



(11) **EP 1 672 301 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung: **15.08.2018 Patentblatt 2018/33** (51) Int Cl.: **F25J 3/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **05024947.3**

(22) Anmeldetag: **15.11.2005**

(54) **Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung eines Gasgemischs, insbesondere von Luft**

Apparatus for the cryogenic separation of a gaseous mixture in particular of air

Installation pour la séparation cryogénique d'un mélange gazeux en particulier d'air

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **03.12.2004 EP 04028682**
03.12.2004 EP 04028683
03.12.2004 EP 04028681

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.06.2006 Patentblatt 2006/25

(73) Patentinhaber: **Linde AG**
80331 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Brox, Andreas**
82538 Geretsried (DE)
• **Huppenberger, Markus**
83673 Bichl (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 2 822 774 FR-A- 2 780 147
FR-A- 2 799 277 FR-A- 2 844 344
US-A- 5 412 954 US-A- 5 461 871
US-A- 5 979 182 US-A1- 2004 050 095

- "OXYGEN-NITROGEN GENERATORS" PUBLICATION BOC CRYOPLANTS, BOC CRYOPLANTS ENGINEERING CENTRE, GUILDFORD, GB, Mai 1992 (1992-05), Seiten 1-5, XP001223905
- "Skid-mounted Oxygen-Nitrogen Plant Type SK145" PUBLICATION BOC CRYOPLANTS, BOC CRYOPLANTS ENGINEERING CENTRE, GUILDFORD, GB, September 1991 (1991-09), Seiten 1-3, XP001223907
- SCHMUECKER B: "PROJEKTSPEZIFISCHE OPTIMIERUNG VON ANLAGENKONZEPTEN BEI DER LUFTZERLEGUNG" BERICHTE AUS TECHNIK UND WISSENSCHAFT, LINDE AG, WIESBADEN, DE, Bd. 80, 2000, Seiten 27-31, XP001204721 ISSN: 0942-332X

EP 1 672 301 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Produkts durch Tieftemperaturzerlegung eines Gasgemischs, insbesondere von Luft, mit einem Direktkontaktkühler zur Kühlung des Einsatzgemischs, mit einer Reinigungsvorrichtung zur Reinigung des gekühlten Einsatzgemischs und mit einem Tieftemperaturteil, der einen Hauptwärmetauscher zur Abkühlung des gereinigten Einsatzgemischs auf etwa Taupunkttemperatur und eine Destilliersäule zur Tieftemperaturzerlegung des Einsatzgemischs aufweist.

[0002] Vorrichtungen zur Tieftemperaturzerlegung atmosphärischer Luft oder anderer Gasgemische sind zum Beispiel aus Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2. Auflage 1985 bekannt.

[0003] Unter "Tieftemperatur" wird hier grundsätzlich jede Temperatur verstanden, die unterhalb der Umgebungstemperatur liegt, vorzugsweise jedoch eine Temperatur von 200 K oder weniger, höchst vorzugsweise von 150 K oder weniger, beispielsweise von 100 K oder weniger.

[0004] In einem "Direktkontaktkühler" (direct contact cooler) wird das Einsatzgemisch in direkten Wärmeaustausch mit einem Kühlmittel, zum Beispiel Wasser, gebracht und dadurch abgekühlt. Er dient insbesondere zum Abführen von Verdichtungswärme, die in einem in der Regel vorgeschalteten Einsatzgasverdichter entstanden ist.

[0005] Eine nachfolgende "Reinigungseinrichtung" ist in der Regel als Adsorptionsvorrichtung ausgebildet und weist insbesondere mindestens zwei umschaltbare Behälter aus, die zyklisch betrieben werden. Sie dient der Abtrennung unerwünschter Komponenten, beispielsweise solcher, die im Tieftemperaturteil ausfrieren können.

[0006] Im "Tieftemperaturteil" wird das Einsatzgemisch zunächst auf etwa Taupunkttemperatur abgekühlt und anschließend in einem Destilliersäulensystem zerlegt. Der Tieftemperaturteil enthält also einen oder mehrere Wärmetauscher und eine oder mehrere Destilliersäulen. Aus dem Tieftemperaturteil wird das Produkt in Gas- oder Flüssigform abgezogen. Selbstverständlich können auch mehrere Produkte in gleichem oder unterschiedlichem Aggregatzustand sowie in gleicher oder verschiedener chemischer Zusammensetzung erzeugt werden. Um Verluste durch einströmende Umgebungswärme zu verhindern, ist der Tieftemperaturteil üblicherweise wärmeisoliert, indem er von einer oder mehreren Coldboxen umschlossen wird.

[0007] Der "Hauptwärmetauscher" dient zur Anwärmerung des oder der gasförmigen Produkts/Produkte in indirektem Wärmeaustausch mit mindestens einem Einsatzgemischstrom.

[0008] Die drei genannten Anlagenkomponenten werden üblicherweise so angeordnet, dass der Verbrauch an Grundfläche möglichst niedrig ist. Dies ist nicht in allen Fällen zufrieden stellend.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrun-

de, die Anordnung der Komponenten einer Tieftemperaturzerlegungsanlage weiter zu optimieren, um eine besonders hohe Wirtschaftlichkeit der Anlage zu erreichen.

[0010] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Direktkontaktkühler, die Reinigungsvorrichtung und der Tieftemperaturteil auf einer Linie angeordnet sind.

[0011] Die Anordnung "auf einer Linie" bedeutet, dass es mindestens eine horizontale Gerade geben muss, welche die Grundflächen aller drei genannten Anlagenkomponenten schneidet. Unter "Grundfläche" wird hier die Aufstellfläche verstanden, die für die entsprechenden Anlagenkomponenten einschließlich der unmittelbar zugehörigen Funktionseinheiten wie zum Beispiel Pumpen und Armaturen benötigt wird.

