule (210) entnommen und der zweiten Niederdrucksäule (211) zugeleitet wird,
- eine dritte sauerstoffangereicherte Fraktion (223, 236) aus dem unteren Bereich der zweiten Niederdrucksäule (211) entnommen und der ersten Niederdrucksäule (111) an einer zweiten Zwischenstelle zugeleitet wird, die unterhalb der ersten Zwischenstelle angeordnet ist,
- 35 - der ersten Niederdrucksäule (111) ein erstes gasförmiges Kopfprodukt (125, 126) entnommen und im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt wird,
- der zweiten Niederdrucksäule (211) ein zweites gasförmiges Kopfprodukt (225, 226) entnommen und im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt wird,
- 40 - der ersten Niederdrucksäule (111) ein gasförmiges Sauerstoffprodukt (123, 124) entnommen und als Endprodukt (GOX) abgezogen wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 45 - die dritte sauerstoffangereicherte Fraktion (223, 236) in flüssigem Zustand aus dem unteren Bereich der zweiten Niederdrucksäule (211) entnommen und in flüssigem Zustand in die ersten Niederdrucksäule (111) eingeleitet wird,
- die erste und die zweite Kopffraktion (125; 225) in getrennten Passagen des Hauptwärmetauschers (8) angewärmt werden.

50 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine vierte sauerstoffangereicherte Fraktion (229) flüssig aus dem unteren Bereich der ersten Hochdrucksäule (110) entnommen und der zweiten Niederdrucksäule (211) zugeleitet wird.

55 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Einsatzluftstrom (100, 101) in einem Luftverdichter-System (2) auf etwa den ersten Druck verdichtet wird und der zweite Einsatzluftstrom (200) in dem Luftverdichter-System nur auf etwa den zweiten Druck verdichtet wird, wobei der erste Einsatzluftstrom (101, 104) einer ersten Reinigungsvorrichtung (105) zugeleitet wird, die unter etwa dem ersten Druck betrieben wird, und der zweite Einsatzluftstrom (200, 204) einer zweiten Reinigungsvorrichtung (205) zugeleitet wird, die unter etwa dem

zweiten Druck betrieben wird, und wobei die erste und die zweite Reinigungsvorrichtung (105, 205) mittels eines Regeneriergases (52) regeneriert werden, das aus der ersten Niederdrucksäule (111) entnommen wird und insbesondere durch mindestens einen Teil des Kopfgases (125, 126) der ersten Niederdrucksäule (111) gebildet wird.

5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Hauptkondensator (213) mittels einer Zwischenflüssigkeit (616) der zweiten Niederdrucksäule (611/612) gekühlt wird und die zweite Niederdrucksäule (611/612) außerdem einen Sumpfv verdampfer (615) aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist und mittels eines Teilstroms (620) des zweiten Einsatzluftstroms (608) beheizt wird.

10 5. Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft

- mit einem Destilliersystem, das eine erstes Destilliersäulen-System (109) und ein zweites Destilliersäulen-System (209) aufweist, wobei das erste Destilliersäulen-System (109) eine erste Hochdrucksäule (110), eine erste Niederdrucksäule (111) und einen ersten Hochdrucksäulen-Kopf kondensator (113) aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist, und das das zweite Zwei-Säulen-System eine zweite Hochdrucksäule (210), eine zweite Niederdrucksäule (211) und einen zweiten Hochdrucksäulen-Kopf kondensator (213) aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist,

15 - mit einem Hauptwärmetauscher zur Abkühlung eines ersten und eines zweiten Einsatzluftstroms (100, 104, 106, 108; 200, 204, 206, 208)

20 - mit Mitteln zum Einleiten des ersten Einsatzluftstroms (108) unter einem ersten Druck in die erste Hochdrucksäule (110),

- mit Mitteln zum Einleiten des zweiten Einsatzluftstroms (208) unter einem zweiten Druck, der niedriger ist als der erste Druck, in die zweite Hochdrucksäule (210),

25 - mit Mitteln zum Entnehmen einer ersten sauerstoffangereicherte Fraktion (120, 121, 123) in flüssigem Zustand aus dem unteren Bereich der ersten Hochdrucksäule (110) und zum Einleiten der ersten sauerstoffangereicherten Fraktion (120, 121, 123) in die erste Niederdrucksäule (111) an einer ersten Zwischenstelle,

- mit Mitteln zum Entnehmen einer zweiten sauerstoffangereicherten Fraktion (220, 221) in flüssigem Zustand aus dem unteren Bereich der zweiten Hochdrucksäule (210) und zum Einleiten der zweiten sauerstoffangereicherten Fraktion (220, 221) in die zweite Niederdrucksäule (211),

30 - mit Mitteln zum Entnehmen einer dritten sauerstoffangereicherten Fraktion (223, 236) aus dem unteren Bereich der zweiten Niederdrucksäule (211) und zum Einleiten der dritten sauerstoffangereicherten Fraktion (223, 236) in die erste Niederdrucksäule (111) an einer zweiten Zwischenstelle, die unterhalb der ersten Zwischenstelle angeordnet ist,

35 - mit Mitteln zum Entnehmen eines ersten gasförmigen Kopfprodukts (125; 126) aus der ersten Niederdrucksäule (111) und zum Einleiten ersten gasförmigen Kopfprodukts (125, 126) in den Hauptwärmetauscher (8),

- mit Mitteln zum Entnehmen eines zweiten gasförmigen Kopfprodukts (225, 226) aus der zweiten Niederdrucksäule (211) und zum Einleiten des zweiten gasförmigen Kopfprodukts (225, 226) in Hauptwärmetauscher (8),

- mit Mitteln zum Entnehmen eines gasförmigen Sauerstoffprodukts (123, 124) aus der ersten Niederdrucksäule (111) und zum Abziehen des gasförmigen Sauerstoffprodukts (123, 124) als Endprodukt (GOX),

40 **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Mittel zum Entnehmen der dritten sauerstoffangereicherten Fraktion (223, 236) aus dem unteren Bereich der zweiten Niederdrucksäule (211) als Flüssigentnahmemittel ausgebildet sind und

45 - der Hauptwärmetauscher (8) getrennten Passagen für die erste und die zweite Kopffraktion (125; 225) aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **gekennzeichnet durch** Mittel zum Einleiten einer flüssigen vierten sauerstoffangereicherten Fraktion (229) aus dem unteren Bereich der ersten Hochdrucksäule (110) in die zweite Niederdrucksäule (211).

50 7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **gekennzeichnet durch**

- ein Luftverdichter-System (2) zum Verdichten des ersten Einsatzluftstroms (100, 101) auf etwa den ersten Druck und zum Verdichten des zweiten Einsatzluftstroms (200) nur auf etwa den zweiten Druck,

55 - mit Mitteln zum Einleiten des verdichteten ersten Einsatzluftstroms (101, 104) in eine erste Reinigungsvorrichtung (105) unter etwa dem ersten Druck,

- mit Mitteln zum Einleiten des verdichteten zweiten Einsatzluftstroms (200, 204) in eine zweite Reinigungsvorrichtung (205) unter etwa dem zweiten Druck und

EP 2 489 968 A1

- mit Mitteln zum Einleiten eines mittels eines Regeneriergases (52), das aus der ersten Niederdrucksäule (111) entnommen wird und insbesondere **durch** mindestens einen Teil des Kopfgases (125, 126) der ersten Niederdrucksäule (111) gebildet wird, in die erste und die zweite Reinigungsvorrichtung (105, 205).

- 5 **8.** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **gekennzeichnet durch** Mittel zum Einleiten einer Zwischenflüssigkeit (616) der zweiten Niederdrucksäule (611/612) in den zweiten Hauptkondensator (213), **durch** einen Sumpfverdampfer (615), der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist, und **durch** Mittel zum Einleiten eines Teilstroms (620) des zweiten Einsatzluftstroms (608) in den Sumpfverdampfer (615).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

