

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 311 790 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:

25.05.2005 Patentblatt 2005/21

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

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2001/009346

(21) Anmeldenummer: **01976074.3**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

(22) Anmeldetag: **13.08.2001**

WO 2002/016846 (28.02.2002 Gazette 2002/09)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER LUFTZERLEGUNGSANLAGE**

METHOD FOR PRODUCING AN AIR SEPARATION INSTALLATION

PROCEDE DE PRODUCTION D'UN SYSTEME DE SEPARATION D'AIR

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

• **BADER, Wolfgang**

82067 Ebenhausen (DE)

(30) Priorität: **18.08.2000 DE 10040396**

19.10.2000 EP 00122768

(74) Vertreter: **Gellner, Bernd, Dr.**

**Linde AG,
Abraham-Lincoln-Strasse 21
65189 Wiesbaden (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

21.05.2003 Patentblatt 2003/21

(56) Entgegenhaltungen:

DE-A- 2 822 774

FR-A- 2 649 962

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

FR-A- 2 780 147

US-A- 5 461 871

US-A- 5 912 425

(72) Erfinder:

• **MÖLLER, Stefan**

81669 München (DE)

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

EP 1 311 790 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Anlage zur Durchführung eines Tieftemperaturluftzerlegungsverfahrens, bei dem mindestens ein Bestandteil der Einsatzluft mittels einer ausgewählten Verfahrensvariante als Produkt gewonnen wird, wobei die Anlage mindestens eine Coldbox aufweist, in der mindestens ein Modul angeordnet wird.

[0002] Tieftemperaturluftzerlegungsanlagen gewinnen durch Zerlegung von Umgebungsluft große Mengen Sauerstoff, Stickstoff, Argon und gegebenenfalls weitere Edelgase. Derartige Anlagen werden auf Grundlage der vom Kunden vorgegebenen Produktspezifikationen ausgelegt. Der Kunde definiert die von ihm gewünschten Produktarten, beispielsweise Sauerstoff, Stickstoff und Argon, deren jeweilige Mengen, Drücke und Reinheiten, ob die Produkte gasförmig und / oder flüssig gewonnen werden sollen, und die Dynamik der Anlage bei Umstellungen und Änderungen der Produktion.

[0003] Anhand dieser Produktspezifikationen wählt der Hersteller der Anlage ein bestimmtes Luftzerlegungsverfahren bzw. eine bestimmte Verfahrensvariante, die hierfür erforderlichen Anlagenkomponenten, wie Maschinen und Apparate, die Instrumentierung, Automatisierung und Steuerung aus. Alle diese Komponenten müssen aufeinander abgestimmt werden.

[0004] In der Praxis bedeutet dies, dass jede Anlage neu konzipiert und ausgelegt werden muss. Hierbei sind neben den Kundenspezifikationen zahlreiche physikalische und fertigungstechnische Randbedingungen zu beachten, wie zum Beispiel zulässige Drücke, maximale Mengen und Herstellbarkeit der erforderlichen Baugruppen. Die Konzipierung einer Luftzerlegungsanlage ist daher sehr aufwändig und kostspielig.

[0005] Aufgabe vorliegender Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung einer Luftzerlegungsanlage aufzuzeigen, welches den mit der Konzipierung, Auslegung und Fertigung verbundenen Aufwand verringert.

[0006] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass mehrere Größenklassen vordefiniert werden, wobei eine Größenklasse die Abmessungen der Coldbox dieser Größenklasse festlegt und die Coldbox jeder Größenklasse so groß ist, dass in der Coldbox das Modul für mindestens zwei unterschiedliche Produktmengenanforderungen und / oder mindestens zwei unterschiedliche Verfahrensvarianten unterbringbar ist, und dass eine Coldbox einer bestimmten Größenklasse ausgewählt wird und das Modul in der Coldbox der ausgewählten Größenklasse angeordnet wird.