[0012] Eine solche Anordnung ist natürlich - entgegen der bisherigen Praxis - nicht optimal hinsichtlich der Ausnutzung der Grundfläche der Gesamtanlage, weil die Grundflächen der drei Komponenten unterschiedlich groß sind. (In der Regel benötigen Direktkontaktkühler beziehungsweise Reinigungseinrichtung weniger Platz als der Tieftemperaturteil.) Im Rahmen der Erfindung hat sich jedoch herausgestellt, dass dieser Nachteil durch wesentliche Vorteile überkompensiert wird.

[0013] Die Anordnung in einer Linie minimiert insbesondere den Aufwand bei der strömungstechnischen Verbindung der Anlagenkomponenten untereinander. Die entsprechenden Rohrlängen und der Umfang der zugehörigen Stahlbauvorrichtungen wie zum Beispiel Rohrbrücken werden minimiert. Dies bedeutet bei sehr großen Anlagen mit einem Einsatzgasdurchsatz von 300.000 Nm³/h oder mehr - eine spürbare Verminderung der Investitionskosten.

[0014] Die lineare Anordnung hat außerdem den Vorteil, dass die Anlagekomponenten grundsätzlich von beiden Seiten her für Montage- und Wartungsarbeiten zugänglich sind. Dies reduziert die Betriebs- und Reparaturkosten der Anlage.

[0015] Üblicherweise ist dem Direktkontaktkühler ein Einsatzgasverdichter zur Verdichtung des Einsatzgemischs vorgeschaltet. Dieser kann im Rahmen der Erfindung beispielsweise seitlich neben der Gruppe aus Direktkontaktkühler, Reinigungsvorrichtung und Tieftemperaturteil angeordnet sein. Besonders günstig ist es jedoch, wenn der Einsatzgasverdichter, der Direktkontaktkühler, die Reinigungsvorrichtung und der Tieftemperaturteil auf einer Linie angeordnet sind. Dies verstärkt die oben genannten Vorteile weiter.

[0016] Die lineare Anordnung aller vier Anlagenkomponenten ist insbesondere bei mehrsträngigen Einheiten vorteilhaft, bei denen mehrere der erfindungsgemäßen Vorrichtungen (Stränge, trains) nebeneinander angeordnet sind. Hierbei können an den Enden der Einzelstränge verschiedene Verbindungseinrichtungen angeordnet sein, beispielsweise auf der Seite des Tieftemperaturteils eine Rohrbrücke zum Abführen der Produkte und/oder auf der Verdichterseite eine Gas- oder Dampfturbine zum Antrieb des Einsatzgasverdichters mit entsprechendem Zubehör, wie zum Beispiel einem Luftkondensator,

Dampf-, Gas- und/oder Kühlwasserleitungen für Maschinen oder Ähnlichem. Dennoch bleiben die verschiedenen Anlagenkomponenten leicht zugänglich.

[0017] Die Antriebswelle des Einsatzgasverdichters verläuft insbesondere in diesem Fall vorzugsweise im Wesentlichen senkrecht zu der Linie, auf welcher der Direktkontaktkühler, die Reinigungsvorrichtung und der Tieftemperaturteil angeordnet sind.

[0018] Alternativ dazu kann der Einsatzgasverdichter seitlich neben den übrigen Anlagenteilen angeordnet sein. Dabei verläuft insbesondere die Antriebswelle des Einsatzgasverdichters im Wesentlichen parallel zu der Linie, auf welcher der Direktkontaktkühler, die Reinigungsvorrichtung und der Tieftemperaturteil angeordnet sind.

[0019] Insbesondere bei mehrsträngigen Anlagen ist es außerdem günstig, wenn die Grundfläche der bisher genannten Anlagenkomponenten eine relativ langgestreckte Form hat. Genauer gesagt ist in diesem Fall das Verhältnis der Ausdehnung des kleinsten Rechtecks, das die Grundflächen des Direktkontaktkühlers, der Reinigungsvorrichtung und des Tieftemperaturteils und ggf. des Einsatzgasverdichters einschließt, in Richtung einer Verbindungsgeraden zwischen Direktkontaktkühler und Tieftemperaturteil zu der Ausdehnung in der dazu senkrechten Richtung größer als 1, insbesondere größer als 1,5. Zum Beispiel beträgt dieses Verhältnis 2,0 oder mehr, insbesondere 3,0 oder mehr.

[0020] Mehrere derartiger Vorrichtungen können dann längsseitig nebeneinander angeordnet werden, um die mehrsträngige Anlage zu bilden. Die Vorrichtung zur Verbindung der Einzelanlagen untereinander (zum Beispiel Rohrbrücke für Produktleitungen) wird entlang der Schmalseiten angeordnet und kann damit relativ kurz und kostengünstig ausgeführt werden.

[0021] Das in Anspruch 5 beschriebene Merkmal, nämlich die eher längliche Grundfläche der Einzelanlage, kann grundsätzlich auch bei Vorrichtungen verwirklicht werden, welche die Merkmale des Anspruchs 1 nicht erfüllen.

[0022] Der Tieftemperaturteil weist regelmäßig eine Wärmetauscher-Box, die mindestens einen Hauptwärmetauscher enthält, eine Rektifikationsbox, die mindestens eine Destilliersäule enthält, und eine innerhalb eines Turbinenkastens angeordnete Entspannungsmaschine auf. Es ist günstig, wenn der Turbinenkasten an einem Übergangsabschnitt des Tieftemperaturteils angeordnet ist, der sich zwischen Wärmetauscher-Box und Rektifikationsbox befindet. Alternativ kann der Turbinenkasten direkt mit der Wärmetauscher-Box verbunden sein.