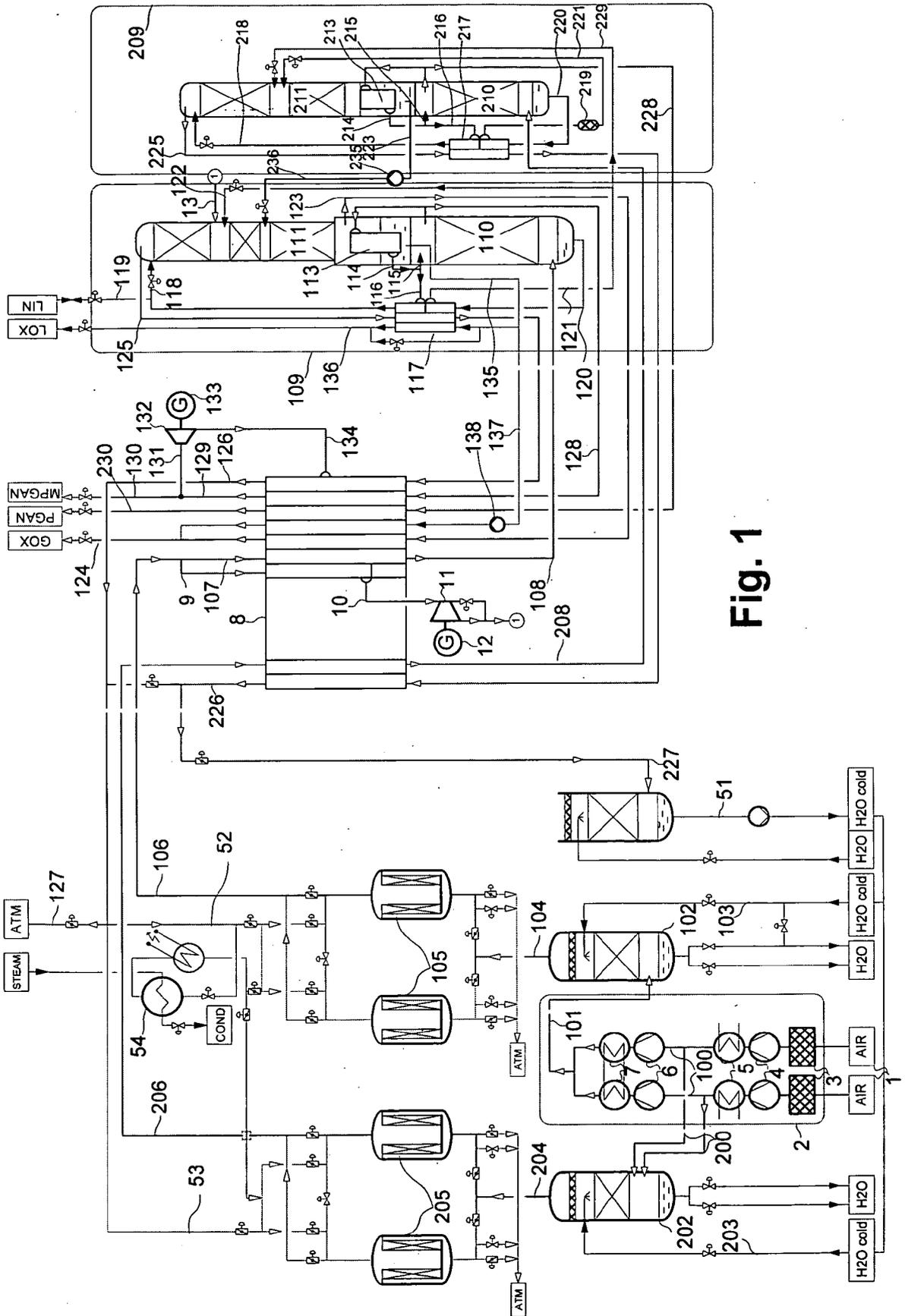
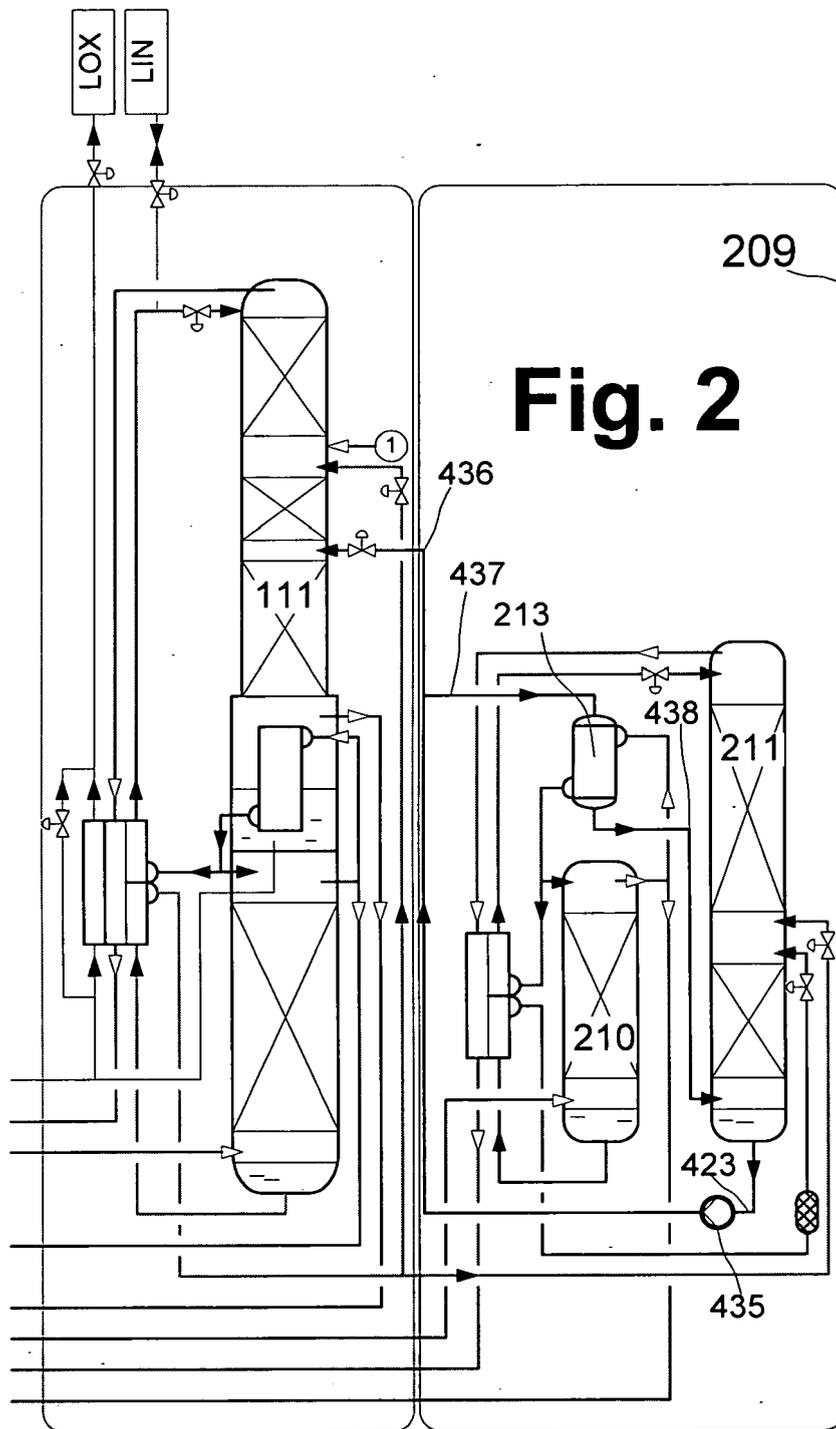


