(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 503 269 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
24.04.2019 Patentblatt 2019/17

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

(21) Anmeldenummer: **12001385.9**

(22) Anmeldetag: **01.03.2012**

(54) Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft

Device for cryogenic decomposition of air

Dispositif de décomposition à basse température de l'air

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **25.03.2011 DE 102011015233**
21.04.2011 EP 11003383

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.09.2012 Patentblatt 2012/39

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

(72) Erfinder: **Rampp, Augustin**
82393 Iffeldorf (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 239 254
WO-A2-2011/116981
US-A- 6 148 637
US-A1- 2007 199 344
US-A1- 2008 307 828
US-A1- 2009 211 295

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).

EP 2 503 269 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine solche Vorrichtung ist aus der WO 2011/116981 A2 bekannt.

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

[0003] Das "Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung" der Erfindung kann als Einzelsäule, als Zwei-Säulen-System (zum Beispiel als klassisches Linde-Doppelsäulensystem), oder auch als Drei- oder Mehr-Säulen-System ausgebildet sein. Zusätzlich zu den Kolonnen im Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung können weitere Vorrichtungen zur Gewinnung hochreiner Produkte und/oder anderer Luftkomponenten, insbesondere von Edelgasen vorgesehen sein, beispielsweise eine Argongewinnung und/oder eine Krypton-Xenon-Gewinnung.

[0004] Ein "Hauptwärmetauscher" dient zur Abkühlung von Einsatzluft in indirektem Wärmeaustausch mit Rückströmen aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung (oder aus weiteren Säulen) und kann grundsätzlich durch einen einzelnen Wärmetauscher-Block gebildet sein. Der Hauptwärmetauscher kann aus einem oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscher-Blöcken gebildet sein, zum Beispiel aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscher-Blöcken. Bei der Erfindung weist der Hauptwärmetauscher mindestens zwei Wärmetauscher-Blöcke auf.

[0005] Ein "Unterkühlungs-Gegenströmer" ist eine vom Hauptwärmetauscher getrennte Einheit und dient dazu, eine oder mehrere Flüssigkeiten aus einer der Säulen des Destilliersäulen-Systems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung oder auch aus einer Mischsäule im Gegenstrom zu einem oder mehreren kalten gasförmigen Rückströmen zu unterkühlen oder anzuwärmen. Diese Rückströme kommen aus einer Säule des Destilliersäulen-Systems (bei Zwei- oder Mehr-Säulen-Systemen in der Regel aus der Niederdrucksäule) und werden regelmäßig stromabwärts des Unterkühlungs-Gegenströmers in eine andere Säule oder einen Kondensator-Verdampfer eingeleitet. Beispielsweise werden in einem Unterkühlungs-Gegenströmer flüssige Ströme, die mit Siedetemperatur aus einer Säule mit höheren Druck (zum Beispiel der Hochdrucksäule eines Zwei-Säulen-Systems) in eine Säule mit niedrigerem Druck (zum Beispiel die Niederdrucksäule) entspannt werden, möglichst nahe an die Siedetemperatur abgekühlt, die dem niedrigeren Druckniveau entspricht. Dabei wird die Dampfmenge (Flash) bei der Entspannung vom höheren auf den niedrigeren Druck minimiert. Wenn flüssiger Sauerstoff aus einer Niederdrucksäule vor der Einspeisung in eine Mischsäule durch den Unterkühlungs-Gegenströmer geführt wird, wird dieser umgekehrt angewärmt, um möglichst nahe an den Siedepunkt unter dem - regelmäßig höheren - Druck der Mischsäule zu gelangen. Im Gegenzug dazu werden die kalten Rückströme, die mit der Tautemperatur aus den Säulen kommen, unter dem niedrigeren Druck angewärmt. Da diese Ströme in den Hauptwärmetauscher gehen, wird die Prozessluft in die Hochdrucksäule ebenfalls wärmer, das heißt sie ist der Tautemperatur näher. Der Anteil der vorverflüssigten Luft wird minimiert.

