



(11) **EP 2 369 281 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.09.2011 Patentblatt 2011/39

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

(21) Anmeldenummer: **10002439.7**

(22) Anmeldetag: **09.03.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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 SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA ME RS

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

(72) Erfinder: **Stefan, Lochner
85567 Grafing (DE)**

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

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

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine Hochdrucksäule (17) und eine Niederdrucksäule (18) aufweist. Einsatzluft (1) wird in einem Hauptluftverdichter (3) auf einen ersten Druck verdichtet, der deutlich höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (17) ist. Die verdichtete Einsatzluft (8) wird in einen Hauptwärmetauscher (11) eingeleitet, um dort gegen Rückströme abgekühlt zu werden. Ein erster Luftstrom (9), der durch einen Teil der verdichteten Einsatzluft (8) gebildet wird, wird nach teilweiser Abkühlung im Hauptwärmetauscher (11) bei einer ersten Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher (11) entnommen (12) und in einem Kaltverdichter (13) auf einen zweiten Druck nachverdichtet. Der kaltverdichtete erste Luftstrom (14) wird bei einer zweiten Zwischentemperatur, die höher als die erste Zwischentemperatur ist, dem Hauptwärmetauscher (11) wieder zugeführt und im Hauptwärmetauscher (11) weiter abgekühlt und verflüssigt oder pseudo-verflüssigt. Der (pseudo-)verflüssigte erste Luftstrom (15) wird in das De-

stilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet. Ein zweiter Luftstrom (10), der durch einen Teil der verdichteten Einsatzluft (8) gebildet wird, wird bei einer dritten Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher (11) entnommen (20) und anschließend arbeitsleistend entspannt (21). Der arbeitsleistend entspannte zweite Luftstrom (22) wird ebenfalls in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet. Ein flüssiger Produktstrom (37) aus dem Destilliersäulen-System entnommen, in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht (38) und unter diesem erhöhten Druck im Hauptwärmetauscher (11) verdampft oder pseudo-verdampft und schließlich als gasförmiger Druckproduktstrom (39) abgezogen wird. Ein erster Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung (21) erzeugten mechanischen Energie wird zum Antrieb des Kaltverdichters (13) eingesetzt. Der zweite Luftstrom (10) wird durch einen anderen Teil der verdichteten Einsatzluft (8) gebildet als der erste Luftstrom (9).

EP 2 369 281 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Ein derartiges Verfahren ist aus US 5475980 (Figur 7) bekannt. WO 2004099691 A1 (Figuren 3 und 4) zeigt einen ähnlichen Prozess mit Kaltverdichter und Turbine; hier wird der Kaltverdichter allerdings entweder von einem Elektromotor oder einer zweiten Turbine angetrieben.

[0003] Verfahren und Vorrichtungen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft sind allgemein zum Beispiel aus Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2. Auflage 1985, Kapitel 4 (Seiten 281 bis 337) bekannt. Das Destilliersäulen-System der Erfindung kann als Zwei-Säulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung ausgebildet sein, (zum Beispiel als klassisches Linde-Doppelsäulensystem), oder auch als Drei- oder Mehr-Säulen-System. Es kann 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] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art und eine entsprechende Vorrichtung anzugeben, die wirtschaftlich besonders günstig zu betreiben sind, indem sie eine erhöhte Produktausbeute, eine besonders hohe Produktreinheit, geringeren Energieverbrauch und/oder geringere Investitionskosten aufweisen.

[0005] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der zweite Luftstrom durch einen anderen Teil der verdichteten Einsatzluft gebildet wird als der erste Luftstrom.

[0006] Während bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren auch der zweite Luftstrom (die Turbinenluft) in dem Kaltverdichter nachverdichtet wird, wird bei der Erfindung auf diese Druckerhöhung im Turbinenstrom verzichtet.