[0023] Das in Anspruch 6 beschriebene Merkmal, nämlich die Anordnung einer Entspannungsmaschine am Übergangsabschnitt zwischen Wärmetauscher-Box und Rektifikationsbox, kann grundsätzlich auch bei nicht erfindungsgemäßen Vorrichtungen verwirklicht werden, welche die Merkmale des Anspruchs 1 nicht erfüllen.

[0024] Die Ansprüche 7 bis 12 enthalten weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vor-

richtung. Ihre Merkmale können bei einer Vorrichtung zur Erzeugung eines Produkts durch Tieftemperaturzerlegung eines Gasgemischs, insbesondere von Luft, als eine nicht erfindungsgemäße Ausführungsform auch unabhängig von den Merkmalen der Ansprüche 1 bis 6 oder erfindungsgemäß in Kombination mit diesen angewendet werden. Die Einsatzgemischleitung zur Einleitung von Einsatzgemisch in den Hauptwärmetauscher und die Produktleitung zum Abziehen des Produktstroms aus dem Hauptwärmetauscher verlaufen dabei im Wesentlichen parallel zu einer Hauptorientierungsachse und sind an einander gegenüberliegenden Seiten des Hauptwärmetauschers angeordnet.

[0025] Die "Hauptorientierungsachse" stellt eine abstrakte Gerade dar, die in horizontaler Richtung verläuft und in der Regel nicht durch Bauteile der Anlage oder eine sonstige physische Einrichtung materialisiert ist.

[0026] "Im Wesentlichen parallel" sind zwei Richtungen dann, wenn sie einen Winkel von weniger als 20°, vorzugsweise weniger als 10°, höchst vorzugsweise weniger als 5° miteinander bilden.

[0027] Die Anordnung gemäß Anspruch 7 bietet den Vorteil, dass die Einrichtungen für die Abführung der Produkte, zum Beispiel eine oder mehrere Sammelleitungen, in welche die Produktleitung(en) mündet/münden, auf der einen Seite des Hauptwärmetauschers und die Einrichtungen zur Vorbehandlung des Einsatzgemischs auf der gegenüber liegenden Seite des Hauptwärmetauschers angeordnet werden können. Damit werden sehr geringe Rohrleitungslängen möglich.

[0028] Die gegenüber liegende Anordnung von Einsatzgemisch- und Produktleitungen minimiert insbesondere den Aufwand bei der strömungstechnischen Verbindung der Anlagenkomponenten untereinander. Die entsprechenden Rohrlängen und der Umfang der zugehörigen Stahlbauvorrichtungen wie zum Beispiel Rohrbrücken werden minimiert. Dies bedeutet - bei sehr großen Anlagen mit einem Einsatzgasdurchsatz 300.000 Nm³/h oder mehr- eine spürbare Verminderung der Investitionskosten.

[0029] Die Anordnung hat außerdem den Vorteil, dass die Anlagekomponenten grundsätzlich von beiden Seiten her für Montage- und Wartungsarbeiten zugänglich sind. Dies reduziert die Betriebs- und Reparaturkosten der Anlage.

[0030] Außerdem ist es günstig, wenn die Vorrichtung eine Sammelleitung aufweist, in welche die Produktleitung an ihrem dem Hauptwärmetauscher abgewandten Ende einmündet, und wenn die Sammelleitung im Wesentlichen senkrecht zur Hauptorientierungsachse verläuft.

[0031] Eine Richtung ist "im Wesentlichen senkrecht" zu einer anderen, wenn die entsprechenden Geraden einen Winkel von 70° bis 110°, vorzugsweise 80° bis 100° höchst vorzugsweise 85° bis 95° einschließen.

[0032] Eine oder mehrere Sammelleitungen können die Vorrichtung und mögliche weitere identische oder ähnliche Vorrichtungen (Stränge) zu einer mehrsträngi-

gen Anlage verbinden beziehungsweise zu einem Tanklager und/oder zu einer Notversorgungsvorrichtung führen.

[0033] Die Sammelleitung(en) kann/können auf einer Rohrbrücke oder auf dem Boden angeordnet sein. Im letzteren Fall werden die Sammelleitungen regelmäßig auf so genannten Sleepern verlegt.

[0034] Vorzugsweise ist/sind Sammelleitung(en) mit einer Produktleitung einer oder mehrerer weiteren Tieftemperaturzerlegungs-Vorrichtungen verbunden.

[0035] Alternativ oder zusätzlich kann/können die Sammelleitung(en) mit einem Speicherbehälter für Produkt verbunden sein.

[0036] Es ist günstig, wenn bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung der Hauptwärmetauscher ausschließlich als rekuperativer Wärmetauscher ausgeführt ist, das heißt als nicht umschaltbarer Wärmetauscher.

[0037] Die Ansprüche 13 bis 16 enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Ihre Merkmale können bei einer Vorrichtung zur Erzeugung eines Produkts durch Tieftemperaturzerlegung eines Gasgemischs, insbesondere von Luft, als eine nicht erfindungsgemäße Ausführungsform auch unabhängig von den Merkmalen der Ansprüche 1 bis 12 oder erfindungsgemäß in Kombination mit diesen angewendet werden.