[0006] Eine spezielle Klasse von Luftzerlegungsanlagen weist eine Mischsäule auf, in der flüssiger Sauerstoff aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung in Gegenstrom-Stoffaustausch mit einem Teil der Einsatzluft gebracht wird. Solche Systeme sind seit den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts bekannt (DE 2204376 = US 4022030). Außerdem sind solche Verfahren in US 5454227, US 5490391, DE 19803437 A1, DE 19951521 A1, EP 1139046 B1 (= US 2001052244 A1), EP 1284404 A1 (=US 6662595 B2), DE 10209421 A1, DE 10217093 A1, EP 1376037 B1 (=US 6776004 B2), EP 1387136 A1 und EP 1666824 A1 offenbart.

[0007] Eine Coldbox dient zur thermischen Isolierung von Anlagenteilen (siehe zum Beispiel Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 1985, insbesondere Seiten 490 und 491). Unter einer "Coldbox" wird hier eine isolierende Umhüllung verstanden, die einen wärmeisolierten Innenraum vollständig mit Außenwänden umfasst; in dem Innenraum sind zu isolierenden Anlagenteile angeordnet, zum Beispiel ein oder mehrere Trennsäulen und/oder Wärmetauscher. Die isolierende Wirkung kann durch entsprechende Ausgestaltung der Außenwände und/oder durch die Füllung des Zwischenraums zwischen Anlagenteilen und Außenwänden mit einem Isoliermaterial bewirkt werden. Bei der letzteren Variante wird vorzugsweise ein pulverförmiges Material wie zum Beispiel Perlite verwendet. Sowohl das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung als auch der Hauptwärmetauscher und der Unterkühlungs-Gegenströmer müssen von einer oder mehreren Coldboxen umschlossen sein.

[0008] Bei kleineren Anlagen sitzt der Unterkühlungs-Gegenströmer neben den Destilliersäulen. Überschreitet der zusätzliche Platzbedarf des Unterkühlungs-Gegenströmer das Transportmaß der Säulen-Coldbox, wird dieser in der Hauptwärmetauscher-Box (der "ersten Coldbox") neben dem Hauptwärmetauscher untergebracht.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine besonders günstige Anordnung der Anlagenteile zu finden.

[0010] Diese Aufgabe wird dadurch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0011] Alle Angaben zur räumlichen Orientierung beziehen sich hier auf Ausrichtung der Vorrichtung während des Betriebs der Kolonnen.

[0012] Ein Behälter (zum Beispiel eine Säule oder ein Wärmetauscher) befindet sich "oberhalb" (beziehungs-

weise "unterhalb") eines anderen Behälters, wenn sich seine Unterkante (Oberkante) auf höherem (niedrigerem) geodätischen Niveau als die Oberkante (Unterkante) des anderen Behälters befindet. Dabei kann, muss aber nicht eine vertikale Linie existieren, die durch beide Behälter hindurchgeht. In der Projektion auf eine horizontale Ebene können sich die Querschnitte der beiden Behälter überschneiden, sie können aber auch vollständig versetzt zueinander angeordnet sein Analog ist der Begriff "übereinander" zu verstehen.