[0007] Dies erscheint auf den ersten widersinnig, weil dadurch das Druckverhältnis an der Turbine verringert und damit der dort erzeugte Betrag an mechanischer Energie verkleinert wird. Dies führt auf den ersten Blick zu einer Verringerung der Kälteleistung und/oder der Antriebsleistung für den Kaltverdichter. Im Rahmen der Erfindung hat sich jedoch herausgestellt, dass gerade bei diesem Verfahren mit Verdichtung der Gesamtluft auf einen relativ hohen Druck Vorteile erzielt werden, wenn nur der zu (pseudo-)verflüssigende Luftstrom (Drosselstrom) durch den Kaltverdichter wird und nicht die Turbinenluft. Überraschenderweise hat sich ergeben, dass hierdurch die Ausgestaltung und der Betrieb der Maschinen, die arbeitsleistende Entspannung und Kaltverdichtung realisieren, besonders günstig werden.

[0008] Beide Luftströme werden den bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nach ihrer (Pseudo-)Verflüssigung) beziehungsweise arbeitsleistenden Entspan-

nung vorzugsweise in die Hochdrucksäule eingeleitet. Alternativ dazu kann mindestens ein Teil des ersten und/oder des zweiten Luftstroms in die Niederdrucksäule eingeleitet werden, insbesondere nach Durchströmen eines Abscheiders zur Phasentrennung und gegebenenfalls nach Unterkühlung.

[0009] Der "Hauptwärmetauscher" kann aus einem oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, zum Beispiel aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscher-Blöcken.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist der erste Druck, auf den die Gesamtluft verdichtet wird, "deutlich höher" als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule. Dies bedeutet hier, dass die Druckdifferenz zwischen dem ersten Druck und dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule nicht nur dem natürlichen Druckabfall durch Leitungen, Wärmetauscher und andere Apparate entspricht, sondern mindestens 1 bar, vorzugsweise mindestens 3 bar, höchst vorzugsweise mindestens 5 bar beträgt. Die Druckdifferenz zwischen erstem Druck und Betriebsdruck der Hochdrucksäule beträgt beispielsweise 5 bis 25 bar, vorzugsweise 7 bis 15 bar. (Alle hier und im Folgenden angegebenen Drücke sind Absolutdrücke.)

[0011] Im Allgemeinen betragen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der erste Druck 10 bis 25 bar, vorzugsweise 13 bis 20 bar und der Betriebsdruck der Hochdrucksäule 4 bis 8 bar, vorzugsweise 5 bis 7 bar. Der zweite Druck stromabwärts des Kaltverdichters beträgt beispielsweise 11,5 bis 55 bar, vorzugsweise 21 bis 44 bar, der erhöhte Druck des Produktdruckstroms beispielsweise 6 bis 50 bar, vorzugsweise 6 bis 35 bar. Beim Produktdruck ist grundsätzlich jedes Niveau möglich, insbesondere auch eine Mehrzahl von Druckniveaus. Zum Beispiel kann flüssiger Sauerstoff in einer Innenverdichtungspumpe auf 30 bar gebracht und vor dem Hauptwärmetauscher im Kalten in zwei Teilströmen aufgeteilt werden, von denen einer auf einen niedrigeren Druck abgedrosselt wird, bevor er im Hauptwärmetauscher verdampft und angewärmt wird. Alternativ oder zusätzlich können ein oder mehrere flüssige Stickstoffströme im Hauptwärmetauscher (pseudo-)verdampft werden.

[0012] Wenn die Drücke des Druckproduktstroms und des ersten Luftstroms unterkritisch sind, werden diese im Hauptwärmetauscher verdampft oder verflüssigt. Bei überkritischem Druck findet kein echter Phasenübergang statt, dann wird der entsprechende Strom pseudo-verdampft beziehungsweise pseudo-verflüssigt.

[0013] Es ist günstig, wenn der gesamte kaltverdichtete zweite Luftstrom im Hauptwärmetauscher (pseudo-)verflüssigt wird. Dadurch wird die gesamte Druckerhöhung, die durch den Kaltverdichter bewirkt wird auf denjenigen Luftteil konzentriert, der zur (Pseudo-)Verdampfung des flüssigen Produktstroms eingesetzt wird. Dadurch kann der erste Druck entsprechend niedriger gewählt und Energie gespart werden.

