

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 949 471 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
18.12.2002 Patentblatt 2002/51

(51) Int Cl.7: **F25J 3/04**

(21) Anmeldenummer: **99106715.8**

(22) Anmeldetag: **01.04.1999**

(54) **Luftzerlegungsanlage mit zwei verschiedenen Betriebsmodi**

Cryogenic air separation plant with two different operation modes

Unité de séparation de l'air à deux modes de fonctionnement

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB IT LI NL SE

(30) Priorität: **08.04.1998 DE 19815885**
02.07.1998 EP 98112276

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.10.1999 Patentblatt 1999/41

(73) Patentinhaber: **Linde AG**
65189 Wiesbaden (DE)

(72) Erfinder: **Voit, Jürgen, Dipl.-Phys.**
86938 Schondorf (DE)

(74) Vertreter: **Kasseckert, Rainer et al**
Linde AG
Zentrale Patentabteilung
Dr.-Carl-von-Linde-Strasse 6-14
82049 Höllriegelskreuth (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 044 679 EP-A- 0 793 070
US-A- 5 084 081 US-A- 5 678 425

EP 0 949 471 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von gasförmigem Druckprodukt durch Tieftemperaturzerlegung von Luft, das zeitweise in einem Gasbetrieb und zeitweise in einem kombinierten Betrieb betrieben wird.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

[0003] Aus der Schrift EP 0 044 679 A1 ist ein Verfahren zur Erzeugung von gasförmigem Drucksauerstoff (DGOX) und geringer Mengen Flüssigsauerstoff (LOX) bekannt: Kälte für die Luftzerlegung und die Erzeugung von Flüssigprodukt liefert ein Luftkältekreislauf. Er enthält eine Verdichtung mit zwei Kompressorstufen in Serie zur Verdichtung eines Luftstromes in der ersten Stufe auf einen mittleren Druck für eine arbeitsleistende Entspannung eines Teilstromes dieser Luft auf einen unteren Druck und eine zweite Kompressorstufe zur Verdichtung des restlichen Luftstromes auf einen höheren Druck für eine Drosselentspannung auf den gleichen niedrigen Druck. Nach Zusammenführung der Teilstrome und Abzweigen einer gebildeten Flüssigphase wird die Gasphase zur Verdichtung rezykliert und die Flüssigphase nach Aufteilung in zwei Drosselströme einer Rektifikation zugeführt. Der Kältekreislauf kann bei einem solchen Verfahren nicht abgeschaltet werden und ein Zurückfahren der Kälteleistung führt zu einem energetisch ungünstigen Betrieb.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art mit einer energetisch günstigen Erzeugung des gasförmigen Druckprodukts und des Flüssigprodukts jeweils in variablen Mengen und bei hoher Verfügbarkeit der Erzeugung des Druckprodukts.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst von einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und von einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 8. Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0006] Kennzeichnend an dem erfindungsgemäßen Verfahren ist, daß beim Gasbetrieb der Luftdurchsatz im Kältekreislauf auf Null reduziert wird und zu einer Kompensation von Kälteverlusten, die nicht mehr durch den Kältekreislauf gedeckt werden, tiefkalte gespeicherte Flüssigkeit verwendet wird. Dies ermöglicht die Erzeugung von gasförmigem Druckprodukt auch bei vollem Flüssigprodukttank, indem beispielsweise gespeichertes Flüssigprodukt in einem Wärmeaustauscher im Gegenstrom zur eingesetzten Luft geführt wird, diese Luft dabei abgekühlt, teilweise verflüssigt und der Rektifikation zugeführt wird oder indem gespeicherte Flüssigkeit direkt der Rektifikation zugeführt wird.

[0007] Tiefkalte Flüssigkeit mindestens einer flüssigen Fraktion aus der Rektifikation, beispielsweise Flüssigstickstoff (LIN), Flüssigsauerstoff (LOX) oder flüssige Luft, zur Kompensation von Kälteverlusten im Gasbetrieb kann in einem Tank zwischengespeichert werden, wobei als Tank zum Speichern dieser Fraktionen Pufferbehälter und/oder Produkttanks verwendet werden. Meist ist die Nutzung von Produkttanks die günstigste Lösung, während flüssige Luft eher einen Pufferbehälter erfordert, da flüssige Luft als Produkt meist keine Rolle spielt.

[0008] Zeitweise kann unter Verwendung mindestens zweier Tanks eine Wechselspeicherung vorgenommen werden, wobei einerseits bei erhöhtem Drucksauerstoff (DGOX)-Bedarf zusätzlich zum LOX aus der Rektifikation aus dem einen Tank zwischengespeichertes LOX entnommen, verdichtet, im Gegenstrom verdampft und angewärmt und dann als DGOX-Produkt abgegeben wird und hierbei im Gegenstrom Kälte zurückgewonnen und zur Erzeugung und Zwischenspeicherung von LIN-Produkt verwendet wird, wobei andererseits bei niedrigem DGOX-Bedarf entsprechend wenig LOX aus dem Rektifiziersystem als DGOX abgegeben und dafür mehr LOX zwischengespeichert wird. Der Vorteil besteht darin, daß zeitweise mehr DGOX geliefert wird als nach Auslegung der Luftzerlegung möglich wäre, indem gespeichertes LOX entnommen und dem Kälteinhalt des LOX entsprechend LIN gespeichert wird.

[0009] Zur Rektifikation kann ein Zweisäulenverfahren eingesetzt werden, wobei eine Kopfkühlung der Drucksäule mit einer Zwischenflüssigkeit aus einer Niederdrucksäule bewerkstelligt und eine Sumpfheizung der Niederdrucksäule durch indirekten Wärmeaustausch mit Luft vorgenommen wird. Das Zweisäulenverfahren ist aus DE 196 09 490 A1 bekannt und eignet sich besonders, wenn nur eine geringe Sauerstoffreinheit erforderlich ist.

[0010] Als Rektifiziersystem kann alternativ auch ein Dreisäulenverfahren eingesetzt werden, wobei eine Doppelsäule mit einem Hochdruckteil und einem Niederdruckteil und eine Zusatzsäule unter Zwischendruck eingesetzt wird. Das Dreisäulenverfahren ist aus DE 195 37 913 A1 bekannt. Auch bei Sauerstoffreinheiten > 99,5 mol % sind mit diesem Verfahren Energieeinsparungen möglich.

[0011] Bei der Gewinnung von gasförmigem Druckprodukt durch Verdampfen und Anwärmen von Flüssigkeit unter Druck, auch Innenverdichtung genannt, im Gegenstrom mit warmer Luft, kann Luft auf dem oberen Druckniveau der Verdichtung im Kältekreislauf verwendet werden oder solche, die von diesem Druckniveau ausgehend nachverdichtet wird.

[0012] Die arbeitsleistende Entspannung kann in mindestens einer Kälteturbine erfolgen, wobei die Leistung an der Welle einer solchen Turbine zum Antrieb entweder eines stromerzeugenden Generators oder eines Boosters verwendet wird, wobei der Booster beispielsweise zum Nachverdichten der Luft im Kältekreislauf eingesetzt wird. In beiden Fällen wird die Energie der Kälteturbine günstig genutzt.