[0013] Die erfindungsgemäße Anordnung des Unterkühlungs-Gegenströmers unterhalb des Hauptwärmetauschers erscheint zunächst widersinnig, weil der Unterkühlungs-Gegenströmer ein wesentlich kleineres Volumen aufweist und damit die Kombination aus Hauptwärmetauscher und Unterkühlungs-Gegenströmer sozusagen auf dem Kopf steht. Im Rahmen der Erfindung hat sich jedoch herausgestellt, dass die erfindungsgemäße Anordnung überraschend große Vorteile bringt. Insbesondere können der oder die Gasströme, die aus dem Destilliersäulen-System oder einer Mischsäule kommen und zunächst im Unterkühlungs-Gegenströmer angewärmt werden, mit sehr geringem Verrohrungsaufwand aus dem oberen Ende des Unterkühlungs-Gegenströmers in das untere Ende des Hauptwärmetauschers eingeführt werden. Außerdem ergibt sich gegenüber einer Nebeneinander-Anordnung von Hauptwärmetauscher und Unterkühlungs-Gegenströmer eine geringere Breite der ersten Coldbox, sodass diese einfacher transportiert werden kann beziehungsweise mehr Hauptwärmetauscher-Volumen innerhalb der maximal zulässigen Transportbreite realisiert werden kann.

[0014] Im Rahmen der Erfindung wird der Unterkühlungs-Gegenströmer direkt an dem Hauptwärmetauscher aufgehängt, und zwar über mindestens eine Rohrleitung, die Hauptwärmetauscher und Unterkühlungs-Gegenströmer strömungstechnisch verbindet. Er kann mit einem, mehreren oder allen Wärmetauscher-Blöcken des Hauptwärmetauschers verbunden werden. Gegenüber einer Abstützung am Boden vermeidet man dadurch einen Festpunkt, und aufwändige Dehnschleifen in den Verbindungen zwischen Hauptwärmetauscher und Unterkühlungs-Gegenströmer können entfallen. Die Aufhängung kann über eine oder alle Rohrleitungen erfolgen, die Hauptwärmetauscher und Unterkühlungs-Gegenströmer strömungstechnisch verbinden, oder durch eine Auswahl der verfahrenstechnisch notwendigen Rohrleitungen. Vorzugsweise wird auf jede sonstige Abstützung verzichtet.

[0015] Der vertikale Abstand zwischen unterem Ende des Hauptwärmetauschers und oberem Ende des Unterkühlungs-Gegenströmer beträgt bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung beispielsweise 1 bis 7 m, vorzugsweise 2 bis 5 m.

[0016] Der im Folgenden verwendete Begriff "Querschnitt des Hauptwärmetauschers" ist als das kleinste horizontale Rechteck zu verstehen, das die Querschnitte aller Wärmetauscher-Blöcke überdeckt, die den Hauptwärmetauscher bilden.

[0017] Vorzugsweise sind bei der Erfindung Unterkühlungs-Gegenströmer und Hauptwärmetauscher so angeordnet, dass sich die vertikalen Projektionen der Querschnitte von Unterkühlungs-Gegenströmer und Hauptwärmetauscher auf eine horizontale Ebene überschneiden und insbesondere die vertikale Projektion des Querschnitts des Hauptwärmetauschers auf eine horizontale Ebene die entsprechende Projektion des Querschnitts des Unterkühlungs-Gegenströmers vollständig überdeckt. Im letzteren Fall ist der Unterkühlungs-Gegenströmer auch im Sinne der Alltagssprache vollständig unterhalb des Hauptwärmetauschers angeordnet. In der am meisten bevorzugten Anordnung sitzt der Unterkühlungs-Gegenströmer mittig unter den Hauptwärmetauscher-Blöcken.

[0018] Es ist günstig, wenn die Vorrichtung eine zweite, von der ersten Coldbox getrennte Coldbox aufweist, innerhalb der mindestens eine Säule des Destilliersäulen-Systems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung angeordnet ist. Durch die Aufteilung auf zwei oder mehr Coldboxen können auch mittelgroße Anlagen weitgehend vorgefertigt werden, ohne dass die zulässigen Transportmaße überschritten werden. Jede Coldbox wird mit Ihren Einbauten vollständig in der Fabrik vorgefertigt. Die Coldboxen werden separat zur Baustelle gebracht, dort aufgestellt und miteinander verbunden.