[0007] Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung werden die Bestandteile der Tieftemperaturluftzerlegungsanlage begrifflich in Module, Zubehörteile und die Verrohrung unterteilt. Die Module umfassen alle Bauteile, die eine der für die Luftzerlegung spezifischen Funktionen ermöglichen. Dies sind insbesondere Maschinen

wie z.B. Verdichter, Kompressoren, Expansionsmaschinen und kryogene Pumpen, Vorrichtungen zur Luftreinigung, wie z.B. Molsiebe und Adsorber, Wärmeaustauschvorrichtungen, wie z.B. Hauptwärmetauscher, Hauptkondensator, Kopfkondensatoren, Nebenkondensatoren und Unterkühlungsgegenströmer, sowie Apparate zur Zerlegung der Luft, wie Gegenströmer und Rektifiziersäulen. Unter einem "kalten Modul" wird ein Modul verstanden, welches mit einer thermischen Isolierung, einer sogenannten Coldbox, versehen wird.

[0008] Bisher wurden die einzelnen Module einer Luftzerlegungsanlage unter Berücksichtigung der vom Kunden gewünschten Produktspezifikationen und der am Aufstellungsort der Anlage vorliegenden Luftbedingungen sowie aufgrund weiterer Nebenbedingungen, wie gesetzliche Vorschriften und Normen, ausgewählt. Die kalten Module, d.h. die Module, die thermisch isoliert werden müssen, und deren Zubehörteile wurden dann einzeln oder zu Gruppen zusammengefasst in eine oder mehrere Coldboxen eingebracht, die genau an die Abmessungen der Module oder der Gruppen von Modulen angepasst wurden.

[0009] Erfindungsgemäß werden die Abmessungen der Coldbox oder der Coldboxen, in denen ein oder mehrere der thermisch zu isolierenden Module untergebracht sind, nicht mehr punktgenau auf die Module ausgelegt. Es werden vielmehr mehrere Größenklassen von Coldboxen vordefiniert, so dass nur noch eine begrenzte Anzahl von Coldboxgrößen zur Verfügung steht.

[0010] Anhand der oben genannten Kriterien, wie Produktspezifikationen usw., werden zunächst die für die herzustellende Tieftemperaturluftzerlegungsanlage geplanten Module ausgesucht. Je nach Größe der Anlage werden die kalten Module, die in Coldboxen untergebracht werden sollen, in Gruppen eingeteilt. Die Einteilung der Gruppen erfolgt vorzugsweise so, dass sich, nachdem die Modulgruppen in den Coldboxen angeordnet sind, ein oder mehrere transportable Einheiten ergeben, und bevorzugt so, dass funktionelle Einheiten entstehen. Beispielsweise werden die Drucksäule, die Niederdrucksäule und der Hauptkondensator zu einer Stickstoff-Sauerstoff-Rektifikationseinheit zusammengefasst.

[0011] Entsprechend den zu isolierenden Modulen oder Modulgruppen wird dann eine Größenklasse ausgewählt und die Module werden in eine Coldbox mit den Abmessungen der gewählten Größenklasse eingebracht. Die einzelnen Größenklassen werden vorher, unabhängig von der aktuellen anhand der Kundenspezifikationen konzipierten Anlage, festgelegt. Innerhalb einer Größenklasse ist jedem Modul bzw. jeder Modulgruppe, die bei den verschiedenen Verfahrensvarianten und Anlagengrößen vorkommen, eine feste Coldboxgröße zugeordnet.

[0012] Die erfindungsgemäße Größenklassifizierung soll anhand des folgenden Beispiels verdeutlicht werden. Es werden fünf Größenklassen vordefiniert, wobei

innerhalb einer Größenklasse eine erste Coldboxgröße für das Drucksäulenmodul, eine zweite Coldboxgröße für das Niederdrucksäulenmodul, eine weitere Coldboxgröße für das Argonrektifikationsmodul und beispielsweise eine vierte Coldboxgröße für das Energieaustauschmodul mit den Hauptwärmetauschern festgelegt wird. Entsprechend den Kundenwünschen, der beabsichtigten Luftzerlegungsverfahrensvariante und den übrigen Randbedingungen werden die Größe, Ausführung, Anordnung und Kombination der einzelnen Module bestimmt. Dabei ergibt sich z.B. ein Drucksäulenmodul mit bestimmten Abmessungen. Durch Vergleich mit den vordefinierten Größenklassen wird die zu verwendende Klasse ausgewählt und die in dieser Klasse für das Drucksäulenmodul festgelegte Coldboxgröße verwendet. Die Coldboxgrößen in den einzelnen Größenklassen werden so festgelegt, dass trotz der Beschränkung auf lediglich fünf Größen eine Vielzahl von Verfahrensvarianten und Produktmengenanforderungen, bei denen sich das Drucksäulenmodul im Hinblick auf Größe und Zubehörteile jeweils unterscheidet, abgedeckt werden.

