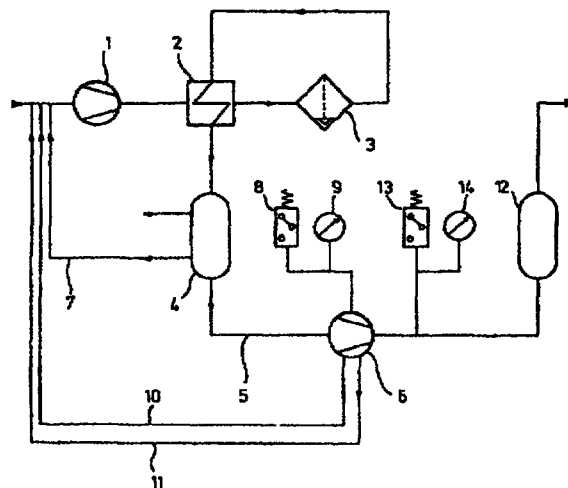




PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : C01B 21/04	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/06664 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 19. Februar 1998 (19.02.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/03263 (22) Internationales Anmeldedatum: 21. Juni 1997 (21.06.97) (30) Prioritätsdaten: 196 31 949.8 8. August 1996 (08.08.96) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DRUCK-LUFT DANNÖHL GMBH [DE/DE]; Graf-Zeppelin-Strasse 3, D-46149 Oberhausen (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DANNÖHL, Peter, F. [DE/DE]; Graf-Zeppelin-Strasse 3, D-46149 Oberhausen (DE). (74) Anwälte: HOSBACH, Hans, Ulrich; Zenz, Helber, Hosbach & Partner, Huyssenallee 58-64, D-45128 Essen (DE) usw.		
(81) Bestimmungsstaaten: JP, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.		
(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR PRODUCING NITROGEN FROM AIR (54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERZEUGEN VON STICKSTOFF AUS LUFT (57) Abstract This invention concerns a process and device in which air is first compressed to an initial pressure in a precompressor (1), then is cooled, cleaned and reheated. A heat exchanger (2) is used for simultaneous cooling and reheating. Separation of the nitrogen is done in a separating device (4) which consists of a plurality of membrane separators. The nitrogen-enriched concentrate of the last step is recirculated to the suction side of the precompressor (1). The separated nitrogen is compressed to the desired pressure in a final compressor (6) which is connected to the separation device (4). A pressure switch (8) controls the system so that, upon starting up, the final compressor (6) is connected only when the working pressure of the separation device (4) is reached. Up to this point the gas delivered from the separation device (4) is partially recirculated to the precompressor (1). Leakage nitrogen from the final compressor (6) also recirculates to the precompressor (6). (57) Zusammenfassung Die Luft wird in einem Vorverdichter (1) auf einen Vordruck komprimiert, sodann gekühlt, gereinigt und wiedererwärmt. Zur gleichzeitigen Kühlung und Wiedererwärmung dient ein Wärmetauscher (2). Die Abtrennung des Stickstoffs erfolgt in einer Separationseinrichtung (4), die aus einer Mehrzahl von Membranseparatoren besteht. Das mit Stickstoff angereicherte Konzentrat der letzten Stufe wird zur Saugseite des Vorverdichters (1) rezirkuliert. Der separierte Stickstoff wird in einem an die Separationseinrichtung (4) angeschlossenen Endverdichter (6) auf den Soll-Druck komprimiert. Ein Druckschalter (8) steuert das System derart, daß sich der Endverdichter (6) beim Anlaufen erst zuschaltet, wenn der Arbeitsdruck der Separationseinrichtung (4) erreicht ist. Bis zu diesem Zeitpunkt wird das von der Separationseinrichtung (4) gelieferte Gas partiell zum Vorverdichter (1) rezirkuliert. Auch erfolgt eine Rezirkulation des Leckage-Stickstoffs vom Endverdichter (6) zum Vorverdichter (1).		



Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen von Stickstoff aus Luft

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen von unter einem Solldruck stehendem Stickstoff, bei dem Luft in einer Vorverdichtungsstufe vorverdichtet, sodann gekühlt, gereinigt und wiedererwärmt wird, woraufhin in einer Separationsstufe eine Separation des Stickstoffs erfolgt und dieser in einer Endverdichtungsstufe auf den Solldruck endverdichtet wird.

Hauptanwendungsgebiet der Erfindung ist die Erzeugung von unter hohem Druck stehendem Stickstoff für Spritzgießmaschinen, bei denen der Stickstoff in die Spritzgießform eingeblasen wird, um Hohlkörper zu erzeugen. Derartige Systeme arbeiten mit Stickstoffrezirkulierung aus der Spritzgießform. Der Eingang der Endverdichtungsstufe liegt daher auf Atmosphärendruck.