Fig. 1



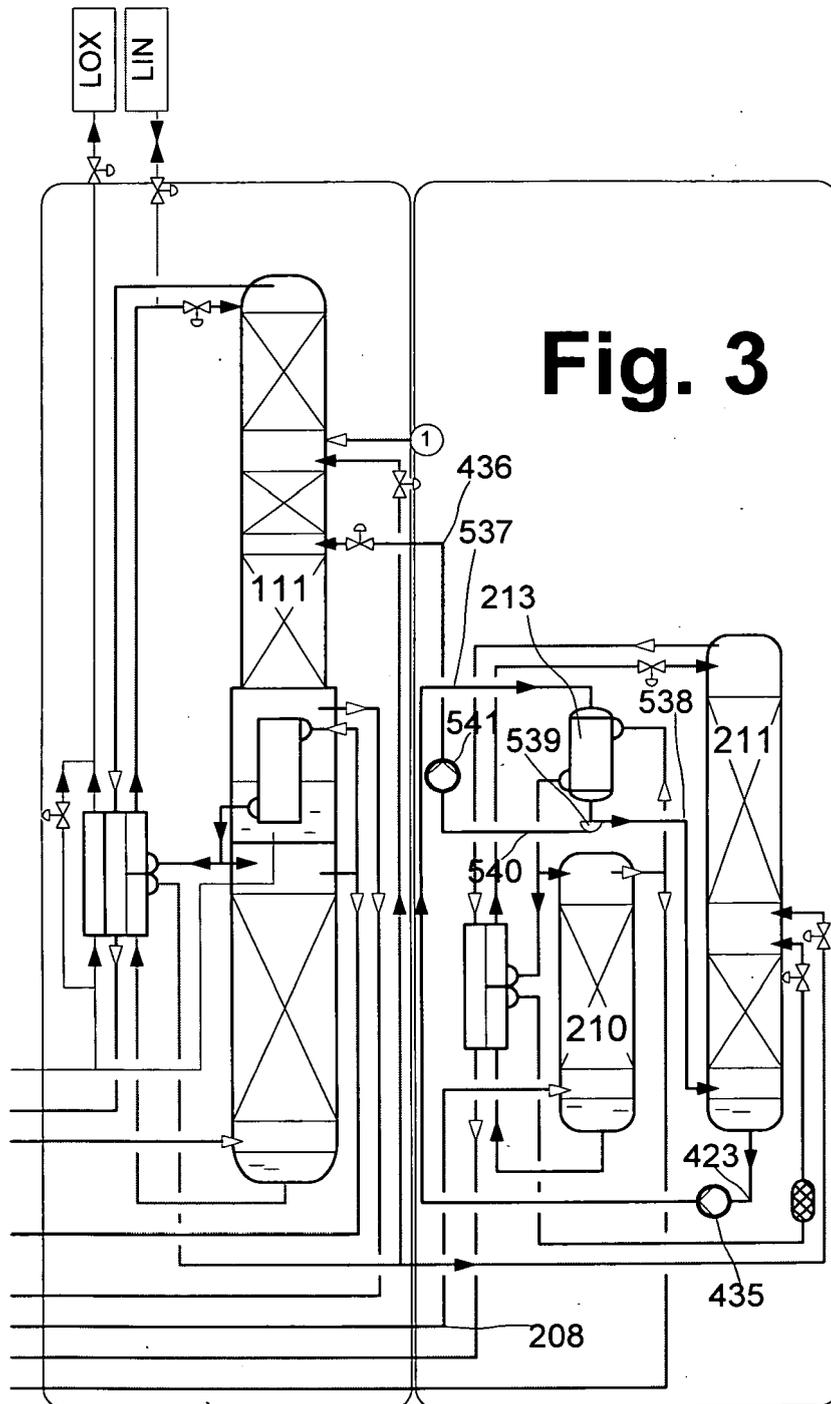
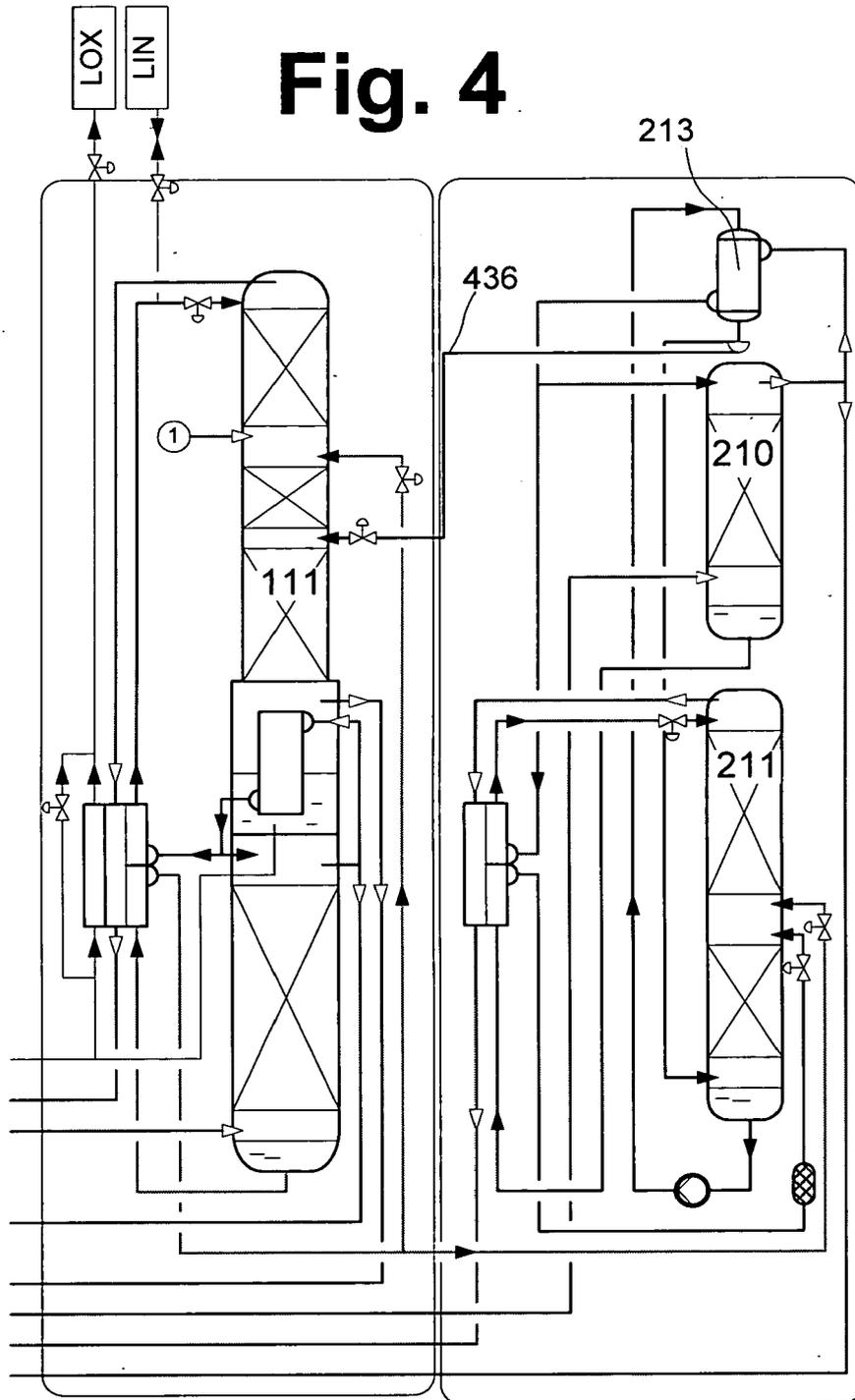
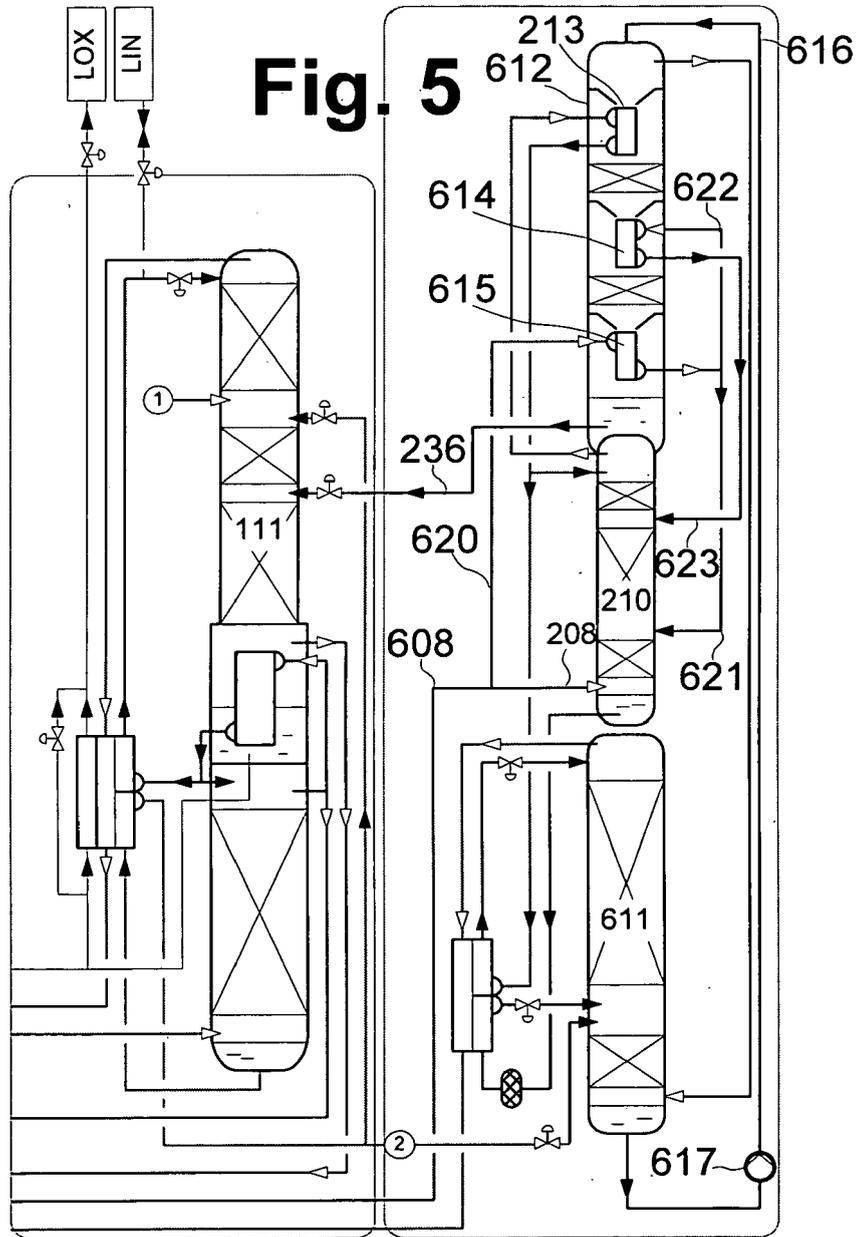