[0019] Dabei können alle Säulen des Destilliersäulen-Systems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung außerhalb der ersten Coldbox angeordnet sein, insbesondere in der zweiten Coldbox. Im letzteren Fall sind also alle kalten Teile der Vorrichtung in genau zwei einzeln transportierbaren Coldboxen untergebracht.

[0020] Wie oben erwähnt kann die erfindungsgemäße Anordnung des Unterkühlungs-Gegenströmers bei allen Typen von Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlagen eingesetzt werden, also insbesondere bei Ein- oder Zwei-Säulen-Systemen ohne Mischsäule. Die Erfindung kann auch auf Mischsäulenanlagen angewendet werden, wobei die Mischsäule vorzugsweise in der zweiten Coldbox angeordnet ist. Ausführungsbeispiele für entsprechende Anordnungen sind in der WO 2011116981 A2 beschrieben.

[0021] Die Vorrichtung weist in diesem Fall außerdem Mittel zum Einleiten von Einsatzluft über den Hauptwärmetauscher in die Mischsäule auf, sowie eine Flüssigsauerstoffleitung zum Einleiten von flüssigem Sauerstoff aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung (insbesondere aus einer Niederdrucksäule) in den oberen Bereich der Mischsäule und eine Sauerstoffproduktleitung zum Abziehen von Sauerstoffgas aus dem oberen Bereich der Mischsäule durch den Hauptwärmetauscher.

[0022] Grundsätzlich kann der Hauptwärmetauscher an jeder beliebigen Stelle abgestützt werden. Es ist jedoch besonders günstig, wenn der Hauptwärmetauscher durch Aufhängung von oben befestigt ist, insbesondere indem er an Trägern am oberen Ende des der Blöcke

aufgehängt ist. Eine derartige Konstruktion ist zum Beispiel in EP 1239254 B1 (= US 7325594 B2) im Detail gezeigt.

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

Figur 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung in horizontaler Querschnittsdarstellung und

Figur 2 dieselbe Vorrichtung die erste Coldbox as erste Ausführungsbeispiel in vertikaler Querschnittsdarstellung.

[0024] Das Ausführungsbeispiel weist eine erste Coldbox 12 und eine zweite Coldbox 3 auf. Von den beiden Coldboxen 3 sind in Figur 1 nur die seitlichen Außenwände dargestellt. Details wie Rohrleitungen, Ventile und das Innere der Apparate 1, 2, 5, 6 sind nicht gezeigt. Der Zwischenraum zwischen den Apparaten 1, 2, 5, 6 und der Außenwand der gemeinsamen Coldbox 3 ist mit Perlite gefüllt. Die Ober- und Unterseiten jeder Coldbox werden durch je eine separate Außenwand gebildet.

[0025] In der ersten Coldbox 12 sind ein Hauptwärmetauscher 6 und ein Unterkühlungs-Gegenströmer 2 angeordnet. Der Hauptwärmetauscher 6 wird aus mehr als einem Wärmetauscher-Block gebildet, nämlich in dem Beispiel aus zwei parallel geschalteten und nebeneinander angeordneten Plattenwärmetauscher-Blöcken. Der "Querschnitt" 20 des Hauptwärmetauschers wird hier durch das kleinste horizontale Rechteck gebildet, das die Querschnitte aller Blöcke überdeckt, die den Hauptwärmetauscher bilden und in Figur 1 durch eine punktierte Linie repräsentiert wird. Der Unterkühlungs-Gegenströmer 2 wird durch einen einzigen Plattenwärmetauscher-Block gebildet und ist zentral unterhalb des Hauptwärmetauschers angeordnet. Es ist günstig, wenn der Unterkühlungs-Gegenströmer möglichst weit unten angeordnet ist und damit der Höhenunterschied zwischen dem Sumpf der Hochdrucksäule und den Einspeisestellen der zu unterkühlenden Flüssigströme in den Unterkühlungs-Gegenströmer möglichst gering ist.