Die DE 44 35 702 A1 beschreibt einen Teil eines derartigen Systems, und zwar die Erzeugung des Stickstoffs unter dem Vorverdichtungsdruck. Dieser beträgt, bedingt durch die Separationsstufe, größenordnungsmäßig 10 bis 12 bar. Nach der Entspannung auf Atmosphärendruck wird dann der Stickstoff in der nicht dargestellten Endverdichtungsstufe auf größenordnungsmäßig 320 bis 340 bar gebracht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Stickstoffherzeugung zu vereinfachen und den erforderlichen Leistungsbedarf wesentlich zu vermindern.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist das eingangs genannte Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß die Separationsstufe den Eingangsdruck für die Endverdichtungsstufe liefert, daß in der Anlaufphase der Aufbau des Eingangsdrucks der Endverdichtungsstufe durch partielle Rezirkulation des aus der Separationsstufe kommenden Gases zum Eingang der Vorverdichtungsstufe verzögert wird und daß die Endverdichtungsstufe erst zugeschaltet wird, wenn der Aufbau ihres Eingangsdrucks beendet ist.

Ein wesentlicher Anteil der Verdichtungsarbeit wird also dadurch eingespart, daß während des Dauerbetriebes die Druckerhöhung in der Endverdichtungsstufe nicht bei Atmosphärendruck beginnt, sondern beim Ausgangsdruck der Separationsstufe. Die beiden Verdichtungsstufen können optimal an die Erlangung des gewünschten Sauerstoffrestgehaltes angepaßt werden.

Die zeitversetzte Zuschaltung der Endverdichtungsstufe erleichtert deren Anlauf und vermeidet Stromspitzen. Außerdem ergibt sich durch die Zeitversetzung eine beträchtliche Energieersparnis.

Von wesentlicher Bedeutung ist, daß während der Anlaufphase vor Zuschaltung der Endverdichtungsstufe das von der Separationsstufe gelieferte Gas partiell zum Eingang der Vorverdichtungsstufe rezirkuliert wird. Dies führt dazu, daß sehr rasch der gewünschte Sauerstoffrestgehalt des Stickstoffs erreicht wird. Das rezirkulierende Gas ist bereits in der Separationsstufe gereinigt und erhöht dadurch den Stickstoffgehalt am Eingang der Vorverdichtungsstufe.

Eine weitere Steigerung des Wirkungsgrades läßt sich dadurch erzielen, daß der in der Endverdichtungsstufe durch innere Leckageverluste anfallende Stickstoff zum Eingang der Vorverdichtungsstufe rezirkuliert wird. Die Endverdichtungsstufe arbeitet also insoweit verlustfrei, wobei der rezirkulierte Stickstoff wiederum den Stickstoffgehalt der Luft am Eingang der Vorverdichtungsstufe erhöht.

Gleiches gilt für eine weiterhin vorgeschlagene Maßnahme, nämlich die Separation mehrstufig mit Gasrückführung zum Eingang der Vorverdichtungsstufe durchzuführen, da das zurückgeführte Gas bereits mit Stickstoff angereichert ist.

Die Vorteile der obigen Maßnahmen ergeben sich unabhängig davon, auf welche Weise die Luft gekühlt und wiedererwärmt sowie der Stickstoff separiert wird.

Allerdings ist es ganz besonders vorteilhaft, die bei der Verdichtung anfallende Wärme zum Wiedererwärmen der Luft zu

nutzen, da auch dies zur Verringerung des Energiebedarfs beiträgt.

Findet beispielsweise die Verdichtung unter Kühlung mit Öl statt, so kann das Öl seine Wärme an die Luft abgeben, bevor letztere der Separation zugeführt wird.

Alternativ oder zusätzlich dazu besteht in Weiterbildung der Erfindung die Möglichkeit, die bei der Kühlung der Luft anfallende Wärme zur Wiedererwärmung der Luft zu nutzen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist einen Luft-Vorverdichter, einen dem Vorverdichter nachgeschalteten Luftkühler, eine dem Luftkühler nachgeschaltete Reinigungseinrichtung, eine der Reinigungseinrichtung nachgeschaltete Heizeinrichtung, eine der Heizeinrichtung nachgeschaltete Stickstoff-Separationseinrichtung und einen der Separationseinrichtung nachgeschalteten Stickstoff-Endverdichter auf und ist zur Lösung der gestellten Aufgabe dadurch gekennzeichnet, daß der Endverdichter saugseitig an die Separationseinrichtung angeschlossen und über eine verschließbare Drossel mit der Ansaugseite des Vorverdichters verbunden ist und daß ein erster Druckschalter vorgesehen ist, der den Endverdichter in der Anlaufphase in Betrieb setzt, sobald der Vorverdichter den Eingangsdruck des Endverdichters aufgebaut hat.