[0038] Wenn ein Verdunstungskühler eingesetzt wird, ist es günstig, wenn das Verhältnis des Abstandes zwischen Verdunstungskühler und Direktkontaktkühler zu dem Abstand zwischen Verdunstungskühler und Hauptwärmetauscher mindestens 0,5, insbesondere mindestens 1,0 beträgt.

[0039] Der Verdunstungskühler 15 ist somit vergleichsweise nahe dem Hauptwärmetauscher angeordnet. Dies bedeutet zwar höheren Aufwand für die Kühlmittelverrohrung; allerdings kann die Leitung für den Gasstrom aus dem Tieftemperaturteil besonders kurz ausgeführt werden. Im Rahmen der Erfindung hat sich herausgestellt, dass diese Anordnung zu insgesamt vergleichsweise niedrigen Investitionskosten führt. Es wird insbesondere der Aufwand für die Rohrleitungen und den dazugehörigen Stahlbau-Kosten verringert. Dies ist teilweise auf den sehr hohen Querschnitt (beispielsweise 1 bis 2 m) der Gasleitung zum Verdunstungskühler zurückzuführen.

[0040] Die abhängigen Patentansprüche 14 bis 16 enthalten weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0041] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels für eine erfindungsgemäße Vorrichtung näher erläutert, die als Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlage ausgebildet ist.

[0042] Atmosphärische Luft wird als "Einsatzgemisch" über ein Einlassfilter 1 angesaugt und über Einsatz-Rohrleitungen 51, 52, 53, 54 zu weiteren Anlagenkomponen-

ten geführt. Zunächst wird die gefilterte Luft 51 in einem Hauptluftverdichter 2, der in dem Beispiel den "Einsatzgasverdichter" darstellt, komprimiert. Die verdichtete Luft 52 strömt in einen Direktkontaktkühler 3 und wird dort in direktem Wärmeaustausch mit Kühlwasser, das über eine Kühlwasser-Verrohrung 61 heranströmt, abgekühlt. Die abgekühlte Luft 53 wird weiter in eine Reinigungseinrichtung 4 geleitet, die ein Paar von Molekularsieb-Adsorbentien 5, 6 aufweist. Die gereinigte Luft 54 strömt weiter zum Tieftemperaturteil 7.

[0043] Der Tieftemperaturteil kann aus einer einzigen Coldbox bestehen, in der alle kryogenen Apparate angeordnet sind, insbesondere der oder die Wärmetauscher und die Destilliersäule(n), oder auch aus einer Vielzahl separater Coldboxen. In dem Beispiel sind zwei separate Coldboxen vorgesehen. Eine zylinderförmige Rektifikationsbox 9 enthält die Destilliersäulen 9a, hier eine Doppelsäule mit Hochdruck- und Niederdrucksäule und einem dazwischen angeordneten Hauptkondensator. Die übrigen kalten Teile, insbesondere der Hauptwärmetauscher 8a sind in einer quaderförmigen Wärmetauscher-Box 8 untergebracht. Die beiden Coldboxen 8, 9 isolieren die jeweiligen kalten Apparateile gegen Wärmeeinfall aus der Umgebung. Ein Übergangsabschnitt 10 gehört ebenfalls zum Tieftemperaturteil. Er wird ebenfalls von einer Coldbox umschlossen; alternativ werden die im Übergangsabschnitt 10 befindlichen Rohrleitungen und Armaturen mittels einer entsprechend kleineren Coldbox wärmeisoliert.

[0044] Der Hauptwärmetauscher ist als ausschließlich rekuperativer Wärmetauscher ausgebildet, also nicht als umschaltbarer Wärmetauscher (Revex). Er besteht zum Beispiel aus einem Block oder einer Mehrzahl von strömungstechnisch miteinander verbundenen Blöcken. Der oder die Blöcke sind vorzugsweise als Aluminium-Plattenwärmetauscher ausgebildet. Mögliche weitere Wärmetauscher wie zum Beispiel ein oder mehrere Unterkühlungs-Gegenströmer können ebenfalls in der Wärmetauscher-Box untergebracht sein; alternativ oder zusätzlich können ein oder mehrere Blöcke von Unterkühlungs-Gegenströmern in der Rektifikationsbox angeordnet sein. Die Form der Rektifikationsbox kann vom Ausführungsbeispiel abweichen; sie kann zum Beispiel im Wesentlichen quaderförmig ausgebildet sein.

[0045] Der Hauptluftverdichter 2 wird über eine erste Welle 11 von einem Antriebsmittel 12 angetrieben, das als Elektromotor, Gas- oder Dampfturbine ausgebildet ist. Außerdem ist in dem Beispiel ein Nachverdichter 14 für einen Teil der gereinigten Luft 54 vorgesehen. Über eine in der Zeichnung lediglich angedeutete Booster-Luft-Verrohrung 62 ist der Einlass des Nachverdichters 14 mit der Rohrleitung 54 für die gereinigte Luft verbunden. Die im Nachverdichter 14 weiterverdichtete Luft wird über eine weitere, in der Zeichnung nicht dargestellte Rohrleitung in den Tieftemperaturteil 7 geleitet, insbesondere in die Wärmetauscher-Box 8. In dem Beispiel wird der Nachverdichter 14 über eine weitere Welle 13 ebenfalls von dem Antriebsmittel 12 angetrieben. Alter-

nativ könnte der Nachverdichter unabhängig vom Hauptluftverdichter angetrieben werden, beispielsweise durch eine separate Gas- oder Dampfturbine oder durch einen separaten Elektromotor.