[0013] Kennzeichnend an der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist, daß die Verdichterstation mit mindestens zwei parallel angeordneten Verdichtern ausgeführt ist, die so ausgelegt sind, daß im Gasbetrieb nur einer der Verdichter in

Betrieb ist, wobei dieser Verdichter Drosselluft liefert und der Kältekreislauf nicht mit Luft beaufschlagt ist, während im Betrieb mit Erzeugung von Druckprodukt und Flüssigprodukt mindestens zwei parallel angeordnete Verdichter in Betrieb sind und zusätzlich zum Liefern von Drosselluft auch der Kältekreislauf mit Luft beaufschlagt ist. Eine solche Verdichterstation besitzt mehrere Vorteile. Für den Gasbetrieb wird ein Verdichter an seinem energetisch günstigsten Betriebspunkt, bei zusätzlicher Erzeugung von Flüssigprodukt werden mehrere, beispielsweise zwei Verdichter nahe ihrem optimalen Betriebspunkt eingesetzt. Mit mehreren Verdichtern wird außerdem gleichzeitig eine Maschinenredundanz geschaffen, die die Versorgungssicherheit im Gasbetrieb entsprechend erhöht. Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß mit einem Verdichter, als Kreislaufverdichter betrieben, auch energetisch günstig Flüssigprodukt erzeugt werden kann und daß dieser Flüssigbetrieb durch die Maschinenredundanz ebenfalls mit hoher Versorgungssicherheit ermöglicht wird.

[0014] Die Kälteturbine im Leitungsstrang des Kältekreislaufs kann als Turbinen/Generator-Einheit ausgebildet sein. Die in der Kälteturbine gewonnene Energie wird in das örtliche Stromnetz eingespeist.

[0015] Die Kälteturbine im Leitungsstrang des Kältekreislaufs kann als Turbinen/Booster-Einheit ausgebildet sein, wobei der Booster im Leitungsstrang des Kältekreislaufs als Nachverdichter von Luft aus der Verdichterstation geschaltet ist. Die in der Kälteturbine gewonnene Energie wird, beispielsweise über eine gemeinsame Welle mit einem Booster zum Antrieb dieses Boosters verwendet.

[0016] Im Leitungsstrang für die Drosselluft kann ein Nachverdichter für Luft aus der Verdichterstation angeordnet sein.

[0017] Eine vorteilhafte Anwendung erfährt das Verfahren und die Vorrichtung gemäß Erfindung in einer Luftzerlegungsanlage zur Belieferung eines Stahlwerks mit Stickstoff und Sauerstoff.

[0018] Energetisch günstig kann mit hoher Versorgungssicherheit dem wechselnden Bedarf des Stahlwerks an gasförmigem Druckprodukt Rechnung getragen werden. Die Erfindung sowie weitere Ausgestaltungen der Erfindung werden im folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0019] Hierbei zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Dreisäulen-Rektifikation und Turbinen/Generator-Einheit,

Figur 2 eine Ausführung mit Dreisäulen-Rektifikation, Turbinen/Booster-Einheit und Drosselluft-Nachverdichtung,

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Zweisäulen-Rektifikation und Turbinen/Generator-Einheit und

Figur 4 eine Ausführung mit Zweisäulen-Rektifikation, Turbinen/Booster-Einheit und Drosselluft-Nachverdichtung.

Figur 1

[0020] In Figur 1 wird zu zerlegende Luft bei 1 angesaugt und in einem Luftverdichter 30 auf einen ersten Druck im wesentlichen Mitteldrucksäulendruck (plus Leitungsverluste) verdichtet, in einer Kühleinrichtung 31 in direktem Kontakt mit Wasser vorgekühlt und in einer Reinigungseinrichtung (Molsiebanlage) 32 insbesondere von Wasser und Kohlendioxid befreit.

[0021] Die gereinigte Luft wird in drei Teilströme aufgeteilt, von denen der erste ohne weitere druckerhöhende Maßnahmen über Leitung 103, durch einen Hauptwärmetauscher 2 und über Leitung 104 in eine Mitteldrucksäule 6 eingeführt wird. Die Mitteldrucksäule 6 wird - entsprechend der jeweiligen Produktspezifikation und den Druckverlusten - unter einem Druck von 2 bis 4 bar, vorzugsweise etwa 2,5 bis 3,5 bar betrieben.

[0022] Der zweite Teilstrom der gereinigten Luft wird in einem Nachverdichter 202 auf im wesentlichen Drucksäulendruck (plus Leitungsverluste) verdichtet, im Hauptwärmetauscher 2 in indirektem Wärmeaustausch mit kalten Verfahrensströmen auf Taupunkttemperatur abgekühlt und in den Sumpf einer Drucksäule 7 eingeführt (siehe Positionen 201, 202, 203, 204 und 7). Die Drucksäule 7 wird bei einem Arbeitsdruck von 5 bis 10 bar, vorzugsweise 5,5 bis 6,5 bar betrieben und ist über einen Hauptkondensator 3 mit einer Niederdrucksäule 5 thermisch gekoppelt. Letztere arbeitet bei einem Druck von 1,1 bis 2,0 bar vorzugsweise 1,3 bis 1,7 bar. Der Luftnachverdichter 202 kann von derselben Motorwelle angetrieben werden wie der Luftverdichter 30.

[0023] Der dritte Teilstrom wird über eine Leitung 301 einer Verdichterstation 305 für Turbinenluft (306, 307, 308) in eine Turbine 309 und/oder für Rektifikationsluft (313, 314, 315) zugeführt, wobei der Ansaugdruck 303 mit Hilfe einer Drosselvorrichtung 302 vermindert werden kann insbesondere bei Unterlastbetrieb.

[0024] Die Luft des dritten Teilstroms wird in der Verdichterstation 305 von etwa Mitteldrucksäulendruck auf einen Druck komprimiert, der einer Luft-Kondensationstemperatur entspricht, die mindestens etwa gleich der Verdampfungstemperatur des flüssigen Drucksauerstoffs 17 ist. Alternativ kann der dritte Teilstrom der gereinigten Luft auch an der Druckseite des Luftnachverdichters 202 abgezweigt werden, wenn gleichzeitig Luft (312) aus der Entspannungsturbine 309 in die Drucksäule 7 eingespeist wird. Der Ansaugdruck der Verdichterstation 305 entspricht dann dem Drucksäulendruck der Drucksäule 7.

lendruck.

[0025] Ein erster Teil 307 der hochverdichteten Luft 306 wird bei einer Temperatur 308, die zwischen den Temperaturen am warmen und am kalten Ende des Hauptwärmetauschers 2 liegt, der Entspannungsturbine 309 zugeleitet und dort auf etwa Mitteldrucksäulendruck arbeitsleistend entspannt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Turbinenleistung durch einen Bremsgenerator an das Werksnetz übertragen. Der entspannte Turbinenaustrittsstrom wird teils durch den Hauptwärmetauscher 2 über die Leitungen 310, 311 und 304 auf die Saugseite der Verdichterstation 305 zurückgeführt, teils über Leitung 312 in den Sumpf der Mitteldrucksäule 6 eingespeist.

[0026] Ein zweiter Teil 313 der hochverdichteten Luft 306 wird gegen den verdampfenden Drucksauerstoff 17 mindestens teilweise, vorzugsweise vollständig oder im wesentlichen vollständig verflüssigt, zu einem Teil 314 oberhalb vom Sumpf in die Niederdrucksäule 5 und zu einem anderen Teil 315 in den Sumpf der Drucksäule 7 entspannt.

[0027] Sumpfflüssigkeit 70 und Waschstickstoff 74 vom Kopf der Drucksäule 7 werden in einem Unterkühlungsgegenströmer 4 gegen einen Restgasstrom 50 der Niederdrucksäule 5 unterkühlt und jeweils in die Niederdrucksäule 5 und / oder in die Mitteldrucksäule entspannt (Leitungen 71, 72, 73, 75, 76 und 77). Sumpfflüssigkeit 60 und Waschstickstoff 61 aus der Mitteldrucksäule werden ebenfalls im Unterkühlungsgegenströmer 4 gegen den Restgasstrom 50 unterkühlt (in Figur 1 nicht dargestellt) oder die Sumpfflüssigkeit 60 direkt in den Kopfkondensator 10 der Mitteldrucksäule und der Waschstickstoff 61 auf den Kopf der Niederdrucksäule 5 aufgegeben. Ein Restgasstrom 51 und Produkte aus dem Rektifikationsabschnitt, im Beispiel GOX und DGOX werden im Hauptwärmetauscher 2 etwa auf Umgebungstemperatur angewärmt (Leitungen 51, 52, 54, 55, 17 und 18). Der Restgasstrom 52 kann vollständig oder teilweise als Strom 53 zur Regenerierung der Molekularsiebstation 32 eingesetzt werden.