[0013] Die gewählte Coldbox ist somit nicht genau an die konkrete Verfahrensvariante und die in dem speziellen Anwendungsfall eingesetzten Module mit Zubehörteilen angepasst, sondern lediglich eine Auswahl aus der begrenzten Anzahl von möglichen Coldboxgrößen. Die gewählte Coldbox ist somit auf den ersten Blick nicht die optimale Lösung zur Isolierung des eingesetzten Moduls. In der Regel werden deshalb gemäß der Erfindung die Materialkosten für die Coldbox etwas höher sein als die einer Coldbox, die in üblicher Weise an die zu isolierenden Teile exakt angepasst wird. Es hat sich jedoch gezeigt, dass sich durch die erfindungsgemäße Definition bestimmter Größenklassen Einsparungen beim Engineering erzielen lassen, die den höheren Materialaufwand übersteigen und damit in der Summe Kostenvorteile bringen.

[0014] Die einzelnen Größenklassen werden so ausgewählt, dass durch jede Größenklasse mindestens zwei unterschiedliche Produktmengenanforderungen und / oder mindestens zwei unterschiedliche Verfahrensvarianten abgedeckt werden. Die Verfahrensvarianten unterscheiden sich beispielsweise durch die gewonnenen Produkte, die Art der Produktverdichtung, die Produktdrücke, die Produktreinheiten, das Verhältnis Flüssigkeit zu Gas oder das Verhältnis Sauerstoffproduktmenge zu Stickstoffproduktmenge.

[0015] Vorzugsweise werden die Drucksäule, die Niederdrucksäule oder das gesamte Stickstoff-Sauerstoff-Rektifikationsmodul und die jeweiligen Zubehörteile in eine Coldbox eingebracht, die unabhängig von der Art der Produktverdichtung gewählt wird. Bei gegebener Produktmenge wird sowohl bei einer Außenverdichtung der Produkte, d.h. einer Verdichtung des gasförmigen Produktes, als auch bei einer Innenverdichtung, d.h. bei einer Verdichtung des Flüssigproduktes mit anschließender Verdampfung der verdichteten Flüssigkeit, je-

weils die gleiche Coldboxgröße gewählt.

[0016] Die Auswahl der Größenklassen erfolgt weiter mit Vorteil so, dass die Coldboxgrößen des Drucksäulenmoduls, des Niederdrucksäulenmoduls oder des Stickstoff-Sauerstoff-Rektifikationsmoduls unabhängig davon gewählt werden, ob an die Niederdrucksäule eine Rohargonsäule und gegebenenfalls weitere Säulen angeschlossen werden sollen oder nicht.

[0017] Ferner ist es günstig, für mindestens zwei Verfahrensvarianten, bei denen die Produkte mit unterschiedlichem Druck oder unterschiedlichen Reinheiten gewonnen werden oder für zwei Verfahren, bei denen das Verhältnis zwischen der gasförmigen Produktmenge und der Flüssigproduktmenge variiert oder für zwei Verfahren mit unterschiedlichem Verhältnis von Produktsauerstoffmenge zu Produktstickstoffmenge gleiche Coldboxgrößen vorzusehen.

[0018] Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, die Größenklassen so festzulegen, dass eine Coldbox einer Größenklasse geeignet ist, um die zugehörigen Module und ihre Zubehörteile von mindestens 5, bevorzugt mindestens 10 verschiedenen Verfahrensvarianten, abzudecken. Die Coldbox ist dabei so ausgeführt, dass jede einzelne der Verfahrensvarianten, aber nicht zwingend alle Verfahrenvarianten gleichzeitig abgedeckt werden können.

[0019] Die Größenklassen werden so ausgewählt, dass mindestens zwei verschiedene Verfahrensvarianten und / oder zwei verschiedene Produktmengenanforderungen mit einer Coldbox einer Größe abgedeckt werden können. Zwei Produktmengenanforderungen werden als verschieden angesehen, wenn die Erzeugung der geforderten Produktmengen unterschiedliche Auswirkungen auf die Ausführung und/oder Größe und/oder Anzahl der benötigten Module und / oder deren Zubehörteile hat.