[0046] Die Produkte des Tieftemperaturteils 7 werden über beispielhaft eingezeichnete Produktleitungen 105, 106 abgegeben, die hier in Sammelleitungen 107 beziehungsweise 108 münden. Die Sammelleitungen 107, 108 sind auf einer Rohrbrücke 109 angeordnet und können die Vorrichtung und mögliche weitere identische oder ähnliche Vorrichtungen (Stränge) zu einer mehrsträngigen Anlage verbinden beziehungsweise zu einem Tanklager und/oder zu einer Notversorgungsvorrichtung führen.

[0047] Zur Abkühlung von Wasser vor dessen Einleitung in den Direktkontaktkühler 3 dient ein Verdunstungskühler 15. Darin wird trockener Reststickstoff aus dem Tieftemperaturteil in direkten Wärme- und Stoffaustausch mit abzukühlendem Kühlwasser gebracht. Über die Kühlwasser-Verrohrung 61 wird kaltes Kühlwasser zum Direktkontaktkühler geleitet. Warmes Kühlwasser wird direkt oder indirekt zum Verdunstungskühler zurückgeführt. Der feuchte Stickstoff aus dem Verdunstungskühler entweicht in die Atmosphäre.

[0048] Die Vorrichtung weist außerdem eine Betriebsmittel-Verrohrung (utility piping) 63 auf, deren Lage in der Zeichnung schematisch angedeutet ist. Die Betriebsmittel-Verrohrung dient zum Transport von Dampf, Gas und/oder Kühlwasser und zum Entsorgen von Kondensat, Kühlwasser etc. Sie mündet in Betriebsmittel-Sammelleitungen (nicht eingezeichnet), die auf der Rohrbrücke 109 angeordnet sein können. Betriebsmittel- und Booster-Luft-Verrohrung 63, 62 können auf dem Boden (auf Sleepern) oder auf einer oder mehreren Rohrbrücken angeordnet sein.

[0049] Die Grundflächen des Direktkontaktkühlers 3, der Reinigungseinrichtung 4 und des Tieftemperaturteils 7 weisen in dem Ausführungsbeispiel Kreisform, Rechteckform beziehungsweise eine komplexe Form auf. Diese Grundflächen sind auf einer Linie, zum Beispiel auf einer Hauptorientierungsachse 101 angeordnet. Zusätzlich verläuft diese Linie 101 auch durch die Grundfläche des Hauptluftverdichters 2. Hierdurch ergibt sich eine besonders kurze Einsatzgasverrohrung 52/53/54. Auch die Produktleitungen 105, 106, die gegenüber dem Eintritt der Einsatzleitung 54 parallel angeordnet sind, weisen eine besonders geringe Länge auf. Sie können sogar so kurz sein, dass eine eigene Rohrbrücke nicht benötigt wird.

[0050] Das Rechteck 102, das die Grundflächen von Direktkontaktkühler 3, Reinigungseinrichtung 4 und Tieftemperaturteil 7 umschließt, ist in der Ausdehnung, die in der Zeichnung vertikal verläuft, etwa um den Faktor 1,7 länger als in der dazu senkrechten Richtung (horizontal in der Zeichnung). Für das Rechteck 103, das auch die Grundfläche des Hauptluftverdichters und der mit ihm verbundenen Apparate umschließt, gilt ein Faktor von etwa 1,8. Hierdurch reichen eine kurze Rohrbrücke 109

und Sammelleitungen 107, 108 geringer Länge für die Produktabfuhr bzw. die Betriebsmittel-Zu- und Abfuhr aus; dies ist insbesondere bei mehrsträngigen Anlagen von Vorteil. (Die Zeichnung ist wegen ihres schematischen Charakters auch in dieser Hinsicht nicht unbedingt maßstäblich.)

[0051] Üblicherweise werden Direktkontaktkühler 3 und Verdunstungskühler 15 wegen ihrer funktionellen Beziehung als eine Einheit oder zumindest als unmittelbar benachbarte Einheiten angeordnet. In dem Ausführungsbeispiel ist der Verdunstungskühler 15 jedoch dem Tieftemperaturteil wesentlich näher als dem Direktkontaktkühler. Der Abstand 104 zwischen dem Verdunstungskühler 15 und dem Hauptwärmetauscher 8a beträgt etwa ein Fünftel des Abstandes zwischen dem Direktkontaktkühler 3 und dem Tieftemperaturteil 7. Hierdurch muss die Reststickstoffleitung zwischen dem Hauptwärmetauscher und dem Verdunstungskühler 15, die in der Zeichnung nicht dargestellt ist, nur eine relativ kurze Strecke überwinden und kann daher besonders kostengünstig realisiert werden; diese Einsparung fällt wegen des sehr großen Querschnitts der Reststickstoffleitung erheblich ins Gewicht. Die Kühlwasser-Verrohrung ist zwar länger, weist aber einen sehr viel geringeren Querschnitt auf und verteuert den Apparat nur unwesentlich.