[0028] Flüssiger Sauerstoff 15 wird dem Sumpf der Niederdrucksäule entnommen, je nach Produktspezifikation mit Hilfe einer Sauerstoffpumpe 16 auf den geforderten Abgabedruck komprimiert oder vollständig oder teilweise in einen Wechselspeichertank 80 eingefüllt. Flüssiger Stickstoff 78 wird vom Kopf der Niederdrucksäule 5 abgezogen oder von einer der Waschstickstoffleitungen 75 bzw. 61 abgezweigt und ebenfalls innenverdichtet (in Figur 1 nicht dargestellt) oder in einen Wechselspeichertank 79 eingespeist.

[0029] Zur Erhöhung der Flexibilität der Fahrweise und der Verfügbarkeit der Druckprodukte, im Beispiel des DGOX besteht die Verdichterstation 305 aus mindestens zwei parallel geschalteten Verdichtern. Hierdurch wird es möglich, die Wechselspeicheranlage auch als reinen Gaseapparat zu betreiben, d.h. ohne Flüssigproduktion weiterhin den innenverdichteten Drucksauerstoff (DGOX) zu erzeugen. Im Fall von zwei Verdichtern wird einer der beiden Verdichter der Verdichterstation 305 außer Betrieb genommen und der zweite Verdichter übernimmt die Aufgabe, den innenverdichteten Drucksauerstoff 17 zu verdampfen. Somit besteht die Verdichterstation 305 erfindungsgemäß aus zwei Verdichtern mit jeweils unterschiedlicher Funktion, von denen der eine zur Erzeugung der Kälte für die Flüssigproduktion und der andere zur Verdampfung des innenverdichteten Drucksauerstoffs herangezogen wird.

[0030] Die Wechselspeichertanks 79 und 80 dienen im Beispiel einer zeitlich begrenzten Überproduktion von DGOX, der Entnahme von LOX und LIN als Verkaufsprodukte, als Notversorgungstanks, als Wechselspeicherung der LOX- und LIN-Kälteinhalte und als Kälteversorgung bei abgeschaltetem Kältekreislauf. Die in Figur 1 angegebene Verdichterstation kann ein- oder mehrstufige Maschinen mit Zwischen- und / oder Nachkühlung enthalten.

Figur 2

[0031] In Abweichung zum Ausführungsbeispiel in Figur 1 wird die Arbeitsleistung der Entspannungsturbine 309 in der vorliegenden Ausführung an einen Booster übertragen. Außerdem wird der Luftdrosselstrom 313 vor seiner Abkühlung im Hauptwärmetauscher 2 und anschließender isenthalper Entspannung in die Doppelsäule 5, 7 auf einen Druck komprimiert, der mindestens so groß ist wie der Enddruck der Verdichterstation 305 des Ausführungsbeispiels in Figur 1.

Figur 3

[0032] In Figur 3 wird zu zerlegende Luft bei 1 angesaugt und in einem Luftverdichter 30 auf einen ersten Druck im wesentlichen Mitteldrucksäulendruck (plus Leitungsverluste) verdichtet, in einer Kühleinrichtung 31 in direktem Kontakt mit Wasser vorgekühlt und in einer Reinigungseinrichtung (Molsiebanlage) 32 insbesondere von Wasser und Kohlendioxid befreit.

[0033] Die gereinigte Luft wird in drei Teilströme aufgeteilt, von denen der erste ohne weitere druckerhöhende Maßnahmen über Leitung 103, durch Hauptwärmetauscher 2 und über Leitung 104 in eine Mitteldrucksäule 6 eingeführt werden kann. Die Mitteldrucksäule 6 wird - entsprechend der jeweiligen Produktspezifikation und den Druckverlusten - unter einem Druck von 2 bis 4 bar, vorzugsweise etwa 2,5 bis 3,5 bar betrieben.

[0034] Der zweite Teilstrom der gereinigten Luft wird in einem Nachverdichter 202 auf einen Druck verdichtet, der einer Luft-Kondensationstemperatur entspricht, die mindestens etwa gleich der Verdampfungstemperatur eines flüssigen Niederdrucksauerstoffs 15 ist, im Hauptwärmetauscher 2 in indirektem Wärmeaustausch mit kalten Verfahrens-

strömen abgekühlt und in einen Sumpfkondensator 3 der Niederdrucksäule 5 eingeführt (siehe Positionen 201, 202, 203, 2, 204 und 3).

[0035] Letztere arbeitet bei einem Druck von 1,1 bis 2,0 bar vorzugsweise 1,3 bis 1,7 bar. Der Luftnachverdichter 202 kann von derselben Motorwelle angetrieben werden wie der Luftverdichter 30.

[0036] Bei hohen Sauerstoffreinheiten (größer 99,5 %) geht der gezeigte Zweisäulenapparat im Grenzfall über in den normalen Doppelsäulenapparat (siehe z.B. Patentschrift DE 195 26 785 C1). Der zweite Teilstrom geht dann gegen Null und die Niederdrucksäulenanstiche der Ströme 62 und 63 verschieben sich in Richtung Sumpf der Niederdrucksäule 5, so daß der Kopfkondensator 10 zum Hauptkondensator der Doppelsäule wird und sich der Druck der Mitteldrucksäule entsprechend der thermischen Kopplung erhöht

[0037] Der dritte Teilstrom wird über eine Leitung 301 einer Verdichterstation 305 für Turbinenluft (306, 307, 308) in eine Turbine 309 und/oder für Rektifikationsluft (313, 314, 315) zugeführt, wobei deren Ansaugdruck 303 mit Hilfe einer Drosselvorrichtung 302 vermindert werden kann insbesondere bei Unterlastbetrieb. Die Luft des dritten Teilstromes wird in der Verdichterstation 305 von etwa Mitteldrucksäulendruck auf einen Druck komprimiert, der einer Luft-Kondensationstemperatur entspricht, die mindestens etwa gleich der Verdampfungstemperatur des flüssigen Drucksauerstoffs 17 ist.

[0038] Ein erster Teilstrom 307 der hochverdichteten Luft 306 wird über Leitung 308 bei einer Temperatur, die zwischen den Temperaturen am warmen und am kalten Ende des Hauptwärmetauschers 2 liegt, der Entspannungsturbine 309 zugeleitet und dort auf etwa Mitteldrucksäulendruck arbeitsleistend entspannt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Turbinenleistung durch einen Bremsgenerator an das Werknetz übertragen. Der entspannte Turbinenaustrittsstrom wird teils durch den Hauptwärmetauscher 2 über die Leitungen 310, 311 und 304 auf die Saugseite der Verdichterstation 305 zurückgeführt, teils über Leitung 312 in den Sumpf der Mitteldrucksäule 6 eingespeist

[0039] Ein zweiter Teilstrom 313 der hochverdichteten Luft 306 wird gegen den verdampfenden Drucksauerstoff 17 mindestens teilweise, vorzugsweise vollständig oder im wesentlichen vollständig verflüssigt, zu einem Teil 314 oberhalb vom Sumpf in die Niederdrucksäule 5 und zu einem anderen Teil 315 in den Sumpf der Mitteldrucksäule 6 entspannt.

[0040] Sumpfflüssigkeit 60 und Waschstickstoff 61 vom Kopfkondensator 10 der Mitteldrucksäule 6 werden in einem Unterkühlungsgegenströmer 4 gegen einen Restgasstrom 50 der Niederdrucksäule 5 unterkühlt und jeweils in diese entspannt (Leitungen 71, 75 und 76). Ein Restgasstrom 51 und Produkte aus dem Rektifikationsabschnitt, im Beispiel DGOX werden im Hauptwärmetauscher 2 etwa auf Umgebungstemperatur angewärmt (Leitungen 51, 52, 17 und 18). Der Restgasstrom 52 kann vollständig oder teilweise zur Regenerierung 53 der Molekularsiebstation 32 eingesetzt werden.