[0020] Die Erfindung besitzt sowohl Vorteile, wenn alle Module in genau einer Coldbox angeordnet werden, als auch wenn mindestens zwei Coldboxen für die Module vorgesehen sind. Im ersteren Fall werden mehrere Größenklassen für die Coldbox festgelegt, in der jeweils alle thermisch zu isolierenden Module unterbringbar sind. Je nach Verfahrensvariante und Produktmengenanforderung wird eine bestimmte Größenklasse ausgewählt, wobei dieselbe Größenklasse auch für andere Verfahrensvarianten oder Produktmengenanforderungen geeignet ist. Jede Größenklasse umfasst in diesem Fall nur eine einzige Coldboxgröße. Werden die kalten Module dagegen auf mehrere Coldboxen verteilt, so wird durch eine Größenklasse für jedes Modul oder jede Gruppe von Modulen, die jeweils in einer eigenen Coldbox untergebracht werden sollen, eine bestimmte Dimensionierung der entsprechenden Coldbox festgelegt. Werden beispielsweise alle kalten Module in ein Energieaustauschmodul mit den Wärmetauschern, ein Rektifikationsmodul mit den Rektifikationssäulen und ein Zubehörmodul mit allen sonstigen Elementen unterteilt, so sind durch jede Größenklasse die Abmessungen von

drei den genannten Modulen entsprechenden Coldboxen vorgegeben.

[0021] Wenn die kalten Module auf mehrere Coldboxen verteilt werden, wird vorzugsweise für alle Coldboxen die gleiche Größenklasse gewählt. Besonders bevorzugt werden die für verschiedene Module oder Modulgruppen vorgesehenen Coldboxen derselben Größenklasse mit definierten Schnittstellen versehen. Die Anschlusspunkte für die Verrohrung, die Instrumentierung, elektrische Versorgung, usw. werden unabhängig von der konkreten Verfahrensvariante festgelegt. Innerhalb einer Größenklasse werden nicht nur die Abmessungen der Coldbox/en, sondern auch deren Anschlusspunkte definiert. Die einzelnen Coldboxen mit den Modulen können so stets in analoger Weise ohne zusätzlichen Engineering-Aufwand leicht miteinander verbunden werden.

[0022] Teilweise ist es auch günstig, die verschiedenen Module einer Luftzerlegungsanlage in Coldboxen unterzubringen, die verschiedenen Größenklassen zugeordnet sind. Benötigt der Kunde beispielsweise nur relativ wenig Argon und soll daher nicht die maximal mögliche Menge an Argon gewonnen werden, so wird ein entsprechend kleineres Argonmodul verwendet. In diesem Fall ist es sinnvoll, die Coldbox für das Argonmodul aus einer niedrigeren Größenklasse auszuwählen als die Coldboxen für das Drucksäulen- und das Niederdrucksäulenmodul bzw. für das Sauerstoff/Stickstoff-Rektifikationsmodul.

[0023] Um auch die Herstellung von Anlagen, bei denen Coldboxen verschiedener Größenklassen kombiniert werden, möglichst zu vereinfachen, ist es vorteilhaft, nicht nur innerhalb einer Größenklasse unabhängig von der Ausführung des in der Coldbox unterzubringenden Moduls feste Schnittstellen für Verrohrung und sonstige Anschlüsse festzulegen, sondern auch unabhängig von der Größenklasse die Schnittstellen zu definieren. So sind z.B. die Lage und die Art der Anschlusspunkte für die Verrohrung unabhängig von der Größe der Coldboxen. Die Anschlusspunkte für die elektrischen Versorgungsleitungen und die Instrumentierung können beispielsweise stets auf der den Rohranschlüssen gegenüberliegenden Seite der Coldbox angeordnet sein. Mit anderen Worten: Die Anschlusspunkte der Coldboxen werden so ausgewählt, dass die Verbindung der Coldboxen untereinander oder mit anderen Bauelementen oder Modulen unabhängig von der Größe der Coldboxen stets identisch ausgeführt werden kann.

[0024] Wie erwähnt werden die durch die Erfindung erzielten Einsparungen bei der Konzipierung der Coldboxen durch einen leicht erhöhten Materialaufwand aufgrund der nicht optimal angepassten Coldboxen erkauft. Es hat sich herausgestellt, dass das Optimum hinsichtlich der Kosten dann erreicht wird, wenn 3 bis 10, bevorzugt 4 bis 8, besonders bevorzugt 4 bis 6 Größenklassen vordefiniert werden. In diesem Fall sind die Einsparungen deutlich höher als die durch den zusätzlichen Materialaufwand verursachten Kosten.