Der Endverdichter ist also direkt an die Separationseinrichtung angeschlossen und wird erst in Betrieb genommen, wenn der Vorverdichter den für die Separationseinrichtung erforderlichen Druck aufgebaut hat. Dabei wird dieser Druckaufbau durch partielle Rezirkulation des von der Separationseinrichtung gelieferten Gases verzögert. Während dieser Phase stellt sich sehr rasch der gewünschte Sauerstoffrestgehalt des Stickstoffs ein.

Sobald sich der Endverdichter zuschaltet, wird die Drossel geschlossen und damit die Rezirkulation unterbrochen. Als verschließbare Drossel verwendet man vorzugsweise das ohnehin vorhandene Kondensatventil des Endverdichters.

Ferner ist es vorteilhaft, den Endverdichter über eine Leckagegasleitung mit der Ansaugseite des Vorverdichters zu

verbinden, um dadurch den unvermeidbarerweise anfallenden Leckage-Stickstoff in den Prozeß zurückzuführen.

In Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß die Separationseinrichtung mindestens zwei Membranseparatoren aufweist und daß der Konzentratauslaß mindestens eines der nachgeschalteten Membranseparatoren, vorzugsweise der Konzentratauslaß des letzten Membranseparators, über eine Gasrückführungsleitung mit der Ansaugseite des Vorverdichters verbunden ist. Das rückgeführte Konzentrat ist bereits mit Stickstoff angereichert und erhöht den Stickstoffgehalt der Ansaugluft des Vorverdichters, woraus ebenfalls eine Wirkungsgradsteigerung resultiert.

Vorzugsweise ist die Heizeinrichtung als Wärmetauscher ausgebildet, der mit seiner Wärme abgebenden Seite dem Vorverdichter nachgeschaltet ist. Die im Vorverdichter naturgemäß erwärmte Luft dient also zum Wiedererwärmen der Luft vor Eintritt in die Separationseinrichtung. Der Wärmetauscher sorgt gleichzeitig für die Kühlung der aus dem Vorverdichter austretenden Luft. Unter Umständen reicht diese Kühlung bereits aus, um die anschließende Reinigung der Luft, vorzugsweise in einem Kondensatabscheider, durchzuführen. Andernfalls kann der Reinigungseinrichtung eine zusätzliche Kühleinrichtung vorgeschaltet werden.

Ferner ist es vorteilhaft, daß dem Endverdichter ein Speicherbehälter nachgeschaltet und diesem ein zweiter Druckschalter zugeordnet ist, der den Vorverdichter und den Endverdichter abschaltet, wenn der Solldruck im Speicherbehälter erreicht ist, und der die Anlage wieder in Betrieb setzt, wenn ein vorgegebener Druck im Speicherbehälter unterschritten wird. Die Anlage arbeitet also diskontinuierlich und stellt sich dabei selbsttätig auf den jeweiligen Bedarf ein. Ist der Speicherbehälter ausreichend gefüllt, so wird die Anlage stillgesetzt. Wird später dann der vorgegebene Druck im Speicherbehälter unterschritten, so schaltet sich erst der Vorverdichter und anschließend dann, wie oben beschrieben, der Endverdichter ein.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit der beiliegenden Zeichnung nähert erläutert. Figur 1 zeigt ein Fließschema einer Vorrichtung zum Erzeugen von Stickstoff aus Luft.

Wie dargestellt, weist die Vorrichtung einen Vorverdichter 1 auf, dem ein Wärmetauscher 2 nachgeschaltet ist. Der Vorverdichter 1 saugt Luft an und komprimiert sie auf einen Zwischen- druck, wobei sich die Luft erwärmt. Im Wärmetauscher 2 gibt die aufgeheizte Luft dann Wärme ab.

Dem Wärmetauscher 2 ist eine Reinigungseinrichtung 3 nach- geschaltet, die als Kondensatabscheider arbeitet und die ge- kühlte Luft von Kondensat, Aerosolen und Feststoffen befreit.

Anschließend wird die Luft durch den Wärmetauscher 2 gelei- tet, wo sie Wärme aufnimmt, die von der im Vorverdichter 1 aufgeheizten Luft abgegeben wird.

Die Verfahrensparameter sind so eingestellt, daß die Luft mit optimalem Druck und optimaler Temperatur in eine Separati- onseinrichtung 4 gelangt, die eine Mehrzahl von Membransepara- toren aufweist. Hier erfolgt eine mehrstufige Separation des Stickstoffs aus der Luft.

Der Stickstoff gelangt mit hohem Reinheitsgrad über eine Stickstoffleitung 5 zu einem Endverdichter 6, der den Stick- stoff auf den Solldruck komprimiert.