[0014] Vorzugsweise die gesamte in den Hauptwär-

metauscher eingeführte verdichtete Einsatzluft auf den ersten und den zweiten Luftstrom aufgeteilt. Es gibt also keinen dritten Luftstrom, sondern die gesamte Einsatzluft wird entweder unter dem zweiten Druck (pseudo-)verflüssigt (erster Luftstrom) oder unter dem ersten Druck der arbeitsleistenden Entspannung zugeführt (zweiter Luftstrom). Hierbei spielt es natürlich keine Rolle, ob die beiden Luftströme gemeinsam in den Hauptwärmetauscher eingeführt oder bereits vor dem Hauptwärmetauscher voneinander abgeteilt werden. Auch kann ein kleinerer Teil der auf den ersten Druck verdichteten Luft stromaufwärts des Hauptwärmetauschers als Instrumentenluft abgezweigt werden.

[0015] Durch die Übertragung mechanischer Energie auf den Kaltverdichter wird dem Bilanzkreis keine Wärme entzogen. Da der erfindungsgemäße Prozess nur über eine einzige Turbine verfügt, wird zur Erzeugung von Verfahrenskälte ein zweiter Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung erzeugten mechanischen Energie auf eine warme Bremsenrichtung übertragen. Diese kann grundsätzlich durch einen im Warmen arbeitenden Verdichter, durch einen elektrischen Generator oder eine dissipative Bremsenrichtung gebildet sein. Bevorzugt wird bei der Erfindung eine dissipative Bremse, zum Beispiel eine Ölbremse, oder ein elektrischer Generator verwendet. Ideal wären eine Ölbremse oder ein Hochfrequenz-Generator, die beziehungsweise der auf der Welle zwischen den Laufrädern für Turbine und Kaltverdichter sitzt.

[0016] Der Austrittsdruck der arbeitsleistenden Entspannung ist vorzugsweise etwa gleich dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule. "Etwa gleich" schließt geringe Druckdifferenzen in der Größenordnung des natürlichen Druckabfalls zwischen dem Austrittsdruck der arbeitsleistenden Entspannung und dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule ein.

[0017] Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Ansprüchen 6 und 7 genannt. Unter "Gesamtmenge an flüssig erzeugten Produkten" wird hier die molare Menge an Flüssigprodukten wie Flüssigsauerstoff, Flüssigstickstoff und gegebenenfalls Flüssigargon verstanden, die in dem Prozess als Endprodukt gewonnen werden.

[0018] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß den Patentansprüchen 8 bis 11.

[0019] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten ersten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0020] Atmosphärische Luft 1 wird über ein Filter 2 von einem Luftverdichter 3 angesaugt und dort als Einsatzluft auf einen ersten Druck von etwa 17 bar verdichtet. Anschließend durchströmt die verdichtete Einsatzluft einen Direktkontaktkühler 4 und wird dort in direktem Kontakt zu Kühlwasser 5 abgekühlt. Die abgekühlte Einsatzluft 6 wird in einer Reinigungsvorrichtung 7 gereinigt. Die Reinigungsvorrichtung 7 weist ein Paar von Behältern

auf, die mit Adsorptionsmaterial, vorzugsweise Molekularsieb, gefüllt sind. Die gereinigte Einsatzluft 8 wird - abgesehen von einer nicht dargestellten Entnahmemöglichkeit für Instrumentenluft - vollständig in einen ersten Luftstrom 9 und einen zweiten Luftstrom 10 aufgeteilt. Beide Luftströme werden anschließend dem warmen Ende eines Hauptwärmetauschers 11 zugeleitet und dort gegen Rückströme abgekühlt.

[0021] Aufgrund des hohen Drucks sind hier alle folgenden Variationen für die Vorkühlung der Luft aus dem Luftverdichter 3 sinnvoll:

1. Luftverdichter mit Nachkühler, anschließend Wasserabscheider danach direkt zur Reinigungsvorrichtung.
2. Luftverdichter mit Nachkühler, anschließend weiterer indirekter Kaltwassernachkühler, der mit Kaltwasser aus einem Verdunstungskühler betrieben wird.
3. Luftverdichter ohne Nachkühler, aber mit Direktkontaktkühler (wie in der Zeichnung dargestellt), wobei der Direktkontaktkühler vorzugsweise mit einer Kühlwasseranwärmung von mehr als 10°C betrieben wird.
4. Wie Variante 3 mit zusätzlichem Verdunstungskühler für die Erzeugung von Kaltwasser für den Direktkontaktkühler.
5. Zusätzlich kann bei allen Varianten eine Kälteanlage zur Vorkühlung der Einsatzluft eingesetzt werden.