[0041] Flüssiger Sauerstoff 15 wird dem Sumpf der Niederdrucksäule entnommen, je nach Produktspezifikation mit Hilfe einer Sauerstoffpumpe 16 auf den geforderten Abgabedruck komprimiert oder vollständig oder teilweise in einen Wechselspeichertank 80 eingefüllt. Flüssiger Stickstoff 78 wird vom Kopf der Niederdrucksäule 5 abgezogen oder von der Waschstickstoffleitung 61 abgezweigt und ebenfalls innenverdichtet (in Figur 1 nicht dargestellt) oder in den Wechselspeichertank 79 eingespeist.

[0042] Zur Erhöhung der Flexibilität der Fahrweise und der Verfügbarkeit der Druckprodukte, im Beispiel des DGOX besteht die Verdichterstation 305 aus mindestens zwei parallel geschalteten Verdichtern. Hierdurch wird es möglich, die Wechselspeicheranlage auch als reinen Gaseapparat zu betreiben, d.h. ohne Flüssigproduktion weiterhin den innenverdichteten Drucksauerstoff (DGOX) zu erzeugen. Im Fall von zwei Verdichtern wird einer der beiden Verdichter der Verdichterstation 305 außer Betrieb genommen und der zweite Verdichter übernimmt die Aufgabe, den innenverdichteten Drucksauerstoff 17 zu verdampfen. Somit besteht die Verdichterstation 305 erfindungsgemäß aus zwei Verdichtern mit jeweils unterschiedlicher Funktion, von denen der eine zur Erzeugung der Kälte für die Flüssigproduktion und der andere zur Verdampfung des innenverdichteten Drucksauerstoffs herangezogen wird.

[0043] Die Wechselspeichertanks 79 und 80 dienen im Beispiel einer zeitlich begrenzten Überproduktion von DGOX, der Entnahme von LOX und LIN als Verkaufsprodukte, als Notversorgungstanks, als Wechselspeicherung der LOX- und LIN-Kälteinhalte und als Kälteversorgung bei abgeschaltetem Kältekreislauf. Die in Figur 3 angegebene Verdichterstation kann ein- oder mehrstufige Maschinen mit Zwischen- und / oder Nachkühlung enthalten.

Figur 4

[0044] In Abweichung zum Ausführungsbeispiel 3 wird die Arbeitsleistung der Entspannungsturbine 309 in der vorliegenden Ausführung an einen Booster übertragen. Außerdem wird der Luftdrosselstrom 313 vor seiner Abkühlung im Hauptwärmetauscher 2 und anschließender isenthalper Entspannung in die Säulen 5 und 6 auf einen Druck komprimiert, der mindestens so groß ist wie der Enddruck der Verdichterstation 305 des Ausführungsbeispiel in Figur 3.

Beispiel:

[0045] Für die Belieferung eines Stahlwerks werden stark schwankende Mengen DGOX und Druckstickstoff

(DRGAN) benötigt. Für die Belieferung des Gasmarktes sollen zusätzlich die Flüssigprodukte LOX, LIN und Flüssigargon (LAR) produziert werden, um die Wirtschaftlichkeit der Produktionsanlage zu erhöhen. Die Investitionsentscheidung wird zugunsten einer Anlage mit Turbinen/Booster-Einheit und Doppelsäulenrektifikation gefällt, weil keine Energie ins örtliche Stromnetz eingespeist werden darf und weil eine hohe Sauerstoffreinheit gefordert wird. Bis auf die nicht dargestellte Argongewinnung entspricht dies einer Anlage, wie sie in Figur 4 dargestellt ist. Die Tabelle zeigt für vier Hauptbetriebsarten A1, A2, A3 und A4 der Anlage die Produktströme, die Wechselspeicherströme, für die (Kreislauf- und Drosselluft-) Verdichterstation die Anzahl der im Betrieb befindlichen Kompressoren, die Luftströme und den Energiebedarf der Anlage. Alle Gas- und Flüssigkeitsströme sind in m³/h angegeben, wobei jeweils m³/h im Normalzustand bei 1atm und 273 K gemeint sind. Die Betriebsfälle A1, A2 und A3 zeichnen sich dadurch aus, daß beide Kompressoren der Verdichterstation in Betrieb sind und einen Turbinenstrom und einen Drosselstrom liefern.

[0046] Im Betriebsfall A1 werden zusätzlich zur Flüssigproduktion 10.000 m³/h DGOX erzeugt. Für eine Belieferung des Stahlwerks mit 13.000 m³/h DGOX wie in Betriebsfall A2 werden zusätzlich 3000 m³/h als LOX einem LOX-Tank flüssig entnommen und innenverdichtet als DGOX abgegeben. Der Kälteinhalt des LOX wird genutzt und reicht aus, um den LIN Tank mit 2.800 m³/h zu füllen. Im Betriebsfall A3 werden nur 7.000 m³/h DGOX an das Stahlwerk abgegeben. Der beispielsweise im Betriebsfall A2 entleerte LOX-Tank wird mit 3000 m³/h LOX wieder befüllt. Die hierzu benötigte Kälte wird mit LIN aus dem vom Betriebsfall A2 her gefüllten LIN-Tank zugeführt.

[0047] Im Betriebsfall A4 ist in der Verdichterstation nur ein Kompressor in Betrieb. Er liefert den Drosselstrom, Flüssigkeit wird nicht erzeugt. Selbst für die im Stahlwerk maximal benötigte DGOX Menge von 13.000 m³/h ist die hierfür benötigte Kälteleistung um eine Größenanordnung kleiner als in den Betriebsfällen A1, A2 und A3, der äquivalent benötigte Turbinenstrom müßte nur 4000 m³/h betragen. Der Kältekreislauf der Anlage wird deshalb günstig durch Flüssigkeit aus den Tanks gedeckt und der Turbinenstrom abgeschaltet. Andere Betriebsfälle sind denkbar. Die genannten Betriebsfälle zeichnen sich dadurch besonders aus, daß alle betrieblichen Anforderungen energetisch günstig erfüllt werden, weil die Maschinen in ihrem Auslegungspunkt bei etwa 100 % Leistung betrieben werden. Der Stromverbrauch der Anlage ist in der überwiegenden Zeit nahezu konstant. Deshalb kann bei den Elektroversorgungsunternehmen ein günstiger Stromtarif erzielt werden.

Tabelle

Betriebsfall		A1	A2	A3	A4
Eintrittsluft	m ³ /h	65.000	65.000	65.000	65.000
Produkte					
DGOX	m ³ /h	10.000	13.000	7.000	13.000
LOX	m ³ /h	3.000	3.000	3.000	-
LIN	m ³ /h	4.000	3.000	4.300	-
DRGAN	m ³ /h	2.000	2.000	2.000	2.000
LAR	m ³ /h	430	430	430	430
Wechselspeicherströme					
LOX zum Tank	m ³ /h	-	-	3.000	-
LIN zum Tank	m ³ /h	-	2.800	-	-
LOX vom Tank	m ³ /h	-	3.000	-	-
LIN vom Tank	m ³ /h	-	-	2.800	-
Verdichterstation					
Anzahl der betriebenen Kompressoren	m ³ /h	2	2	2	1
Turbinenstrom	m ³ /h	51.000	43.500	57.000	4.000
Drosselstrom	m ³ /h	21.000	23.000	17.000	23.000
Stromverbrauch	kW	11.000	11.000	11.000	7.700

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von gasförmigem Druckprodukt durch Tieftemperaturzerlegung von Luft, das zeitweise in einem Gasbetrieb und zeitweise in einem kombinierten Betrieb betrieben wird, wobei im Gasbetrieb und im kombinierten Betrieb