[0025] Die Erfindung bringt insbesondere bei großen Anlagen zur Verarbeitung von mehr als 25000 Nm³/h Luft, bevorzugt mehr als 50000 Nm³/h Luft Vorteile, da bei diesen Anlagen der Aufwand für Engineering besonders hoch ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Anlage zur Durchführung eines Tieftemperaturluftzerlegungsverfahrens, bei dem mindestens ein Bestandteil der Einsatzluft mittels einer ausgewählten Verfahrensvariante als Produkt gewonnen wird, wobei die Anlage mindestens eine Coldbox aufweist, in der mindestens ein Modul angeordnet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Größenklassen vordefiniert werden, wobei eine Größenklasse die Abmessungen der Coldbox dieser Größenklasse festlegt und die Coldbox jeder Größenklasse so groß ist, dass in der Coldbox das Modul für mindestens zwei unterschiedliche Produktmengenanforderungen und / oder mindestens zwei unterschiedliche Verfahrensvarianten unterbringbar ist, und dass eine Coldbox einer bestimmten Größenklasse ausgewählt wird und das Modul in der Coldbox der ausgewählten Größenklasse angeordnet wird.
2. Verfahren zur Herstellung einer Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anlage genau eine Coldbox aufweist.
3. Verfahren zur Herstellung einer Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anlage mindestens zwei Coldboxen aufweist.
4. Verfahren zur Herstellung einer Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** 3 bis 10, bevorzugt 4 bis 8, besonders bevorzugt 4 bis 6 Größenklassen vordefiniert werden.
5. Verfahren zur Herstellung einer Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anlage zur Verarbeitung von mehr als 25000 Nm³/h Luft, bevorzugt mehr als 50000 Nm³/h Luft geeignet ist.

Claims

1. Process for producing an installation for carrying out a low-temperature air fractionation process, in which at least one constituent of the charge air is obtained as product by means of a selected process variant, the installation having at least one coldbox, in which at least one module is arranged, **characterized in that** a plurality of size classes are predefined, a size class determining the dimensions of

the coldbox of this size class, and the coldbox of each size class being sufficiently large for it to be possible to accommodate the module for at least two different product quantity demands and/or at least two different process variants in the coldbox, and **in that** a coldbox of a specific size class is selected and the module is arranged in the coldbox of the selected size class.

2. Process for producing an installation according to Claim 1, **characterized in that** the installation has precisely one cold box. 10
3. Process for producing an installation according to Claim 1, **characterized in that** the installation has at least two coldboxes. 15
4. Process for producing an installation according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** 3 to 10, preferably 4 to 8, particularly preferably 4 to 6 size classes are predefined. 20
5. Process for producing an installation according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the installation is suitable for processing more than 25,000 m³/h (s.t.p.) of air, preferably more than 50,000 m³/h (s.t.p.) of air. 25

Revendications

30

1. Procédé de production d'un système pour la réalisation d'un procédé de séparation d'air cryogénique, dans lequel au moins un constituant de l'air de charge est obtenu sous forme de produit au moyen d'une variante de procédé choisie, le système présentant au moins une boîte froide dans laquelle au moins un module est disposé, **caractérisé en ce que** plusieurs classes de taille sont prédéfinies, une classe de taille établissant les dimensions de la boîte froide de cette classe de taille et la boîte froide de chaque classe de taille ayant une dimension telle que le module puisse être installé dans la boîte froide pour au moins deux exigences de quantité de produit différentes et/ou au moins deux variantes de procédé différentes, et **en ce qu'**une boîte froide d'une classe de taille prédéterminée est choisie et **en ce que** le module est disposé dans la boîte froide de la classe de taille sélectionnée. 35 40 45 50
2. Procédé de fabrication d'un système selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le système présente exactement une boîte froide. 50
3. Procédé de fabrication d'un système selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le système présente au moins deux boîtes froides. 55

4. Procédé de fabrication d'un système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on prédéfinit de 3 à 10, de préférence de 4 à 8, particulièrement préférablement de 4 à 6 classes de taille. 5
5. Procédé de fabrication d'un système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le système est approprié pour le traitement de plus de 25 000 Nm³/h d'air, de préférence de plus de 50 000 Nm³/h d'air. 10