Fig. 4





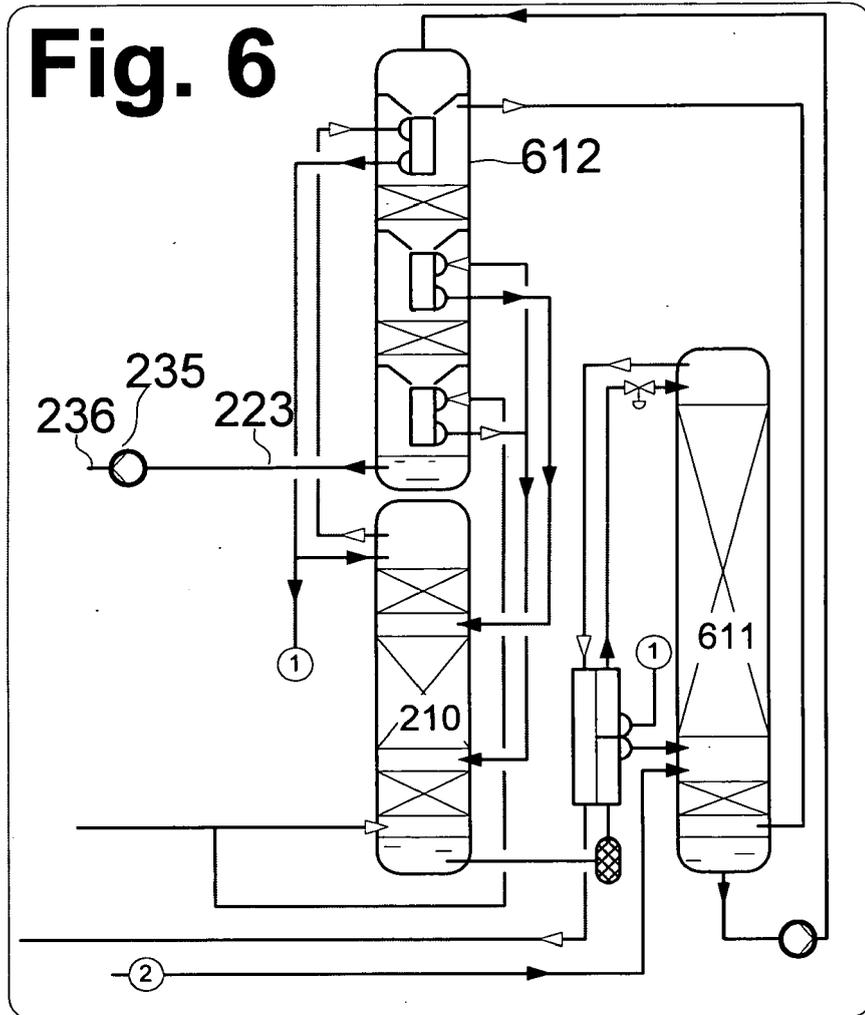
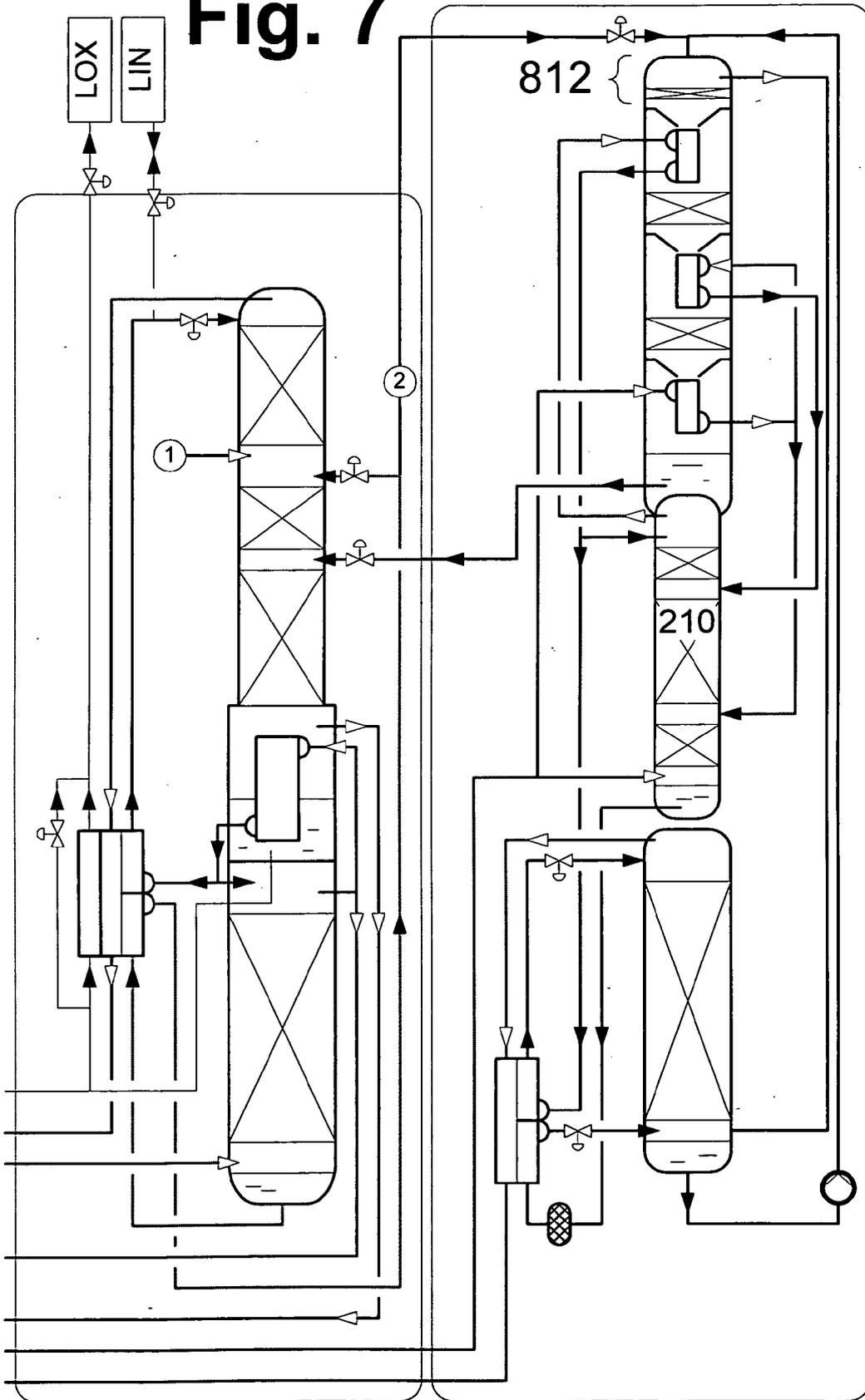
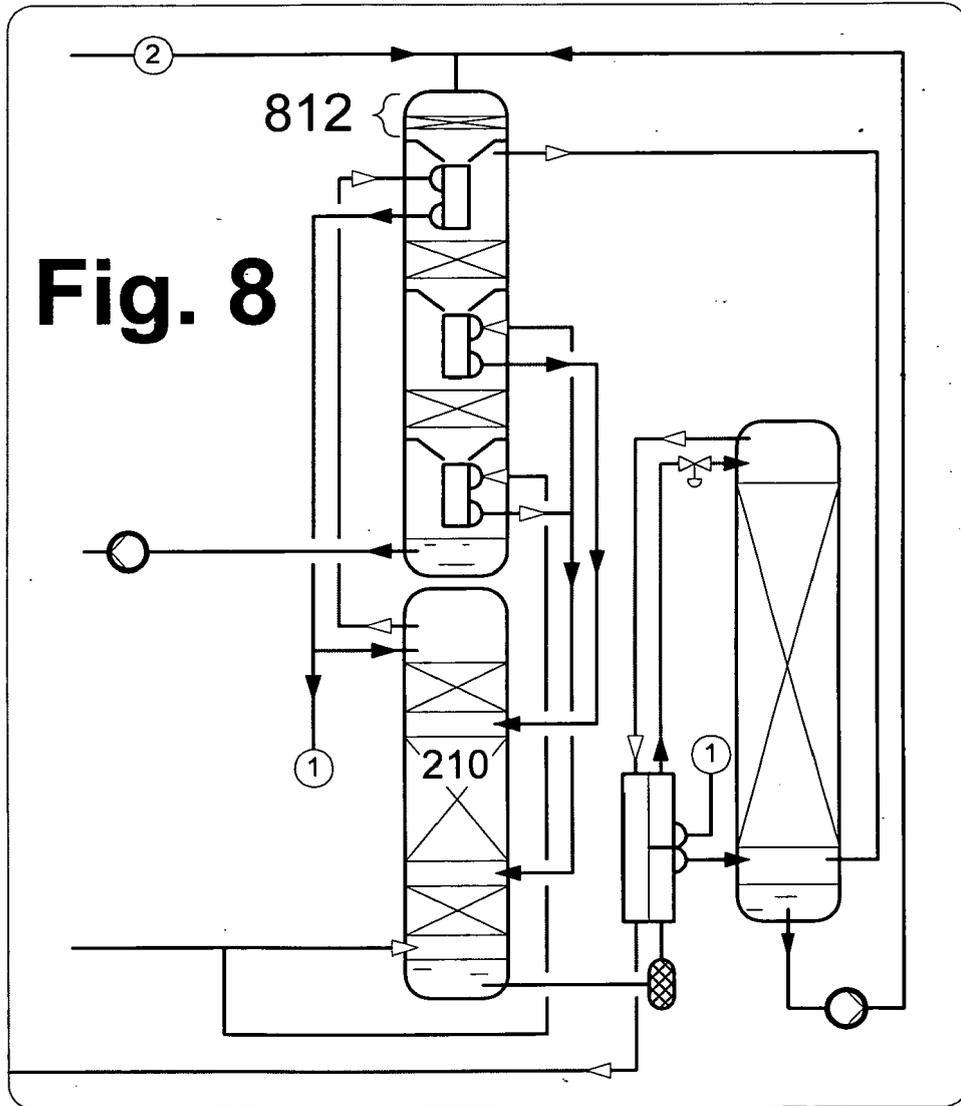