- gereinigte Einsatzluft unter Überdruck abgekühlt, teilweise verflüssigt und zur Gewinnung gasförmiger und flüssiger Fraktionen einer Rektifikation unterzogen wird,

- tiefkalte Flüssigkeit mindestens einer der flüssigen Fraktionen aus der Rektifikation unter erhöhtem Druck durch indirekten Wärmeaustausch mit Einsatzluft verdampft, angewärmt und als gasförmiges Druckprodukt gewonnen wird,

wobei im kombinierten Betrieb gasförmiges Druckprodukt und Flüssigprodukt gewonnen werden und

- die hierzu benötigte Kälte in einem Luft-Kältekreislauf erzeugt wird, indem Luft in dem Kältekreislauf verdichtet und arbeitsleistend entspannt wird, der Luft hierbei Wärme entzogen wird und die arbeitsleistend entspannte Luft mindestens zum Teil im Gegenstrom mit der abzukühlenden Einsatzluft wieder angewärmt und dann rückverdichtet wird,

- tiefkalte Flüssigkeit durch Rektifikation erzeugt und mindestens zum Teil gespeichert wird,

und wobei beim Gasbetrieb der Luftdurchsatz im Kältekreislauf auf Null reduziert wird und zu einer Kompensation von Kälteverlusten, die nicht mehr durch den Kältekreislauf gedeckt werden, tiefkalte gespeicherte Flüssigkeit verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** tiefkalte Flüssigkeit mindestens einer flüssigen Fraktion aus der Rektifikation, beispielsweise Flüssigstickstoff (LIN), Flüssigsauerstoff (LOX) oder flüssige Luft, zur Kompensation von Kälteverlusten im Gasbetrieb in einem Tank zwischengespeichert wird, wobei als Tank zum Speichern dieser Fraktionen Pufferbehälter und/oder Produkttanks verwendet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zeitweise unter Verwendung mindestens zweier Tanks eine Wechselspeicherung vorgenommen wird, wobei einerseits bei erhöhtem Drucksauerstoff (DGOX)-Bedarf zusätzlich zum LOX aus der Rektifikation aus dem einen Tank zwischengespeichertes LOX entnommen, verdichtet, im Gegenstrom verdampft und angewärmt und dann als DGOX-Produkt abgegeben wird und hierbei im Gegenstrom Kälte zurückgewonnen und zur Erzeugung und Zwischenspeicherung von LIN-Produkt verwendet wird, wobei andererseits bei niedrigen DGOX Bedarf entsprechend wenig LOX aus dem Rektifiziersystem als DGOX abgeben und dafür mehr LOX zwischengespeichert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Zweisäulenverfahren eingesetzt wird, wobei eine Kopfkühlung der Drucksäule mit einer Zwischenflüssigkeit aus einer Niederdrucksäule bewerkstelligt und eine Sumpfheizung der Niederdrucksäule durch indirekten Wärmeaustausch mit Luft vorgenommen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Rektifiziersystem ein Dreisäulenverfahren eingesetzt wird, wobei eine Doppelsäule mit einem Hochdruckteil und einem Niederdruckteil und eine Zusatzsäule unter Zwischendruck eingesetzt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Einsatzluft, die in indirekten Wärmeaustausch mit der verdampfenden tiefkalten Flüssigkeit, aus der das gasförmige Druckprodukt gewonnen wird, gebracht wird, Luft aus dem Kältekreislauf stromabwärts der Verdichtung verwendet wird oder solche, die stromabwärts der Verdichtung nachverdichtet wurde.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die arbeitsleistende Entspannung in mindestens einer Kälteturbine erfolgt, wobei die Leistung an der Welle einer solchen Turbine zum Antrieb entweder eines stromerzeugenden Generators oder eines Boosters verwendet wird, wobei der Booster beispielsweise zum Nachverdichten der Luft im Kältekreislauf eingesetzt wird.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit

- einem Hauptverdichter für Einsatzluft, wobei der Austrittsdruck des Hauptluftverdichters auch Arbeitsdruck einer folgenden Reinigungseinheit ist,
- einer Reinfluftleitung aus der Reinigungseinheit zu einer Verdichterstation für die Luft im Kältekreislauf und für die Luft zur Rektifikation
- und einer druckseitigen Leitung aus der Verdichterstation, die einerseits in einen Leitungsstrang des Kältekreislaufs mit mindestens einer Kälteturbine mündet und andererseits in eine Abzweigung für Drosselluft zu den Säulen,

und wobei die Verdichterstation mit mindestens zwei parallel angeordneten Verdichtern ausgeführt ist, die so ausgelegt sind, daß im Gasbetrieb nur einer der Verdichter im Betrieb ist, wobei dieser Verdichter Drosselluft liefert und der Kältekreislauf nicht mit Luft beaufschlagt ist, während im kombinierten Betrieb mit Erzeugung von Druckprodukt und Flüssigprodukt mindestens zwei parallel angeordnete Verdichter in Betrieb sind und zusätzlich zum Liefem von Drosselluft auch der Kältekreislauf mit Luft beaufschlagt ist und daß die Vorrichtung Mittel zum Speichern von Flüssigprodukt aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kälteturbine im Leitungsstrang des Kältekreislaufs als Turbinen/Generator-Einheit ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kälteturbine im Leitungsgang des Kältekreislaufs als Turbinen/Booster-Einheit ausgebildet ist, wobei der Booster im Leitungsstrang des Kältekreislaufs als Nachverdichter von Luft aus der Verdichterstation geschaltet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** im Leitungsstrang für die Drosselluft ein Nachverdichter für Luft aus der Verdichterstation angeordnet ist.

12. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11 in einer Luftzerlegungsanlage zur Belieferung eines Stahlwerks mit Stickstoff und Sauerstoff.

Claims

1. Process for producing gaseous pressurized product by low-temperature fractionation of air which is operated at times in a gas mode and at times in a combined mode, in which process, in the gas mode and in the combined mode

- cleaned charge air is cooled under excess pressure, is partially liquefied and is subjected to rectification in order to obtain gaseous and liquid fractions,
- cryogenic liquid from at least one of the liquid fractions from the rectification is evaporated under elevated pressure by indirect heat exchange with charge air, is heated and is obtained as gaseous pressurized product,

in which process, in combined mode, gaseous pressurized product and liquid product are obtained, and

- the refrigeration required to achieve this is generated in an air refrigeration circuit as a result of air being compressed in the refrigeration circuit and expanded in a work-performing manner, in the process heat is extracted from the air, and the air which has undergone work-performing expansion is at least in part heated again in countercurrent with the charge air which is to be cooled and is then recompressed,
- cryogenic liquid is produced by rectification and is at least partially stored,

and in which process in gas mode the air throughput in the refrigeration circuit is reduced to zero, and cryogenic stored liquid is used to compensate for refrigeration losses which are no longer covered by the refrigeration circuit.

2. Process according to Claim 1, **characterized in that** cryogenic liquid from at least one liquid fraction from the

rectification, for example liquid nitrogen (LIN), liquid oxygen (LOX) or liquid air, is temporarily stored in a tank in order to compensate for refrigeration losses in gas mode, buffer vessels and/or product tanks being used as the tank for storing these fractions.

5 3. Process according to Claim 1, **characterized in that** from time to time, using at least two tanks, alternating storage is carried out, in which, on the one hand, when there is a high demand for pressurized oxygen (DGOX), in addition to the LOX from the rectification, temporarily stored LOX is removed from one tank, compressed, evaporated in countercurrent and heated, and is then released as DGOX product, and in the process, in countercurrent, refrigeration is recovered and used to produce and temporarily store LIN product, and in which, on the other hand, when
10 there is a low DGOX demand, correspondingly small amounts of LOX are released from the rectification system as DGOX, and correspondingly more LOX is temporarily stored.