[0022] Der erste Luftstrom wird über Leitung 12 bei einer ersten Zwischentemperatur von etwa 140 K aus der entsprechenden Abkühlpassage des Hauptwärmetauschers 11 entnommen und in einem Kaltverdichter 13 von dem ersten Druck auf einen zweiten Druck von etwa 31 bar nachverdichtet. Bei einer zweiten Zwischentemperatur von etwa 170 K wird der nachverdichtete zweite Luftstrom 14 wieder in den Hauptwärmetauscher 11 eingeführt und dort weiter abgekühlt und verflüssigt und schließlich über Leitung 15 und ein Drosselventil 16 in die Hochdrucksäule 17 eines Destilliersäulen-Systems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeführt, das außerdem eine Niederdrucksäule 18 und einen Hauptkondensator 19 aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist. Die Betriebsdrücke betragen (jeweils am Kopf) 5 bis 6,5 bar in der Hochdrucksäule und 1,3 bar in der Niederdrucksäule.

[0023] Der zweite Luftstrom 10 wird in dem Ausführungsbeispiel separat vom ersten Luftstrom 9 im Hauptwärmetauscher 11 auf eine dritte Zwischentemperatur von etwa 139 K abgekühlt. Typischerweise liegt diese Temperatur im Bereich der Siedetemperatur(en) des oder der verdampften Produktströme. Über Leitung 20 wird der zweite Luftstrom unter dieser Zwischentemperatur und dem ersten Druck einer Entspannungsmaschine 21 zugeführt und dort arbeitsleistend auf etwa den Betriebsdruck der Hochdrucksäule entspannt. Der ar-

beitsleistend entspannte zweite Luftstrom 22 tritt unmittelbar oberhalb des Sumpfs in die Hochdrucksäule 17 ein.

[0024] Die Entspannungsmaschine 21 wird in dem Ausführungsbeispiel durch einen TurboExpander gebildet. Sie ist über eine gemeinsame Welle mechanisch mit dem Kaltverdichter 13 und einer Ölbremse 23 gekoppelt. Entgegen der zeichnerischen Darstellung ist die Ölbremse unmittelbar auf der Welle angeordnet, die Turbine 21 und Kaltverdichter 13 verbindet und befindet sich zwischen diesen.

[0025] Der Kopfstickstoff 24 der Hochdrucksäule wird zu einem ersten Teil 25 in den Verflüssigungsraum des Hauptkondensators 19 eingeleitet und dort praktisch vollständig verflüssigt. Der dabei gebildete Flüssigstickstoff 26 wird zu einem ersten Teil 27 als Rücklauf auf die Hochdrucksäule 17 aufgegeben, zu einem zweiten Teil 28 wird er über einen Unterkühlungs-Gegenströmer 29, Leitung 30 und Drosselventil 31 in den Kopf der Niederdrucksäule 18 eingespeist. Das sauerstoffangereicherte Sumpfprodukt 32 der Hochdrucksäule 17 wird ebenfalls im Unterkühlungs-Gegenströmer 29 abgekühlt und dann über Leitung 33 und Drosselventil 34 der Niederdrucksäule 18 an einer Zwischenstelle zugeführt.

[0026] Ein zweiter Teil 35 des Kopfstickstoffs 24 der Hochdrucksäule 17 wird im Hauptwärmetauscher 11 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich über Leitung 36 als Druckstickstoffprodukt oder als Instrumenten- beziehungsweise Sperrgas (Sealgas) abgegeben.

[0027] Der Sauerstoff im Sumpf der Niederdrucksäule 18 wird über Leitung 37 als flüssiger Produktstrom entnommen, in einer Pumpe 38 auf einen erhöhten Druck von 30 bar gebracht, unter diesem erhöhten Druck im Hauptwärmetauscher verdampft und schließlich als gasförmiger Druckproduktstrom 39 (GOX IC) abgezogen.