Fig. 7





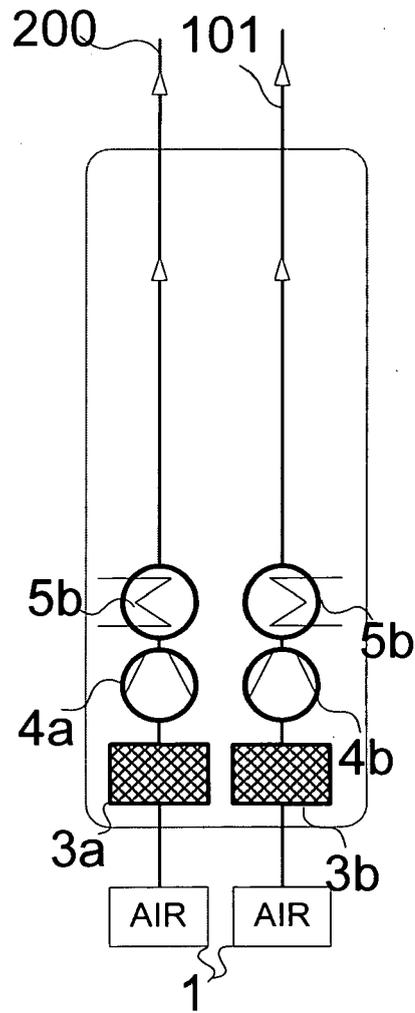


Fig. 9

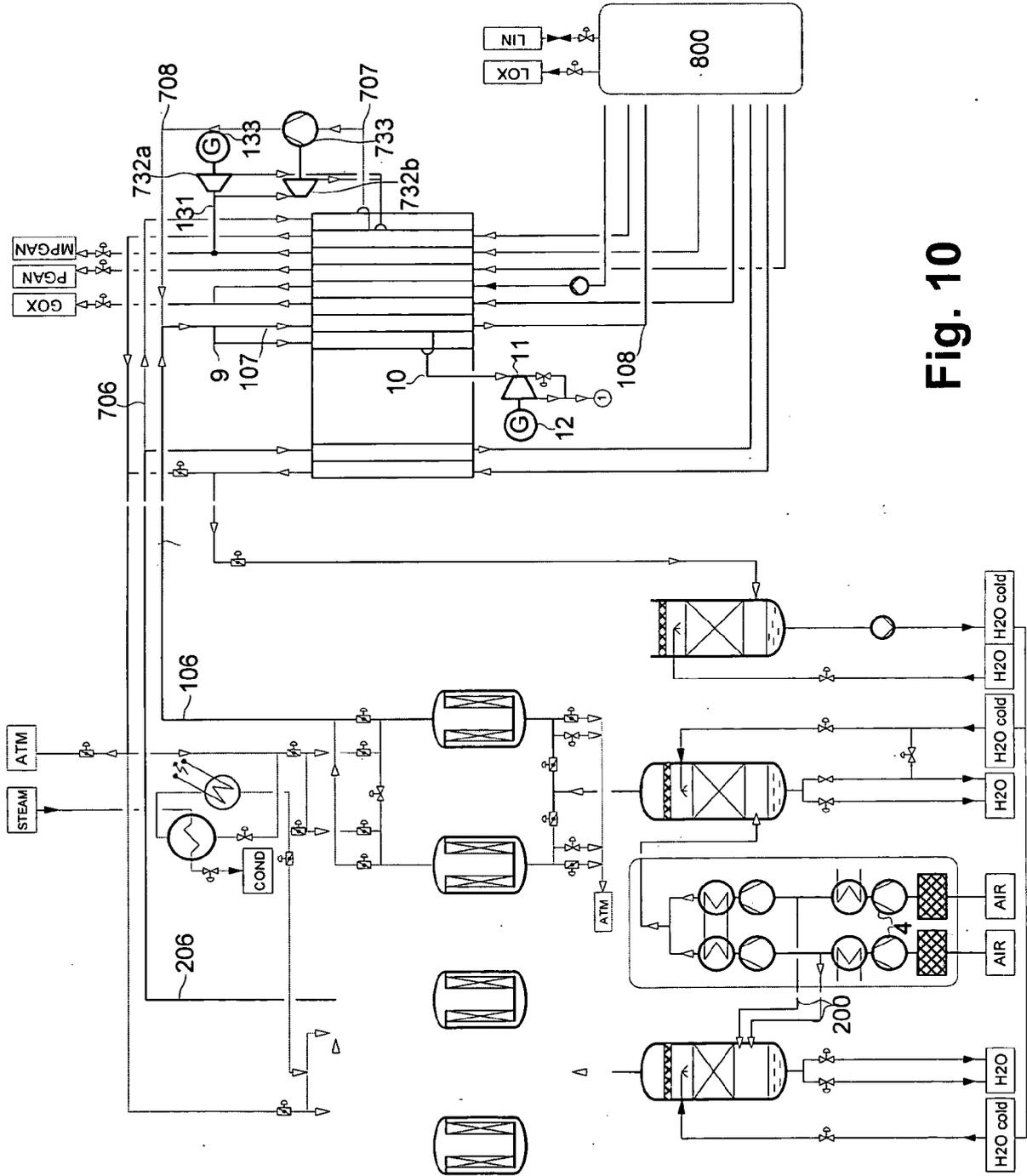


Fig. 10