4. Process according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** a two-column process is used, in which top cooling of the pressure column is effected using an intermediate liquid from a low-pressure column, and bottom heating of the low-pressure column is carried out by indirect heat exchange with air.
15

5. Process according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** a three-column process is used as the rectification system, using a double column with a high-pressure part and a low-pressure part and an additional column under intermediate pressure.
20

6. Process according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** air from the refrigeration circuit downstream of the compression or air which has been recompressed downstream of the compression is used as charge air which is brought into indirect heat exchange with the evaporating cryogenic liquid from which the gaseous pressure product is obtained.
25

7. Process according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the work-performing expansion takes place in at least one refrigeration turbine, the output at the shaft of a turbine of this type being used to drive either a current-generating generator or a booster, the booster being used, for example, for recompression of the air in the refrigeration circuit.
30

8. Apparatus for carrying out the process according to one of Claims 1 to 7, having

- a main compressor for charge air, the exit pressure of the main air compressor also being the working pressure of a subsequent cleaning unit,
35
- a clean-air line leading from the cleaning unit to a compressor station for the air in the refrigeration circuit and for the air for rectification,
- and a pressure-side line from the compressor station which on one side opens out into a system of lines of the refrigeration circuit with at least one refrigeration turbine and on the other side opens out into a branch for passing throttled air to the columns,
40

and in which apparatus the compressor station is designed with at least two compressors which are arranged in parallel and are designed in such a way that, in gas mode, only one of the compressors is operating, this compressor supplying throttled air, and the refrigeration circuit is not exposed to air, while in combined mode with production of pressurized product and liquid product, at least two compressors which are arranged in parallel are operating and, in addition, in order to supply throttled air, the refrigeration circuit is also acted on by air, and that the apparatus has means for storing liquid product.
45

9. Apparatus according to Claim 8, **characterized in that** the refrigeration turbine in the system of lines of the refrigeration circuit is designed as a turbine/generator unit.
50

10. Apparatus according to Claim 8, **characterized in that** the refrigeration turbine in the line section of the refrigeration circuit is designed as a turbine/booster unit, the booster in the system of lines of the refrigeration circuit being connected as a recompressor for air from the compressor station.
55

11. Apparatus according to Claim 8 or 9, **characterized in that** a recompressor for air from the compressor station is arranged in the system of lines for the throttled air.

12. Use of the process according to one of Claims 1 to 7 and of the apparatus according to one of Claims 8 to 11 in an air fractionation installation for supplying a steelworks with nitrogen and oxygen.

Revendications

1. Procédé en vue de la production d'un produit comprimé gazeux par fractionnement à basse température d'air, qui est exploité par moments dans un fonctionnement à gaz et par moments dans un fonctionnement combiné, étant donné que, dans le fonctionnement à gaz et dans le fonctionnement combiné,

- de l'air de charge purifié est refroidi sous surpression, partiellement liquéfié et soumis, en vue de l'extraction de fractions gazeuses et liquides, à une rectification,
- du liquide réfrigéré d'au moins une des fractions liquides provenant de la rectification sous pression élevée est évaporé par échange thermique indirect avec l'air de charge, est échauffé et est obtenu en tant que produit comprimé gazeux,

étant donné que, dans le fonctionnement combiné, du produit comprimé gazeux et du produit liquide sont obtenus et

- que le froid requis à cet effet est produit dans un cycle frigorifique d'air, dans lequel l'air est comprimé dans le cycle frigorifique et est détendu en fournissant du travail, de la chaleur étant retirée ce faisant de l'air, et l'air détendu en fournissant du travail étant à nouveau réchauffé, au moins en partie à contre-courant de l'air de charge à refroidir et étant alors à nouveau comprimé en retour,
- que le liquide réfrigéré est produit par rectification et est au moins stocké en partie,

et étant donné que, au cours du fonctionnement à gaz, le débit d'air dans le cycle frigorifique est réduit à zéro et que du liquide stocké réfrigéré est utilisé pour compenser les pertes de froid, qui ne peuvent plus être couvertes par le cycle frigorifique.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le liquide réfrigéré d'au moins une fraction liquide provenant de la rectification, par exemple, l'azote liquide (LIN), l'oxygène liquide (LOX) ou l'air liquide, est stocké de manière intermédiaire dans un réservoir en vue de la compensation des pertes de froid dans le fonctionnement à gaz, des récipients tampon et/ou les réservoirs de produit étant utilisés en tant que réservoir en vue du stockage de ces fractions.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on effectue par moments, par utilisation d'au moins deux réservoirs, un stockage alternant, étant donné que, d'une part, dans le cas d'une demande en oxygène comprimé accrue (DGOX), en plus du LOX provenant de la rectification, du LOX stocké de manière intermédiaire dans un réservoir est prélevé, comprimé, évaporé à contre-courant et échauffé et alors fourni en tant que produit DGOX et que, de ce fait, en contre courant, du froid est récupéré et est utilisé en vue de la production et du stockage intermédiaire de produit LIN, étant donné que, d'autre part, en cas de demande affaiblie de DGOX, suffisamment peu de LOX est extrait en tant que DGOX du système de rectification et qu'à titre de compensation, plus de LOX est stocké de manière intermédiaire.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on utilise un procédé à deux colonnes, un refroidissement de tête de la colonne sous pression étant réalisé à l'aide d'un liquide intermédiaire provenant d'une colonne basse pression et un chauffage du puits de la colonne basse pression étant effectué par échange thermique indirect avec l'air.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on utilise, en tant que système de rectification, un procédé à trois colonnes, une colonne double ayant une section haute pression et une section basse pression et une colonne auxiliaire sous une pression intermédiaire étant utilisées.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'en** tant qu'air de charge, qui est amené en échange thermique indirect avec le liquide réfrigéré qui s'évapore, à partir duquel l'on extrait le produit comprimé gazeux, l'on utilise l'air en provenance du cycle frigorifique en aval de la compression ou de l'air qui a

subi une post-compression en aval de la compression.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la détente fournissant du travail se fait dans au moins une turbine à expansion, la puissance sur l'arbre d'une turbine de ce genre étant utilisée en vue de l'entraînement d'un générateur produisant du courant ou d'un booster, le booster étant utilisé par exemple, en vue de la post-compression de l'air dans le cycle frigorifique.

8. Dispositif en vue de l'exécution du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, ayant

- un compresseur principal pour l'air de charge, la pression de sortie du compresseur d'air principal étant aussi la pression de travail d'une unité de purification subséquente,
- un conduit d'air pur en provenance de l'unité de purification allant vers un poste de compression pour l'air dans le cycle frigorifique et pour l'air pour la rectification,
- et un conduit sous pression en provenance du poste de compression, qui débouche, d'une part, dans une tubulure de conduits du cycle frigorifique avec au moins une turbine à expansion et, d'autre part, dans une dérivation pour l'air d'étranglement vers les colonnes,