[0026] Das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung des Ausführungsbeispiels weist eine Hochdrucksäule und eine Niederdrucksäule auf, die als klassische Doppelsäule 5 realisiert und in der zweiten Coldbox 3 untergebracht sind. Die Doppelsäule 5 ist über ein nicht dargestelltes Gestell auf dem Boden 4 der gemeinsamen Coldbox 3 abgestützt. In der zweiten Coldbox ist außerdem eine Mischsäule 1 angeordnet, die sich über Verbindungselemente 10, 11 an der Doppelsäule 5 abstützt.

[0027] Die Mischsäule 1 stützt sich ausschließlich an der Doppelsäule ab, und zwar über mindestens zwei Verbindungselemente die jeweils im oberen und unteren Bereich der Mischsäule 1 angeordnet sind. Die Art der Verbindung ist in der WO 2011116981 A2 näher erläutert. Das obere Verbindungselement besteht aus einem Paar von Elementen 10, 11 und ist in Figur 1 dargestellt.

[0028] Der gestrichelte Kreis 1a stellt eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels dar, bei der die Mischsäule abweichend angeordnet ist.

[0029] In Figur 2 ist außerdem eine der Rohrleitungsverbindungen 13 zwischen Hauptwärmetauscher 6, Unterkühlungs-Gegenströmer 2 und zweiter Coldbox 3 zeichnerisch angedeutet. (Die üblichen weiteren Verbindungen zwischen Destilliersäulen-System und Hauptwärmetauscher sind hier nicht dargestellt.) Über Leitung 16 wird reiner oder unreiner Stickstoff aus der Niederdrucksäule (oberer Teil der Doppelsäule 5) herangeführt und in das untere Ende des Unterkühlungs-Gegenströmers 2 eingespeist. Der im Unterkühlungs-Gegenströmer angewärmte Stickstoff wird über Leitung 17 aus dem oberen Ende des Unterkühlungs-Gegenströmers 2 entnommen, über ein Paar von Leitungen 18, 19 auf die beiden Blöcke des Hauptwärmetauschers 6 aufgeteilt und strömt in deren unteres Ende ein. Am oberen, warmen Ende des Hauptwärmetauschers wird der Stickstoff dann unter etwa Umgebungstemperatur entnommen (nicht dargestellt). In dem Ausführungsbeispiel ist der Unterkühlungs-Gegenströmer ausschließlich über die Leitungen 17, 18 und 19 an dem Hauptwärmetauscher 6 aufgehängt; weitere Abstützungs- oder Aufhängungseinrichtungen sind nicht vorgesehen. Alternativ können eine oder mehrere weitere Rohrleitungen, die Hauptwärmetauscher und Unterkühlungs-Gegenströmer strömungstechnisch verbinden, zur Aufhängung des Unterkühlungs-Gegenströmers am Hauptwärmetauscher eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mit einem Hauptwärmetauscher (6), der mindestens zwei Wärmetauscher-Blöcke aufweist, mit einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung (5), das mindestens eine Hochdrucksäule aufweist, mit einem vom Hauptwärmetauscher getrennten Unterkühlungs-Gegenströmer (2), der durch einen Wärmetauscher-Block gebildet wird, mit Mitteln zum Einleiten von Einsatzluft über den Hauptwärmetauscher (6) in die Hochdrucksäule, mit Mitteln zum Einleiten eines Flüssigstroms aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung (5) in den Unterkühlungs-Gegenströmer (2) und mit Mitteln zum Einleiten eines Gasstroms (16) aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung (5) in den Unterkühlungs-Gegenströmer (2), wobei der Hauptwärmetauscher (6) und der Unterkühlungs-Gegenströmer (2) in einer ersten Coldbox (12) angeordnet sind und das obere Ende des Unterkühlungs-Gegenströmers (2) unterhalb des unteren Endes des Hauptwärmetauschers (6) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Unterkühlungs-Gegenströmer (2) über mindestens