[0028] Vom Kopf der Niederdrucksäule 18 wird ein gasförmiger Stickstoffstrom 40 entnommen, etwas darunter ein gasförmiger Unreinstickstoffstrom 41. Beide werden im Unterkühlungs-Gegenströmer 29 und weiter im Hauptwärmetauscher 11 angewärmt. Der warme Reinstickstoff 42 vom Niederdrucksäulenkopf wird stromabwärts des Hauptwärmetauschers zu einem ersten Teil 43 als gasförmiges Niederdruckprodukt (GAN) gewonnen; der Rest 44 wird in einem Stickstoffverdichter 45 auf einen Produktdruck von beispielsweise 15 bar gebracht und stromabwärts eines Nachkühlers 46 über Leitung 47 als weiteres gasförmiges Druckprodukt (GAN EC) abgezogen. Der Unreinstickstoff 48 wird stromabwärts des Hauptwärmetauschers 11 in die Atmosphäre abgeblasen (Leitung 49) und/oder als Regeneriergas 50, 51 in der Reinigungsvorrichtung 7 eingesetzt, gegebenenfalls nach Erhitzung in einer Heizeinrichtung 52.

[0029] Ein zweites Ausführungsbeispiel entspricht weitgehend dem ersten, jedoch wird ein Teil des flüssigen Stickstoffs 26 aus dem Hauptkondensator als weiterer flüssiger Produktstrom in einer Stickstoffpumpe auf einen erhöhten Produktdruck gebracht und im Hauptwär-

metauscher 11 (pseudo-)verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich als weiterer gasförmiger Druckproduktstrom in Form von Hochdruck-Stickstoff gewonnen. Außerdem wird bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ein Teil des flüssigen Hochdruck-Sauerstoffs stromabwärts der Sauerstoffpumpe 38 auf einen Druck gedrosselt, der zwischen dem "erhöhten Druck" (dem Austrittsdruck der Sauerstoffpumpe 38) und dem Betriebsdruck der Niederdrucksäule 18 liegt. Dieser Strom wird ebenfalls im Hauptwärmetauscher verdampft und angewärmt und schließlich als dritter Druckproduktstrom in Form von Zwischendruck-Sauerstoff gewonnen. Grundsätzlich ist es auch möglich, weitere Druckproduktströme durch Innenverdichtung zu gewinnen, beispielsweise Argon, wenn eine Argongewinnung angeschlossen ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine Hochdrucksäule (17) und eine Niederdrucksäule (18) aufweist, bei dem

- Einsatzluft (1) in einem Hauptluftverdichter (3) auf einen ersten Druck verdichtet wird, der deutlich höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (17) ist,
- die verdichtete Einsatzluft (8) in einen Hauptwärmetauscher (11) eingeleitet wird, um dort gegen Rückströme abgekühlt zu werden,
- ein erster Luftstrom (9), der durch einen Teil der verdichteten Einsatzluft (8) gebildet wird, nach teilweiser Abkühlung im Hauptwärmetauscher (11) bei einer ersten Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher (11) entnommen (12) und in einem Kaltverdichter (13) auf einen zweiten Druck nachverdichtet wird,
- der kaltverdichtete erste Luftstrom (14) bei einer zweiten Zwischentemperatur, die höher als die erste Zwischentemperatur ist, dem Hauptwärmetauscher (11) wieder zugeführt und im Hauptwärmetauscher (11) weiter abgekühlt und verflüssigt oder pseudo-verflüssigt wird,
- der (pseudo-)verflüssigte erste Luftstrom (15) in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet wird,
- ein zweiter Luftstrom (10), der durch einen Teil der verdichteten Einsatzluft (8) gebildet wird, in dem Hauptwärmetauscher (11) auf eine dritte Zwischentemperatur abgekühlt, unter der dritten Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher (11) entnommen (20) und anschließend arbeitsleistend entspannt (21) wird,
- der arbeitsleistend entspannte zweite Luftstrom (22) ebenfalls in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung einge-