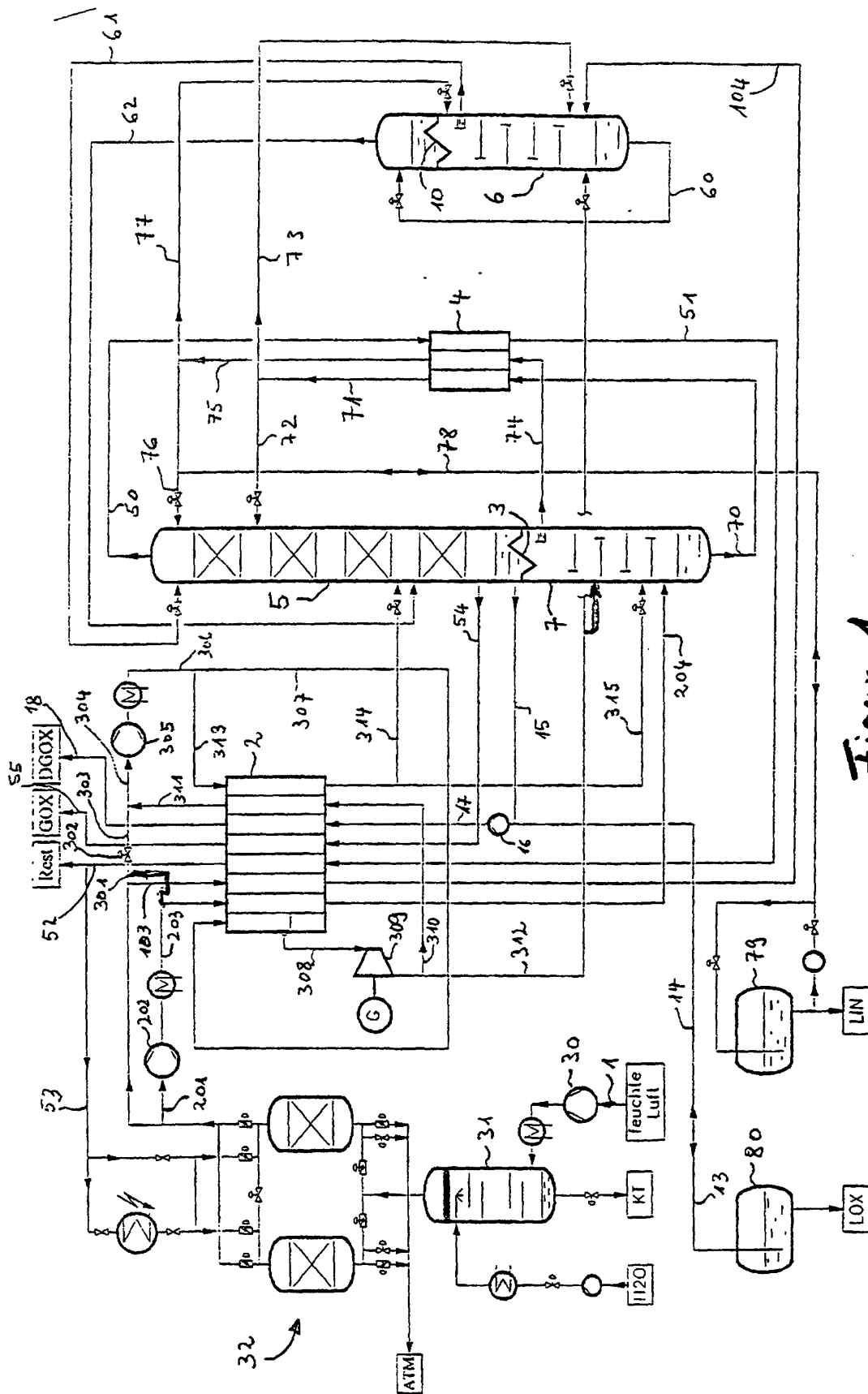
et le poste de compression étant exécuté avec au moins deux compresseurs disposés en parallèle, lesquels sont arrangés de telle sorte qu'en cas de fonctionnement à gaz un seul des compresseurs est en fonctionnement, ce compresseur livrant l'air d'étranglement et le cycle frigorifique n'étant pas alimenté en air, alors qu'en cas de fonctionnement combiné, avec la production de produit comprimé et de produit liquide, au moins deux compresseurs disposés en parallèle sont en fonctionnement et qu'en outre, pour fournir l'air d'étranglement, le cycle frigorifique est également alimenté en air et que le dispositif présente des moyens en vue du stockage de produit liquide.

9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la turbine à expansion est construite dans le passage de conduits du cycle frigorifique en tant qu'unité turbines/générateur.

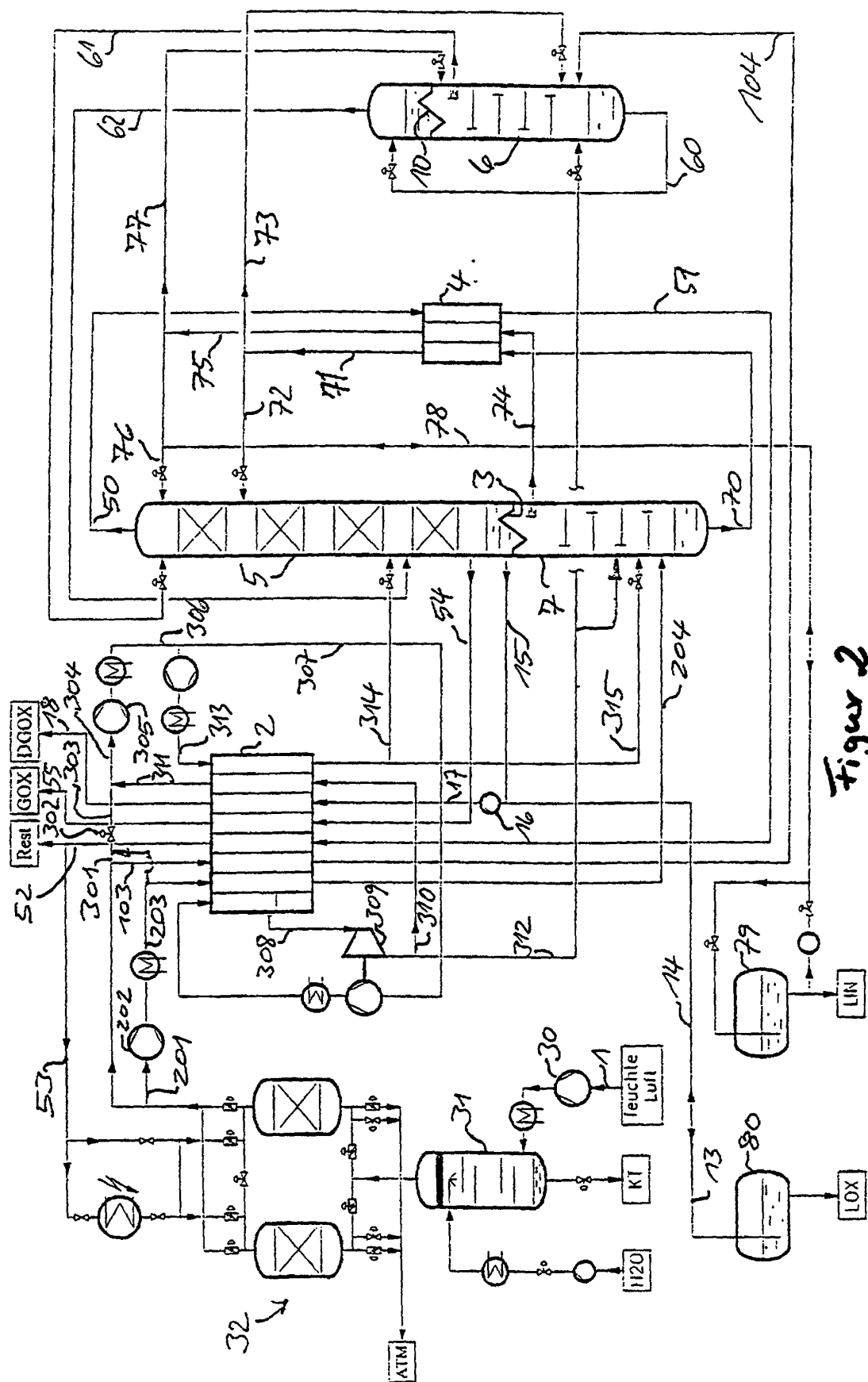
10. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la turbine à expansion est construite dans le passage de conduits du cycle frigorifique en tant qu'unité turbines/booster, le booster étant branché dans la tubulure de conduits du cycle frigorifique en tant que post-compresseur d'air en provenance du poste de compression.

11. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** l'on dispose dans la tubulure de conduits pour l'air d'étranglement un post-compresseur pour l'air provenant du poste de compression.

12. Utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, et du dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, dans une installation de fractionnement de l'air en vue de la fourniture d'une usine sidérurgique en azote et en oxygène.