eine Rohrleitung (17, 18, 19), die Hauptwärmetauscher (6) und Unterkühlungs-Gegenströmer (2) strömungstechnisch verbindet, an dem Hauptwärmetauscher (6) aufgehängt ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die vertikalen Projektionen der Querschnitte von Unterkühlungs-Gegenströmer (2) und Hauptwärmetauscher (6) auf eine horizontale Ebene überschneiden.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vertikale Projektion des Querschnitts (20) des Hauptwärmetauschers (6) auf eine horizontale Ebene die entsprechende Projektion des Querschnitts des Unterkühlungs-Gegenströmers (2) vollständig überdeckt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Säule des Destilliersäulen-Systems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung (5) in einer zweiten, von der ersten Coldbox (12) getrennten Coldbox (3) angeordnet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Säulen des Destilliersäulen-Systems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung (5) außerhalb der ersten Coldbox (12) angeordnet sind, insbesondere in der zweiten Coldbox (3).

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **gekennzeichnet durch** eine Mischsäule (1, 1a), die in der zweiten Coldbox (3) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hauptwärmetauscher (6) durch Aufhängung von oben befestigt ist.

Claims

1. Device for the low-temperature separation of air having a main heat exchanger (6) which comprises at least two heat-exchanger blocks, having a distillation column system for nitrogen-oxygen separation (5) that has at least one high-pressure column, having a subcooling-counterflow heat exchanger (2) which is separate from the main heat exchanger and is formed by a heat-exchanger block, having means for introducing feed air via the main heat exchanger (6) into the high-pressure column, having means for introducing a liquid stream from the distillation column system for nitrogen-oxygen separation (5) into the subcooling-counterflow heat exchanger (2) and having means for introducing a gas stream (16) from the distillation column system for nitrogen-oxygen separation (5) into the subcooling-counterflow heat exchanger (2), wherein the main heat exchanger (6) and the subcooling-counterflow heat exchanger (2) are arranged in a first cold box (12) and the top end of the subcooling-counterflow heat exchanger (2) is arranged below the bottom end of the main heat exchanger (6), **characterized in that** the subcooling-counterflow heat exchanger (2), via at least one pipeline (17, 18, 19) which flow-connects main heat exchanger (6) and subcooling-counterflow heat exchanger (2), is suspended on the main heat exchanger (6).

2. Device according to Claim 1, **characterized in that** the vertical projections of the cross sections of subcooling-counterflow heat exchanger (2) and main heat exchanger (6) intersect on a horizontal plane.

3. Device according to Claim 2, **characterized in that** the vertical projection of the cross section (20) of the main heat exchanger (6) on to a horizontal plane completely covers the corresponding projection of the cross section of the subcooling-counterflow heat exchanger (2).

4. Device according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** at least one column of the distillation column system for nitrogen-oxygen separation (5) is arranged in a second cold box (3) that is separate from the first cold box (12).

5. Device according to Claim 4, **characterized in that** all columns of the distillation column system for nitrogen-oxygen separation (5) are arranged outside the first cold box (12), in particular in the second cold box (3).

6. Device according to either of Claims 4 or 5, **characterized by** a mixed column (1, 1a) which is arranged in the second cold box (3).

7. Device according to any one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the main heat exchanger (6) is attached by suspension from the top.

Revendications

1. Dispositif pour la décomposition à basse température de l'air avec un échangeur de chaleur principal (6), qui présente au moins deux blocs d'échangeur de chaleur, avec un système de colonnes de distillation pour la séparation azote - oxygène (5), qui présente au moins une colonne à haute pression, avec un échangeur à contre-courant de sous-refroidissement (2) séparé de l'échangeur de chaleur principal, qui est formé par un bloc d'échangeur de chaleur, avec des moyens pour introduire de l'air de charge par l'échangeur de chaleur principal (6) dans la colonne à haute pression, avec des moyens pour in-