- leitet wird,
- ein flüssiger Produktstrom (37) aus dem Destilliersäulen-System entnommen, in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht (38) und unter diesem erhöhten Druck im Hauptwärmetauscher (11) verdampft oder pseudo-verdampft und schließlich als gasförmiger Druckproduktstrom (39) abgezogen wird und
 - ein erster Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung (21) erzeugten mechanischen Energie zum Antrieb des Kaltverdichters (13) eingesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Luftstrom (10) durch einen anderen Teil der verdichteten Einsatzluft (8) gebildet wird als der erste Luftstrom (9).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gesamte kaltverdichtete zweite Luftstrom (14) im Hauptwärmetauscher (11) (pseudo-)verflüssigt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gesamte in den Hauptwärmetauscher (11) eingeführte verdichtete Einsatzluft (8) auf den ersten und den zweiten Luftstrom (9, 10) aufgeteilt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zweiter Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung erzeugten mechanischen Energie auf eine warme Bremsenrichtung (23), insbesondere auf eine dissipative Bremse, insbesondere eine Ölbremse, oder einen elektrischen Generator, insbesondere einen hochfrequenten Generator, übertragen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Austrittsdruck der arbeitsleistenden Entspannung etwa gleich dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kaltverdichter mit einem Druckverhältnis von 1,6 bis 2,4 betrieben wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** Gesamtmenge an flüssig erzeugten Produkten nicht mehr als 5 % der Einsatzluftmenge, insbesondere nicht mehr als 4 % der Einsatzluftmenge, insbesondere nicht mehr als 3 % der Einsatzluftmenge beträgt.
8. Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft
- mit einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine Hochdrucksäule und eine Niederdrucksäule auf-

weist,

- mit einem Hauptluftverdichter (3) zum Verdichten von Einsatzluft (1) auf einen ersten Druck, der deutlich höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (17) ist,
- mit Mitteln zum Einleiten der verdichteten Einsatzluft (8) in einen Hauptwärmetauscher (11) zur Abkühlung gegen Rückströme,
- mit Mitteln zum Entnehmen (12) eines ersten Luftstroms (9), der durch einen Teil der verdichteten Einsatzluft (8) gebildet wird, nach teilweiser Abkühlung auf eine erste Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher (11),
- mit einem Kaltverdichter (13) zum Nachverdichten des entnommenen ersten Luftstroms auf einen zweiten Druck,
- mit Mitteln zum Zuführen des kaltverdichteten ersten Luftstroms (14) zum Hauptwärmetauscher (11) bei einer zweiten Zwischentemperatur, die höher als die erste Zwischentemperatur ist, zwecks dessen weiteren Abkühlung und Verflüssigung beziehungsweise Pseudo-Verflüssigung im Hauptwärmetauscher (11),
- mit Mitteln zum Einleiten des (pseudo-)verflüssigten ersten Luftstroms (15) in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung,
- mit Mitteln zum Entnehmen (20) eines zweiten Luftstroms (10), der durch einen Teil der verdichteten Einsatzluft (8) gebildet wird, nach teilweiser Abkühlung auf eine dritte Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher (11),
- mit Mitteln zur arbeitsleistenden Entspannung (21) des entnommenen zweiten Luftstroms (20),
- mit Mitteln zum Einleiten des arbeitsleistend entspannten zweiten Luftstroms (22) in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung,
- mit Mitteln zum Entnehmen eines flüssigen Produktstroms (37) aus dem Destilliersäulen-System,
- mit Mitteln (38) zur Druckerhöhung auf einen erhöhten Druck des flüssigen Produktstroms (37)
- mit Mitteln zum Einleiten des flüssigen Produktstroms unter diesem erhöhten Druck in den Hauptwärmetauscher (11) zwecks Verdampfen oder Pseudo-Verdampfen
- mit Mitteln zum Abziehen des (pseudo-)verdampften Produktstroms als gasförmiger Druckproduktstrom (39) und
- mit Mitteln zum Übertragen eines ersten Teils der bei der arbeitsleistenden Entspannung (21) erzeugten mechanischen Energie auf den Kaltverdichter (13),

dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Entnehmen (12) eines ersten Luftstroms (9) und die Mittel zum Entnehmen (20) eines zweiten

Luftstroms (10) so ausgebildet sind, dass beim Betrieb der Vorrichtung der zweite Luftstrom (10) durch einen anderen Teil der verdichteten Einsatzluft (8) gebildet wird als der erste Luftstrom (9).