[0052] Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlagen weisen regelmäßig eine oder mehrere Entspannungsmaschinen auf, die zur Erzeugung von Kälte durch arbeitsleistende Entspannung eines oder mehrerer Prozess-Ströme dienen und üblicherweise als Turbinen ausgebildet sind. Die Anlage des Ausführungsbeispiels weist vorzugsweise eine Turbine zur arbeitsleistenden Entspannung eines Teilstroms der Einsatzluft oder eines Produkt- oder Zwischenproduktstroms aus der Tieftemperaturzerlegung auf. Diese Turbine sitzt in einem Turbinenkasten 16, der in dem Ausführungsbeispiel am Übergangsabschnitt 10 zwischen Wärmetauscher-Box 8 und Rektifikationsbox 9 angeordnet ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung eines Produkts durch Tieftemperaturzerlegung eines Gasgemischs, insbesondere von Luft, mit einem Direktkontaktkühler (3) zur Kühlung des Einsatzgemischs, mit einer Reinigungsvorrichtung (4) zur Reinigung des gekühlten Einsatzgemischs und mit einem Tieftemperaturteil (7), der einen Hauptwärmetauscher (8a) zur Abkühlung des gereinigten Einsatzgemischs auf etwa Taupunkttemperatur und eine Destilliersäule (9a) zur Tieftemperaturzerlegung des Einsatzgemischs aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Direktkontaktkühler (3), die Reinigungsvorrichtung (4) und der Tieftemperaturteil (7) auf einer Linie (101) angeordnet sind und die Vorrichtung für einen Einsatzgasdurchsatz von 300.000 Nm³/h oder mehr ausge-

- legt ist, wobei die Anordnung "auf einer Linie" bedeutet, dass es mindestens eine horizontale Gerade geben muss, welche die Grundflächen aller drei genannten Anlagenkomponenten schneidet und unter "Grundfläche" hier die Aufstellfläche verstanden wird, die für die entsprechenden Anlagenkomponenten einschließlich der unmittelbar zugehörigen Funktionseinheiten wie zum Beispiel Pumpen und Armaturen benötigt wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** einen dem Direktkontaktkühler (3) vorgeschalteten Einsatzgasverdichter (2) zur Verdichtung des Einsatzgemischs, wobei der Einsatzgasverdichter (2), der Direktkontaktkühler (3), die Reinigungsvorrichtung (4) und der Tieftemperaturteil (7) auf einer Linie (101) angeordnet sind.
 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** einen dem Direktkontaktkühler (3) vorgeschalteten Einsatzgasverdichter (2) zur Verdichtung des Einsatzgemischs, wobei die Antriebswelle (11) des Einsatzgasverdichters (2) im Wesentlichen senkrecht zu der Linie (101) verläuft, auf welcher der Direktkontaktkühler (3), die Reinigungsvorrichtung (4) und der Tieftemperaturteil (7) angeordnet sind.
 4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** einen dem Direktkontaktkühler (3) vorgeschalteten Einsatzgasverdichter (2) zur Verdichtung des Einsatzgemischs, wobei die Antriebswelle des Einsatzgasverdichters (2) im Wesentlichen parallel zu der Linie (101) verläuft, auf welcher der Direktkontaktkühler (3), die Reinigungsvorrichtung (4) und der Tieftemperaturteil (7) angeordnet sind.
 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis der Ausdehnung des kleinsten Rechtecks (102; 103), das die Grundflächen des Direktkontaktkühlers (3), der Reinigungsvorrichtung (4) und des Tieftemperaturteils (7) und ggf. des Einsatzgasverdichters (2) einschließt, in Richtung einer Verbindungsgeraden (101) zwischen Direktkontaktkühler (3) und Tieftemperaturteil (7) zu der Ausdehnung in der dazu senkrechten Richtung größer als 1, insbesondere größer als 1,8 ist.
 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tieftemperaturteil (7) eine Wärmetauscher-Box (8), die mindestens einen Hauptwärmetauscher enthält, eine Rektifikationsbox (9), die mindestens eine Destilliersäule enthält, einen Übergangsabschnitt (10), der zwischen Wärmetauscher-Box (8) und Rektifikationsbox (9) angeordnet ist, und einen Turbinenkasten (16), der eine Entspannungsmaschine enthält, aufweist, wobei der Turbinenkasten (16) mit dem Übergangsabschnitt (10) verbunden ist.
 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit einer Einsatzgemischleitung (51, 52, 53, 54) zur Einleitung von Einsatzgemisch in den Hauptwärmetauscher und mit einer Produktleitung (105, 106) zum Abziehen des Produktstroms aus dem Hauptwärmetauscher, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einsatzgemischleitung (54) und die Produktleitung (104, 105) im Wesentlichen parallel zu einer Hauptorientierungsachse (101) verlaufen und an einander gegenüberliegenden Seiten des Hauptwärmetauschers angeordnet sind.
 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **gekennzeichnet durch** eine Sammelleitung (107, 108), in welche die Produktleitung (104, 105) an ihrem dem Hauptwärmetauscher abgewandten Ende einmündet, wobei die Sammelleitung (107, 108) im Wesentlichen senkrecht zur Hauptorientierungsachse (101) verläuft.
 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sammelleitung (107, 108) auf einer Rohrbrücke (109) oder auf dem Boden angeordnet ist.
 10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sammelleitung mit einer Produktleitung einer oder mehrerer weiteren Tieftemperaturzerlegungs-Vorrichtungen verbunden ist.
 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sammelleitung mit einem Speicherbehälter für Produkt verbunden ist.
 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hauptwärmetauscher (8a) ausschließlich als rekuperativer Wärmetauscher ausgeführt ist.
 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12 mit einem Kühlmittelkreislauf (61) zur Lieferung von Kühlmittel für den Direktkontaktkühler, wobei der Kühlmittelkreislauf einen Verdunstungskühler (15) zur Abkühlung von Kühlmittel im direkten Wärmeaustausch mit einem Gasstrom aus dem Tieftemperaturteil aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis des Abstandes zwischen Verdunstungskühler (15) und Direktkontaktkühler (3) zu dem Abstand (104) zwischen Verdunstungskühler (15) und Hauptwärmetauscher (8a) mindestens 0,5, insbesondere mindestens 1,0 beträgt.
 14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis des Abstandes zwi-

schen Verdunstungskühler (15) und Direktkontaktkühler (3) zu dem Abstand (104) zwischen Verdunstungskühler (15) und Hauptwärmetauscher (8a) mindestens 2, insbesondere mindestens 4 beträgt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand (104) zwischen Verdunstungskühler (15) und Hauptwärmetauscher (8a) höchstens 20 m, insbesondere höchstens 10 m beträgt.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand zwischen Verdunstungskühler und Direktkontaktkühler (3) mindestens 10 m, insbesondere mindestens 25 m beträgt.