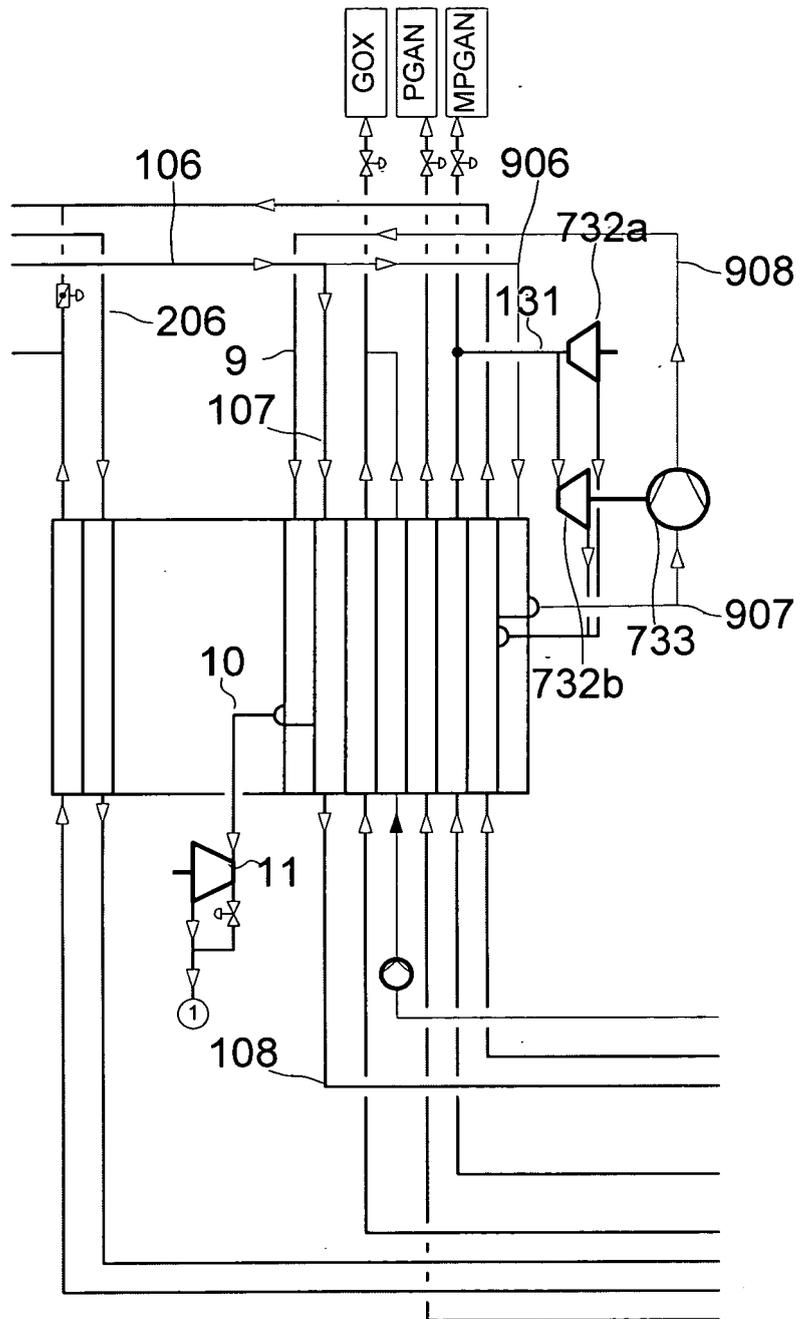


Fig. 11

Fig. 12

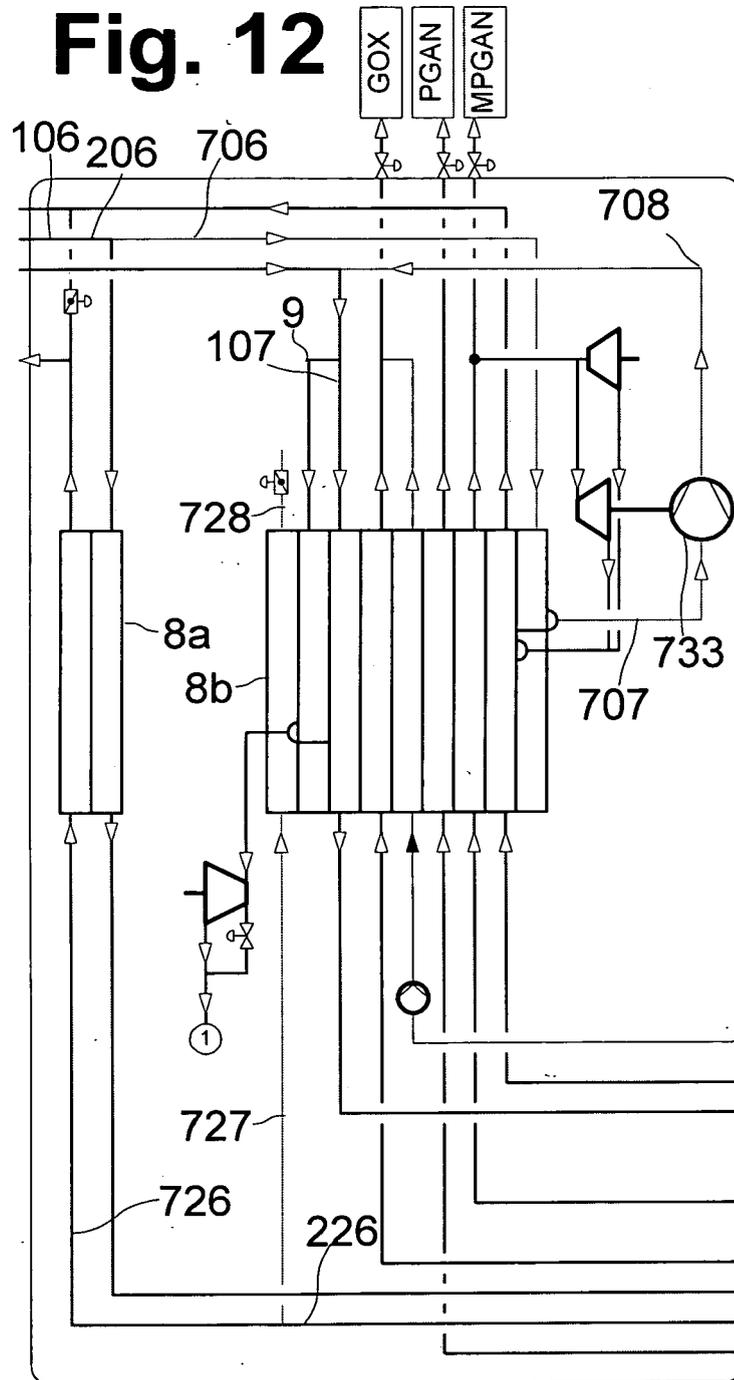


Fig. 13