Figur 1



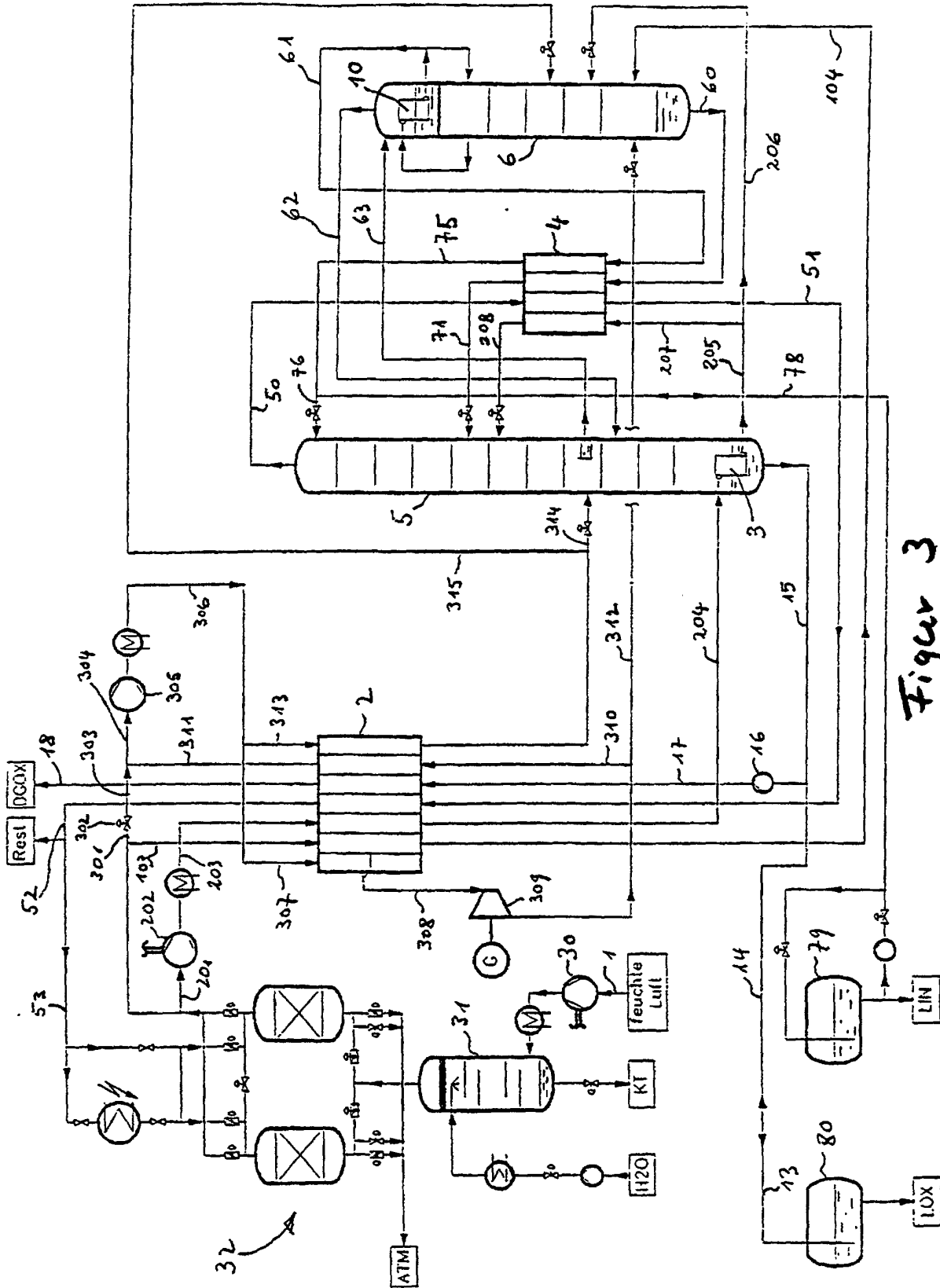


Figure 3

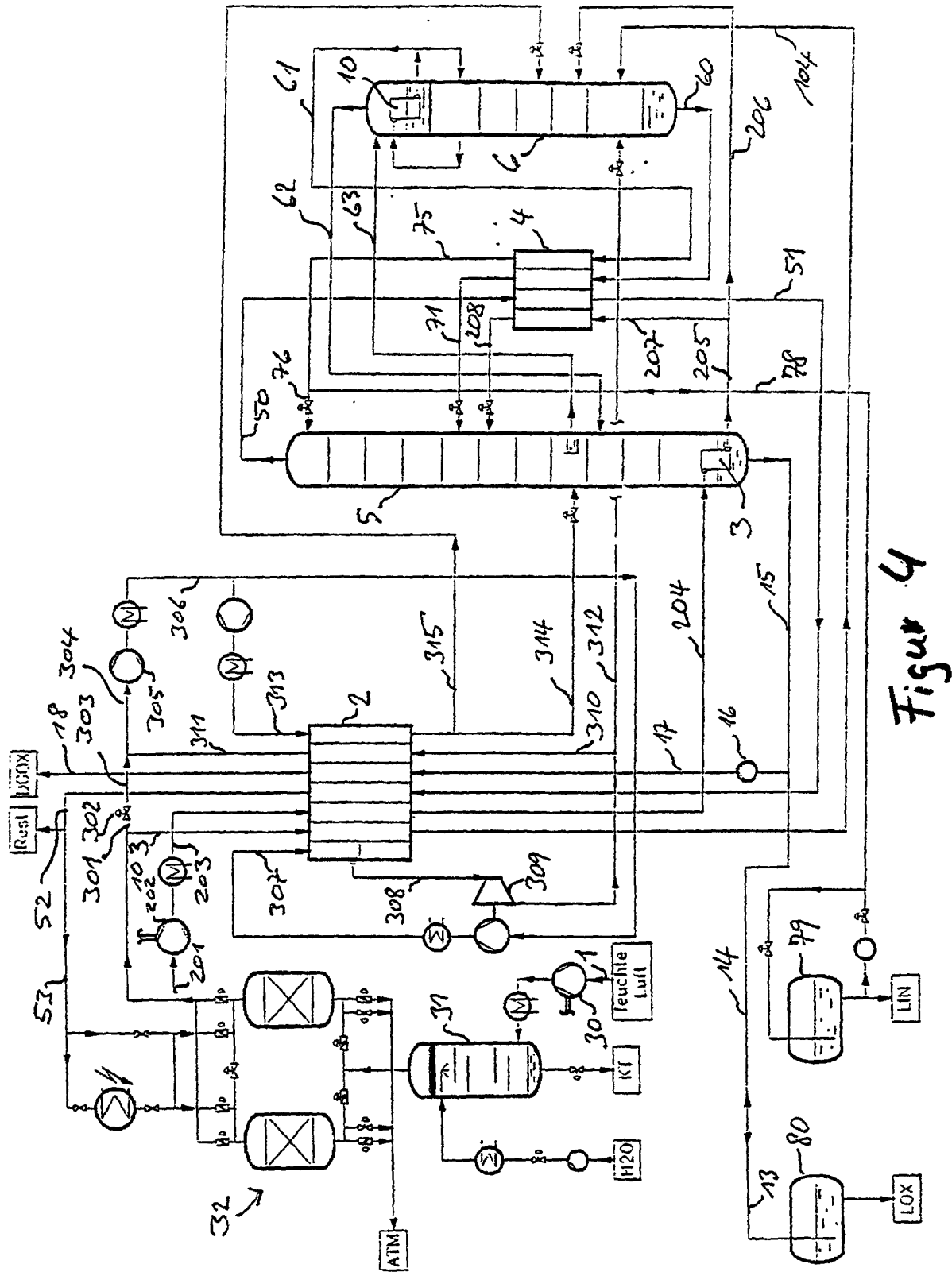


Figure 4