Claims

1. Apparatus for producing a product by low-temperature separation of a gas mixture, in particular air, having a direct contact cooler (3) for cooling the feed mixture, having a purification apparatus (4) for purifying the cooled feed mixture, and having a low-temperature part (7), which includes a main heat exchanger (8a) for cooling the purified feed mixture to approximately dewpoint temperature and a distillation column (9a) for low-temperature separation of the feed mixture, **characterized in that** the direct contact cooler (3), the purification apparatus (4) and the low-temperature part (7) are arranged on one line (101) and the apparatus is designed for a feed gas throughput of 300 000 m³/h (s.t.p.) or more, wherein the arrangement "on one line" means that there must be at least one horizontal straight line which intercepts the base areas of all three installation components mentioned and, in the present context, the term "base area" is to be understood as meaning the standing surface area which is required for the corresponding installation components including the directly associated functional units, such as for example pumps and fittings.
2. Apparatus according to Claim 1, **characterized by** a feed gas compressor (2), connected upstream of the direct contact cooler (3), for compressing the feed mixture, the feed gas compressor (2), the direct contact cooler (3), the purification apparatus (4) and the low-temperature part (7) being arranged on one line (101).
3. Apparatus according to Claim 1 or 2, **characterized by** a feed gas compressor (2), connected upstream of the direct contact cooler (3), for compressing the feed mixture, the drive shaft (11) of the feed gas compressor (2) running substantially perpendicular to the line (101) on which the direct contact cooler (3), the purification apparatus (4) and the low-temperature part (7) are arranged.
4. Apparatus according to Claim 1, **characterized by** a feed gas compressor (2), connected upstream of the direct contact cooler (3), for compressing the feed mixture, the drive shaft of the feed gas compressor (2) running substantially parallel to the line (101) on which the direct contact cooler (3), the purification apparatus (4) and the low-temperature part (7) are arranged.
5. Apparatus according to any of Claims 1 to 4, **characterized in that** the ratio of the extent of the smallest rectangle (102; 103) which encloses the base areas of the direct contact cooler (3), the purification apparatus (4) and the low-temperature part (7) and if appropriate the feed gas compressor (2) in the direction of a connecting straight line (101) between direct contact cooler (3) and low-temperature part (7) to the extent in the direction perpendicular to the first direction is greater than 1, in particular greater than 1.8.
6. Apparatus according to any of Claims 1 to 5, **characterized in that** the low-temperature part (7) includes a heat exchanger box (8), which contains at least one main heat exchanger, a rectification box (9), which contains at least one distillation column, a transition section (10), which is arranged between the heat exchanger box (8) and rectification box (9), and a turbine casing (16), which contains an expansion machine, the turbine casing (16) being connected to the transition section (10).
7. Apparatus according to any of Claims 1 to 6, having a feed mixture line (51, 52, 53, 54) for introducing feed mixture into the main heat exchanger and having a product line (105, 106) for extracting the product stream from the main heat exchanger, **characterized in that** the feed mixture line (54) and the product line (104, 105) run substantially parallel to a main orientation axis (101) and are arranged on opposite sides of the main heat exchanger.
8. Apparatus according to Claim 7, **characterized by** a collection line (107, 108) into which the product line (104, 105) opens out at its end remote from the main heat exchanger, the collection line (107, 108) running substantially perpendicular to the main orientation axis (101).
9. Apparatus according to Claim 8, **characterized in that** the collection line (107, 108) is arranged on a pipe bridge (109) or on the ground.
10. Apparatus according to Claim 8 or 9, **characterized in that** the collection line is connected to a product

line of one or more further low-temperature separation apparatuses.

11. Apparatus according to either of Claims 8 and 9, **characterized in that** the collection line is connected to a storage tank for product. 5
12. Apparatus according to any of Claims 7 to 11, **characterized in that** the main heat exchanger (8a) is designed exclusively as a recuperative heat exchanger. 10
13. Apparatus according to any of Claims 1 to 12 having a coolant circuit (61) for delivering coolant for the direct contact cooler, the coolant circuit having an evaporative cooler (15) for cooling coolant in direct heat exchange with a gas stream from the low-temperature part, **characterized in that** the ratio of the distance between evaporative cooler (15) and direct contact cooler (3) to the distance (104) between evaporative cooler (15) and main heat exchanger (8a) is at least 0.5, in particular at least 1.0. 15 20
14. Apparatus according to Claim 13, **characterized in that** the ratio of the distance between evaporative cooler (15) and direct contact cooler (3) to the distance (104) between evaporative cooler (15) and main heat exchanger (8a) is at least 2, in particular at least 4. 25
15. Apparatus according to Claim 13 or 14, **characterized in that** the distance (104) between evaporative cooler (15) and main heat exchanger (8a) is at most 20 m, in particular at most 10 m. 30
16. Apparatus according to any of Claims 13 to 15, **characterized in that** the distance between evaporative cooler and direct contact cooler (3) is at least 10 m, in particular at least 25 m. 35