troduire un premier courant liquide provenant du système de colonnes de distillation pour la séparation azote - oxygène (5) dans l'échangeur à contre-courant de sous-refroidissement (2) et avec des moyens pour introduire un courant de gaz (16) provenant du système de colonnes de distillation pour la séparation azote - oxygène (5) dans l'échangeur à contre-courant de sous-refroidissement (2), dans lequel l'échangeur de chaleur principal (6) et l'échangeur à contre-courant de sous-refroidissement (2) sont disposés dans une première boîte froide (12) et l'extrémité supérieure de l'échangeur à contre-courant de sous-refroidissement (2) est disposée en dessous de l'extrémité inférieure de l'échangeur de chaleur principal (6), **caractérisé en ce que** l'échangeur à contre-courant de sous-refroidissement (2) est suspendu à l'échangeur de chaleur principal (6) par au moins une conduite tubulaire (17, 18, 19), qui relie en écoulement l'échangeur de chaleur principal (6) et l'échangeur à contre-courant de sous-refroidissement (2).

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les projections verticales des sections transversales de l'échangeur à contre-courant de sous-refroidissement (2) et de l'échangeur de chaleur principal (6) sur un plan horizontal se coupent.

3. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la projection verticale de la section transversale (20) de l'échangeur de chaleur principal (6) sur un plan horizontal recouvre entièrement la projection correspondante de la section transversale de l'échangeur à contre-courant de sous-refroidissement (2).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**au moins une colonne du système de colonnes de distillation pour la séparation azote - oxygène (5) est disposée dans une seconde boîte froide (3) séparée de la première boîte froide (12).

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en que toutes les colonnes du système de colonnes de distillation pour la séparation azote - oxygène (5) sont disposées à l'extérieur de la première boîte froide (12), en particulier dans la seconde boîte froide (3).

6. Dispositif selon une des revendications 4 ou 5, **caractérisé par** une colonne mixte (1, la), qui est disposée dans la seconde boîte froide (3).

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'échangeur de chaleur principal (6) est fixé par le haut par suspension.