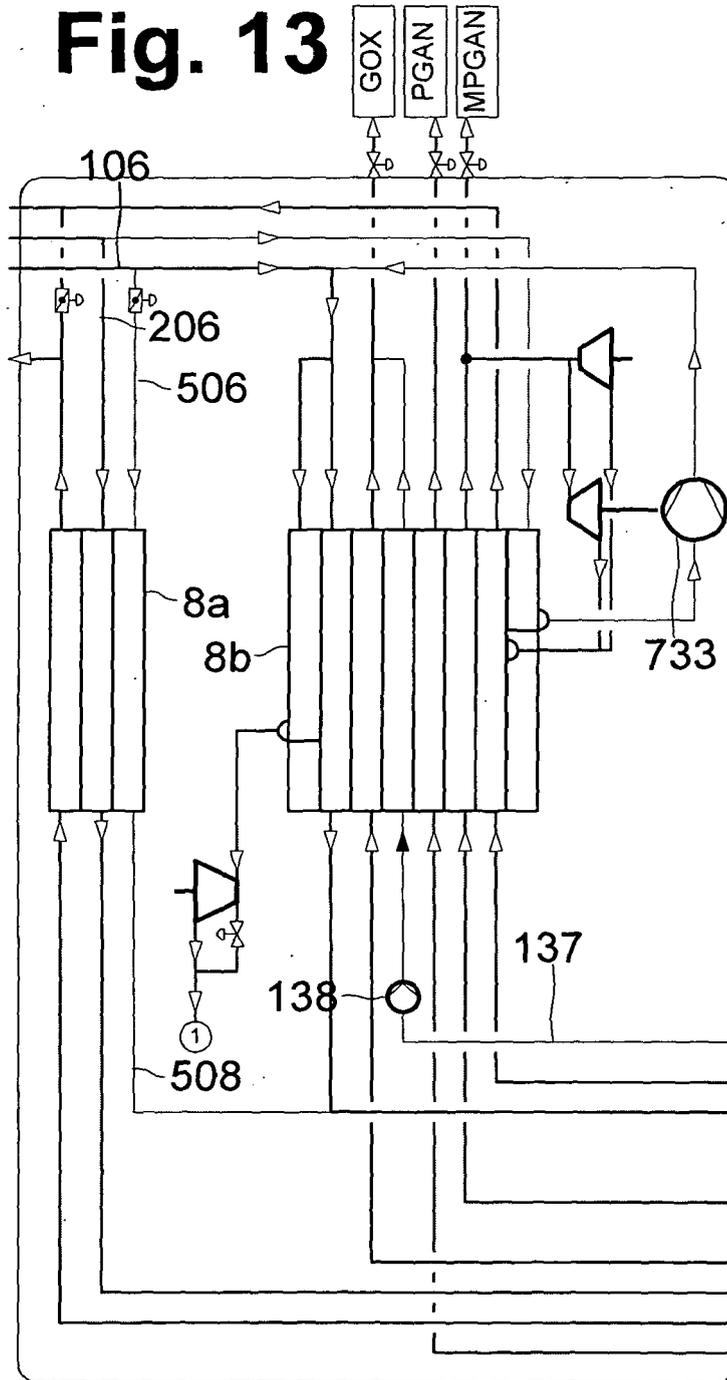


Fig. 14

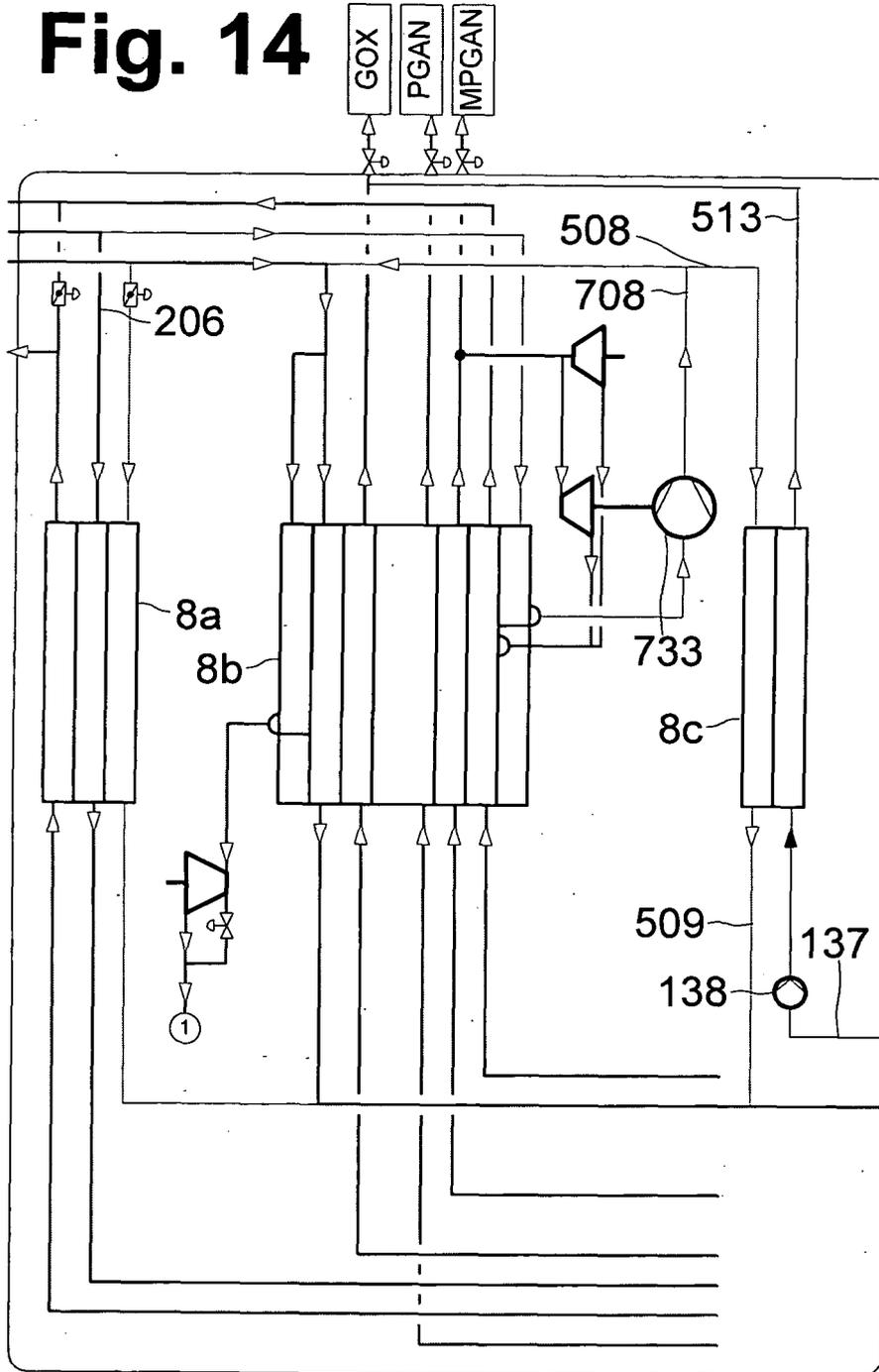
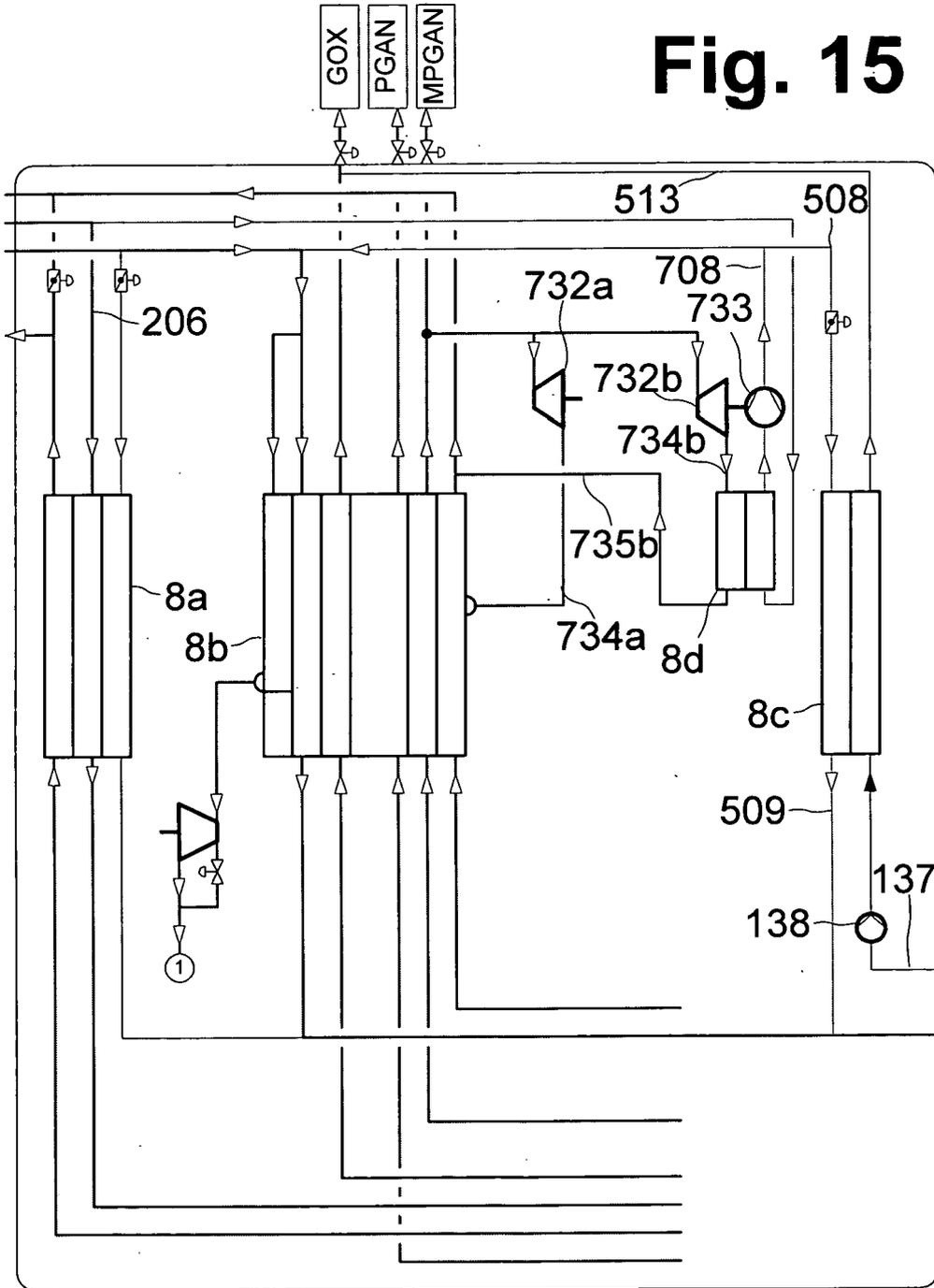