Revendications

1. Procédé de production d'un produit par séparation cryogénique d'un mélange gazeux, en particulier d'air, avec un refroidisseur à contact direct (3) pour le refroidissement du mélange de charge, avec un dispositif de purification (4) pour purifier le mélange de charge refroidi et avec une partie cryogénique (7), qui présente un échangeur de chaleur principal (8a) pour le refroidissement du mélange de charge purifié environ à la température du point de rosée et une colonne de distillation (9a) pour la séparation cryogénique du mélange de charge, **caractérisé en ce que** le refroidisseur à contact direct (3), le dispositif de purification (4) et la partie cryogénique (7) sont disposés sur une ligne (101) et le dispositif est conçu pour un débit de gaz de charge de 300 000 45 50 55

Nm³/h ou plus, dans lequel la disposition "sur une ligne" signifie qu'il doit y avoir au moins une droite horizontale, qui coupe les faces de base de tous les trois composants de l'installation précités et par "face de base" on entend ici la face de pose qui est nécessaire pour les composants correspondants de l'installation y compris les unités fonctionnelles directement correspondantes comme par exemple des pompes et des armatures.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé par** un compresseur de gaz de charge (2) monté avant le refroidisseur à contact direct (3) pour la compression du mélange de charge, dans lequel le compresseur de gaz de charge (2), le refroidisseur à contact direct (3), le dispositif de purification (4) et la partie cryogénique (7) sont disposés sur une ligne (101).
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé par** un compresseur de gaz de charge (2) monté avant le refroidisseur à contact direct (3) pour la compression du mélange de charge, dans lequel l'arbre d'entraînement (11) du compresseur de gaz de charge (2) est essentiellement perpendiculaire à la ligne (101), sur laquelle le refroidisseur à contact direct (3), le dispositif de purification (4) et la partie cryogénique (7) sont disposés.
4. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé par** un compresseur de gaz de charge (2) monté avant le refroidisseur à contact direct (3) pour la compression du mélange de charge, dans lequel l'arbre d'entraînement du compresseur de gaz de charge (2) est essentiellement parallèle à la ligne (101), sur laquelle le refroidisseur à contact direct (3), le dispositif de purification (4) et la partie cryogénique (7) sont disposés.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le rapport de l'extension du plus petit rectangle (102; 103), qui entoure les faces de base du refroidisseur à contact direct (3), du dispositif de purification (4) et de la partie cryogénique (7) et éventuellement du compresseur de gaz de charge (2) dans la direction d'une droite de liaison (101) entre le refroidisseur à contact direct (3) et la partie cryogénique (7) à l'extension dans la direction perpendiculaire à celle-ci, est supérieur à 1, en particulier supérieur à 1,8.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la partie cryogénique (7) présente un boîtier d'échangeur de chaleur (8), qui contient au moins un échangeur de chaleur principal, un boîtier de rectification (9), qui contient au moins une colonne de distillation, une section de transition (10), qui est disposée entre le boîtier d'échangeur de chaleur (8) et le boîtier de rectifica-

- tion (9), et un caisson de turbine (16), qui contient une machine de détente, dans lequel le caisson de turbine (16) est relié à la section de transition (10).
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, avec une conduite de mélange de charge (51, 52, 53, 54) pour l'introduction de mélange de charge dans l'échangeur de chaleur principal et avec une conduite de produit (105, 106) pour soutirer le courant de produit hors de l'échangeur de chaleur principal, **caractérisé en ce que** la conduite de mélange de charge (54) et la conduite de produit (104, 105) sont essentiellement parallèles à un axe d'orientation principal (101) et sont disposées sur des côtés opposés l'un à l'autre de l'échangeur de chaleur principal.
8. Dispositif selon la revendication 7, **caractérisé par** une conduite de collecte (107, 108), dans laquelle la conduite de produit (104, 105) débouche à son extrémité éloignée de l'échangeur de chaleur principal, dans lequel la conduite de collecte (107, 108) est essentiellement perpendiculaire à l'axe d'orientation principal (101).
9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la conduite de collecte (107, 108) est disposée sur une passerelle à tubes (109) ou sur le sol.
10. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la conduite de collecte est raccordée à une conduite de produit d'une ou de plusieurs autres installations de séparation cryogénique.
11. Dispositif selon une des revendications 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la conduite de collecte est raccordée à un réservoir d'accumulation pour le produit.
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, **caractérisé en ce que** l'échangeur de chaleur principal (8a) est constitué exclusivement par un échangeur de chaleur à récupération.
13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, avec un circuit d'agent réfrigérant (61) pour la fourniture d'agent réfrigérant pour le refroidisseur à contact direct, dans lequel le circuit d'agent réfrigérant présente un refroidisseur par évaporation (15) pour le refroidissement d'agent réfrigérant par échange de chaleur direct avec un courant de gaz provenant de la partie cryogénique, **caractérisé en ce que** le rapport de la distance entre le refroidisseur par évaporation (15) et le refroidisseur à contact direct (3) à la distance (104) entre le refroidisseur par évaporation (15) et l'échangeur de chaleur principal (8a) vaut au moins 0,5, en particulier au moins 1,0.
14. Dispositif selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le rapport de la distance entre le refroidisseur par évaporation (15) et le refroidisseur à contact direct (3) à la distance (104) entre le refroidisseur par évaporation (15) et l'échangeur de chaleur principal (8a) vaut au moins 2, en particulier au moins 4.
15. Dispositif selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** la distance (104) entre le refroidisseur par évaporation (15) et l'échangeur de chaleur principal (8a) vaut au plus 20 m, en particulier au plus 10 m.
16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, **caractérisé en ce que** la distance entre le refroidisseur par évaporation et le refroidisseur à contact direct (3) vaut au moins 10 m, en particulier au moins 25 m.