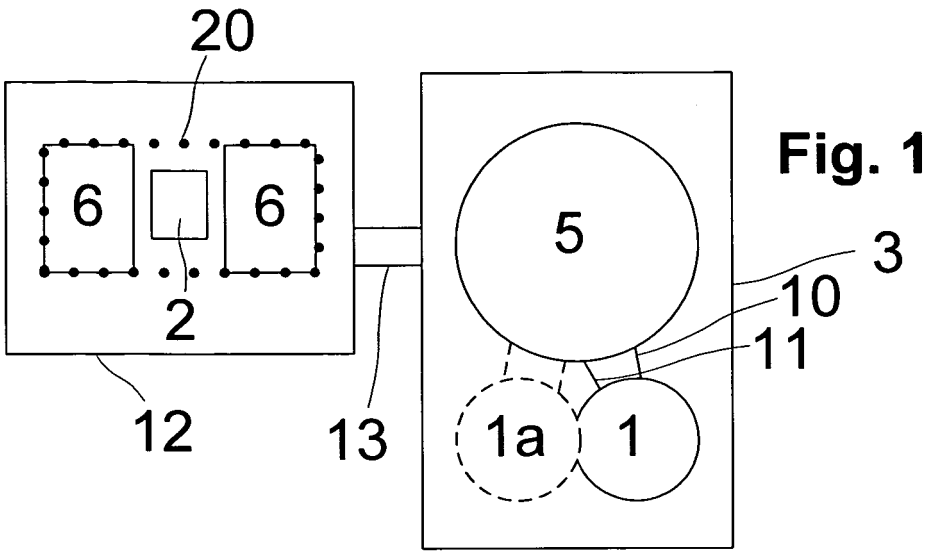

Fig. 1

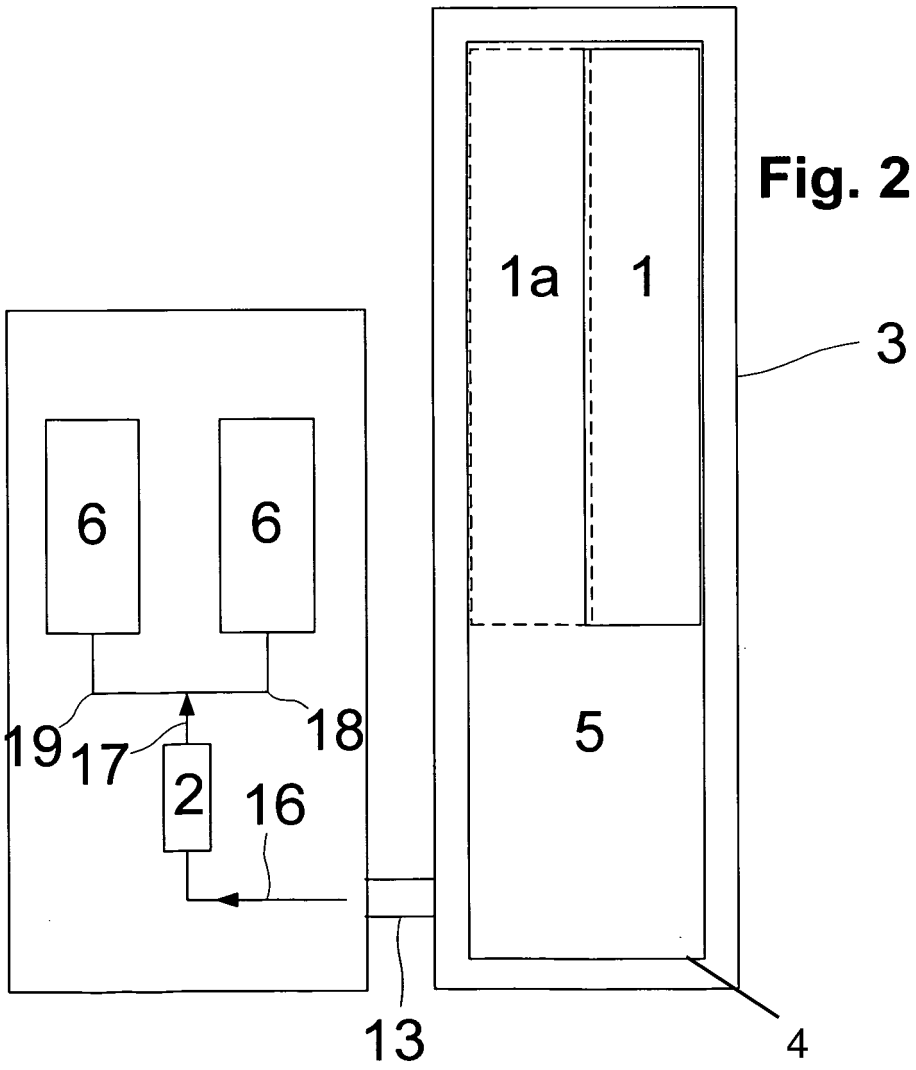

Fig. 2

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

- WO 2011116981 A2 **[0001] [0020] [0027]**
- US 4022030 A **[0006]**
- US 5454227 A **[0006]**
- US 5490391 A **[0006]**
- DE 19803437 A1 **[0006]**
- DE 19951521 A1 **[0006]**
- EP 1139046 B1 **[0006]**
- US 2001052244 A1 **[0006]**
- EP 1284404 A1 **[0006]**
- US 6662595 B2 **[0006]**
- DE 10209421 A1 **[0006]**
- DE 10217093 A1 **[0006]**
- EP 1376037 B1 **[0006]**
- US 6776004 B2 **[0006]**
- EP 1387136 A1 **[0006]**
- EP 1666824 A1 **[0006]**
- EP 1239254 B1 **[0022]**
- US 7325594 B2 **[0022]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

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