5

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zum Zuführen des kaltverdichteten ersten Luftstroms (14) zum Hauptwärmetauscher (11) so ausgebildet sind, dass beim Betrieb der Vorrichtung der gesamte kaltverdichtete zweite Luftstrom (14) im Hauptwärmetauscher (11) (pseudo-)verflüssigt wird. 10
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Mittel zur Führung von Einsatzluft so ausgebildet sind, dass beim Betrieb der Vorrichtung die gesamte in den Hauptwärmetauscher (11) eingeführte verdichtete Einsatzluft (8) auf den ersten und den zweiten Luftstrom (9, 10) aufgeteilt wird. 15 20
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **gekennzeichnet durch** Mittel zum Übertragen eines zweiten Teils der bei der arbeitsleistenden Entspannung (21) erzeugten mechanischen Energie auf eine warme Bremsenrichtung (23), insbesondere auf eine dissipative Bremse, insbesondere eine Ölbremse, oder einen elektrischen Generator, insbesondere einen hochfrequenten Generator. 25 30

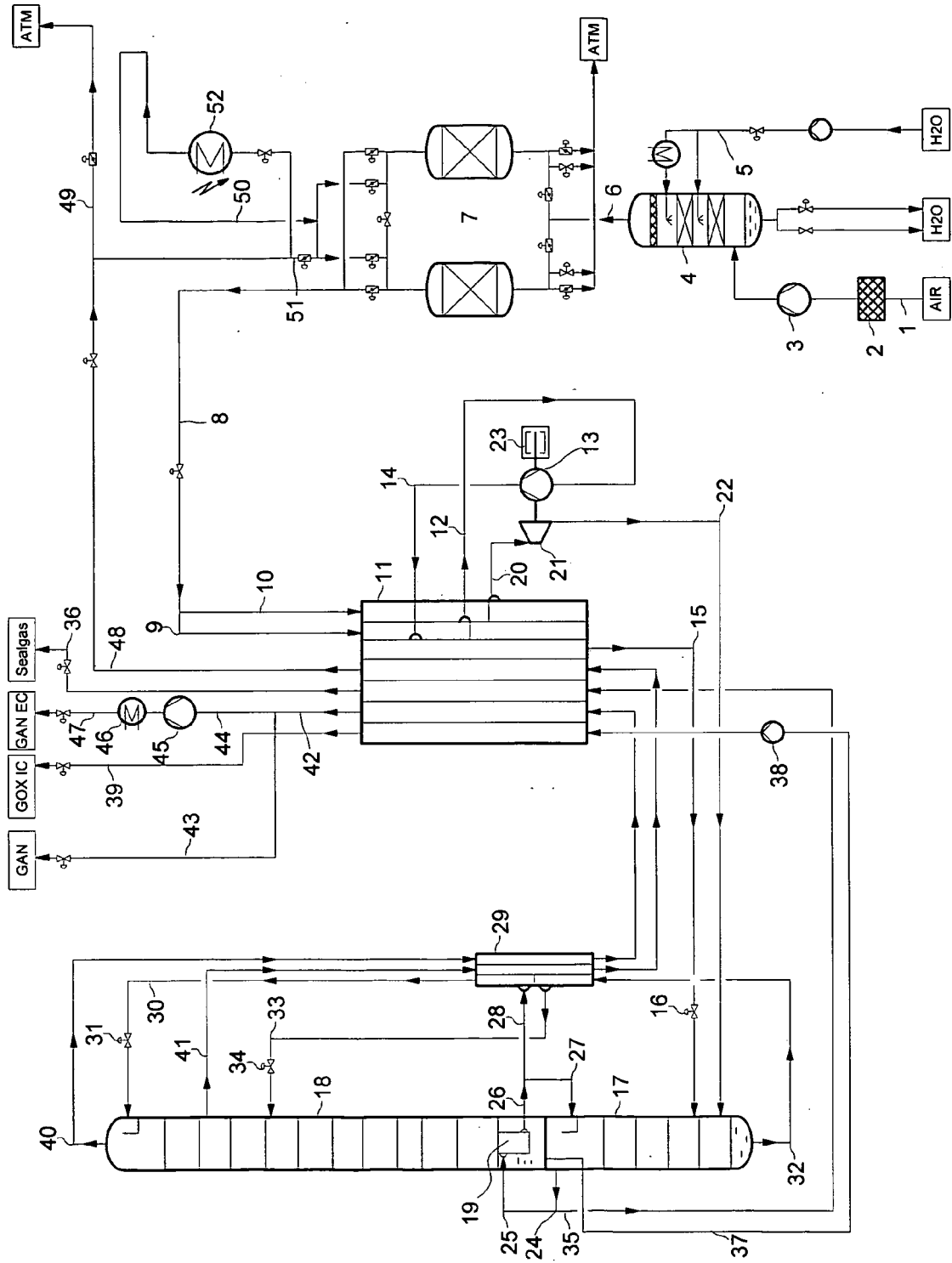
35

40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 10 00 2439

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2005/126221 A1 (HA BAO [US] ET AL) 16. Juni 2005 (2005-06-16) * Absätze [0052] - [0056], [0063], [0064]; Abbildungen 2,7,8 *	1-11	INV. F25J3/04
X	FR 2 913 760 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 19. September 2008 (2008-09-19) * Ansprüche 1,4; Abbildung 2 *	1-3,5-10	
Y		4,11	
X	US 2007/017251 A1 (BOT PATRICK L [FR] ET AL LE BOT PATRICK [FR] ET AL) 25. Januar 2007 (2007-01-25) * Abbildungen 1,2 *	1-3,5-10	
Y		4,11	
Y,D	US 2006/277944 A1 (LE BOT PATRICK [FR] ET AL) 14. Dezember 2006 (2006-12-14) * Absätze [0049], [0052], [0054], [0058]; Abbildungen 1-4 *	1-11	