Fig. 15



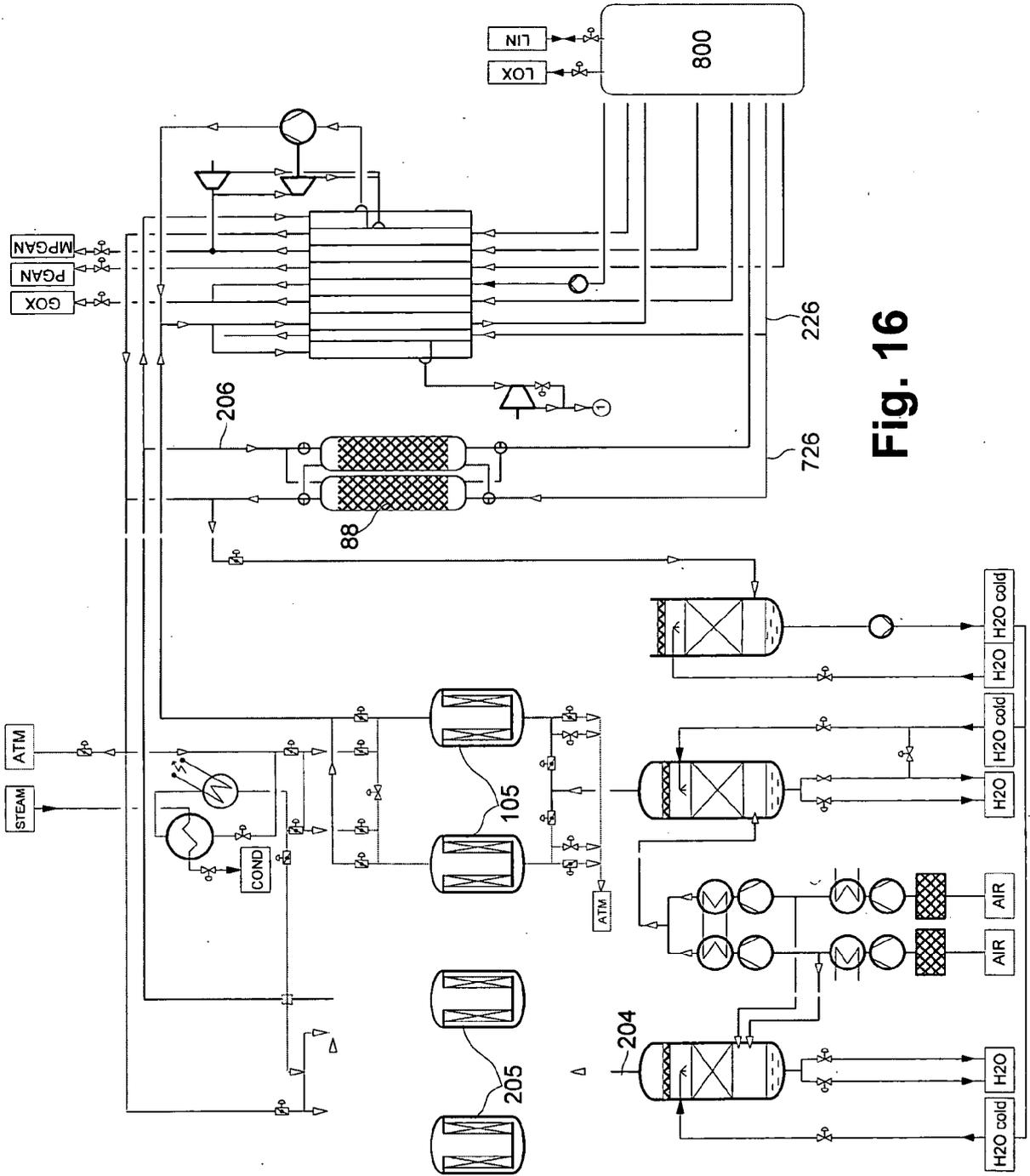


Fig. 16

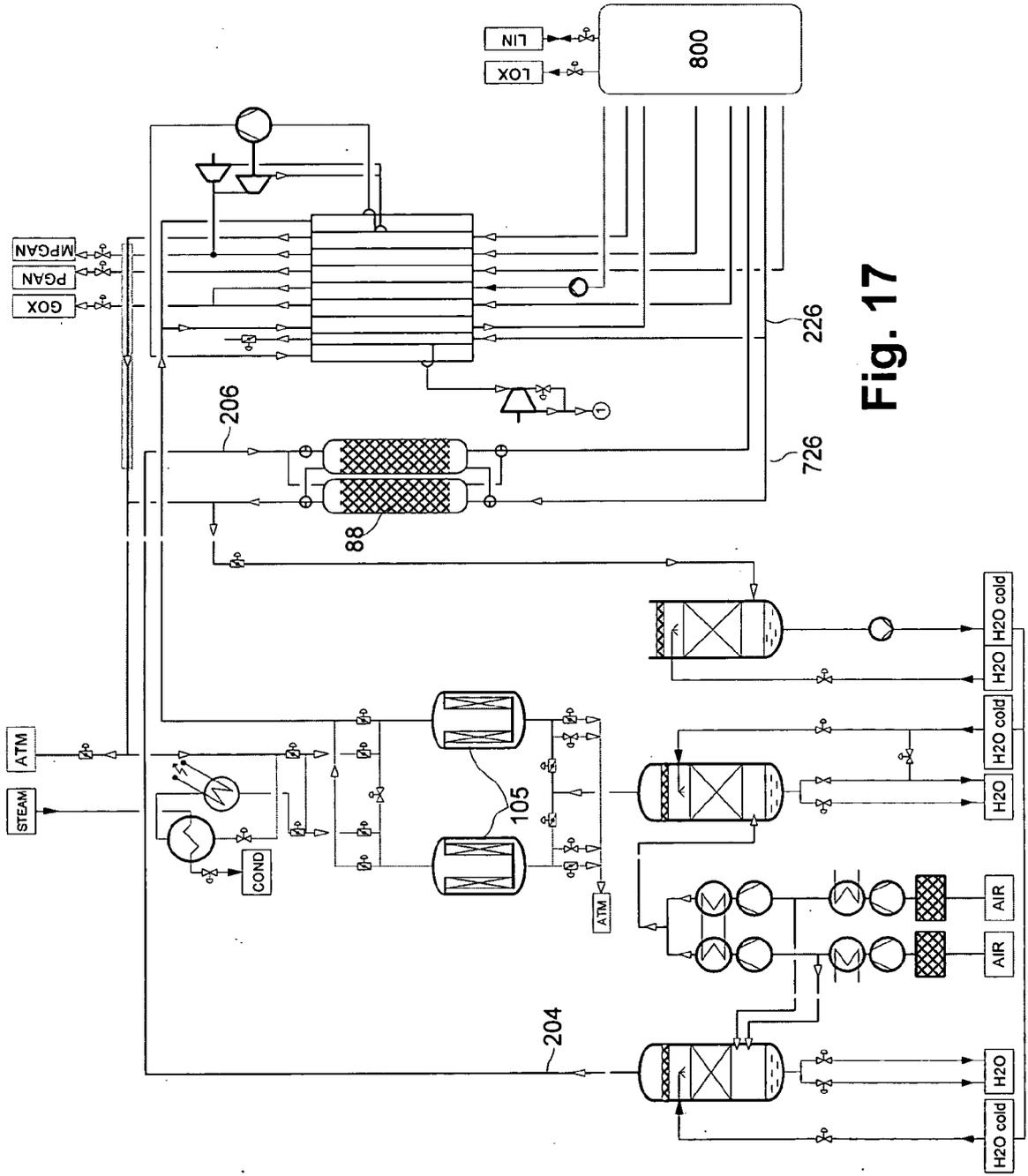


Fig. 17



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 00 0697

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 1 784 120 A (NUYS CLAUDE C VAN ET AL) 9. Dezember 1930 (1930-12-09)	1,2,4-6,8	INV. F25J3/04
Y	* Seite 3, Zeilen 83-101; Abbildung * * Seite 4, Zeilen 17-27 * -----	3,7	
Y	EP 0 342 436 A2 (LINDE AG [DE]) 23. November 1989 (1989-11-23) * Abbildung *	3,7	
A,D	US 4 254 629 A (OLSZEWSKI WALTER J) 10. März 1981 (1981-03-10) * Abbildung 2 *	1,5	
A	DE 37 09 588 A1 (VOEST ALPINE AG [AT]) 8. Oktober 1987 (1987-10-08) * Abbildung *	2,6	
A	US 5 571 309 A (KUMAR RAVI [US]) 5. November 1996 (1996-11-05) * Abbildungen *	3,7	
A	DE 197 25 821 A1 (LINDE AG [DE]) 4. Juni 1998 (1998-06-04) * Abbildung *	2,6	RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC) F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Juni 2012	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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 12 00 0697

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.

12-06-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 1784120	A	09-12-1930	KEINE	

EP 0342436	A2	23-11-1989	CN 1037961 A	13-12-1989
			DE 3817244 A1	23-11-1989
			EP 0342436 A2	23-11-1989
			JP 2064385 A	05-03-1990
			US 4964901 A	23-10-1990
			ZA 8903768 A	28-02-1990

US 4254629	A	10-03-1981	DE 2920270 A1	20-11-1980
			FR 2456923 A1	12-12-1980
			GB 2057660 A	01-04-1981
			US 4254629 A	10-03-1981

DE 3709588	A1	08-10-1987	AT 386279 B	25-07-1988
			DE 3709588 A1	08-10-1987
			FR 2596667 A1	09-10-1987
			GB 2189587 A	28-10-1987

US 5571309	A	05-11-1996	AU 701235 B2	21-01-1999
			AU 5609596 A	06-02-1997
			CN 1147976 A	23-04-1997
			DE 69619036 D1	21-03-2002
			DE 69619036 T2	22-08-2002
			EP 0756143 A1	29-01-1997
			IL 118720 A	09-05-1999
			JP 9038444 A	10-02-1997
			SG 42415 A1	15-08-1997
			US 5571309 A	05-11-1996
			ZA 9606081 A	03-02-1997

DE 19725821	A1	04-06-1998	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 4254629 A [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **HAUSEN/LINDE.** Tieftemperaturtechnik. 1985, 281-337 [0002]