Y	EP 0 672 877 A1 (BOC GROUP PLC [GB]) 20. September 1995 (1995-09-20) * Abbildung 4 *	1-11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 2008/223075 A1 (TRANIER JEAN-PIERRE [FR]) 18. September 2008 (2008-09-18) * Abbildung 7 *	1,4,8,11	F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. Oktober 2010	Prüfer Göritz, Dirk
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 10 00 2439

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.

01-10-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2005126221 A1		16-06-2005	BR	PI0417444 A	06-03-2007
			CA	2548797 A1	23-06-2005
			CN	1890525 A	03-01-2007
			EP	1700072 A1	13-09-2006
			WO	2005057112 A1	23-06-2005

FR 2913760 A1		19-09-2008	EP	2118600 A2	18-11-2009
			WO	2008110734 A2	18-09-2008

US 2007017251 A1		25-01-2007	AT	469329 T	15-06-2010
			CN	1784580 A	07-06-2006
			EP	1623171 A1	08-02-2006
			FR	2854682 A1	12-11-2004
			WO	2004099690 A1	18-11-2004
			JP	4417954 B2	17-02-2010
			JP	2006525486 T	09-11-2006
			US	2009078001 A1	26-03-2009

US 2006277944 A1		14-12-2006	CN	1784579 A	07-06-2006
			EP	1623172 A1	08-02-2006
			FR	2854683 A1	12-11-2004
			WO	2004099691 A1	18-11-2004
			JP	2006525487 T	09-11-2006

EP 0672877 A1		20-09-1995	AU	1231595 A	21-09-1995
			CA	2142440 A1	16-09-1995
			CZ	9500650 A3	17-01-1996
			PL	307668 A1	18-09-1995
			SK	32095 A3	11-10-1995
			ZA	9501696 A	08-02-1996

US 2008223075 A1		18-09-2008	CN	101268326 A	17-09-2008
			EP	1767884 A1	28-03-2007
			WO	2007039478 A1	12-04-2007
			JP	2009509120 T	05-03-2009

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 5475980 A [0002]
- WO 2004099691 A1 [0002]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Tieftemperaturtechnik. 1985, 281-337 [0003]