Die Verdichtung wird also zweistufig durchgeführt, wobei der Vorverdichter 1 mit hoher Liefermenge und relativ geringer Druckerhöhung arbeitet, während der Endverdichter 6 die wesent- lich geringere Stickstoffmenge auf den relativ hohen Solldruck bringt. Überschlägige Berechnungen haben ergeben, daß auf diese Weise eine Energieersparnis von ca. 25% erzielt wird, und zwar im Vergleich zu einem System, bei dem der Stickstoff von Atmos- phärendruck auf den relativ hohen Solldruck komprimiert wird.

Zur weiteren Steigerung des Wirkungsgrades arbeitet die Se- parationseinrichtung 4 mit Gasrückführung. Hierzu ist sie über eine Gasrückführungsleitung 7 mit der Saugseite des Vorverdich- ters 1 verbunden. Die Gasrückführungsleitung 7 zweigt an der

letzten Stufe der Separationseinrichtung, also an dem letzten Membranseparator ab und leitet dessen Konzentrat, also ein bereits mit Stickstoff angereichertes Gas, der Saugseite des Vorverdichters zu.

Beim Startvorgang arbeitet anfänglich nur der Vorverdichter 1. Erst wenn der Mindestdruck der Separationseinrichtung 4 erreicht ist, wird der Endverdichter 6 zugeschaltet, und zwar über einen ersten Druckschalter 8, der den Druck auf der Saugseite des Endverdichters 6 erfaßt. Ein zugeordnetes Manometer 9 zeigt diesen Druck an.

Der Endverdichter 6 ist über eine Leitung 10 mit der Saugseite des Vorverdichters 1 verbunden. Die Leitung 10 ist dabei an das nicht dargestellte Kondensatventil des Endverdichters 6 angeschlossen. Das Kondensatventil ist stromlos offen und wirkt während der Anlaufphase als Drossel für die Rezirkulation des von der Separationseinrichtung 4 gelieferten Gases. Der Druckaufbau vor dem Endverdichter wird dadurch verzögert. Wenn der Vorverdichter 1 den für die Separationseinrichtung 4 erforderlichen Betriebsdruck aufgebaut hat, ist auch der gewünschte Sauerstoffrestgehalt des Stickstoffs erreicht. Der Endverdichter 6 schaltet sich zu, wobei das Kondensatventil geschlossen und dadurch die Rezirkulation unterbrochen wird.

Ferner ist eine Leckagegasleitung 11 vorgesehen, die den unvermeidbarerweise im Endverdichter 6 anfallenden Leckage-Stickstoff der Ansaugseite des Vorverdichters 1 zuführt.

Dem Endverdichter 6 ist ein Speicherbehälter 12 nachgeschaltet, der den oder die Verbraucher versorgt. Dem Speicherbehälter 12 ist ein zweiter Druckschalter 13 zugeordnet, der das gesamte System stillsetzt, sobald im Speicherbehälter 12 der Solldruck erreicht ist. Auch dem zweiten Druckschalter 13 ist ein Manometer 14 zugeordnet.

Wird im Speicherbehälter 12 nach Stillsetzen des Systems ein vorgegebener Druck unterschritten, so sorgt der zweite Druckschalter 13 dafür, daß, wie oben beschrieben, erst der

Vorverdichter 1 und sodann, im Zusammenwirken mit dem ersten Druckschalter 8, der Endverdichter 6 in Betrieb gesetzt wird.

Insgesamt ergibt sich ein System, das sehr einfach im Aufbau ist und energiesparend betrieben werden kann. Zu letzterem trägt auch der Wärmeübergang zwischen der aufgeheizten und der wiederzuerwärmenden Luft bei.

Im Rahmen der Erfindung sind durchaus Abwandlungsmöglichkeiten gegeben. So kann dem System eine Einrichtung zugeordnet werden, die den Reinheitsgrad des Stickstoffs einstellt. Ferner können die einstufig dargestellten Verdichter auch mehrstufig arbeiten. Die Anzahl der Stufen der Separationseinrichtung wird in Anpassung an die vorgegebenen Betriebsparameter gewählt, wobei auch mehrere Stufen parallel zueinander geschaltet werden können. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel arbeitet der Wärmetauscher als Heizeinrichtung für die wiederzuerwärmende Luft und als Kühleinrichtung für die aus dem Vorverdichter kommende komprimierte Luft. Falls diese Kühlwirkung nicht ausreicht, kann der anschließenden Reinigungseinrichtung noch eine zusätzliche Kühleinrichtung vorgeschaltet werden. Gleichermäßen kann der Separationseinrichtung eine zusätzliche Heizeinrichtung vorgeschaltet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen von unter einem Solldruck stehendem Stickstoff, bei dem Luft in einer Vorverdichtungsstufe vorverdichtet, sodann gekühlt, gereinigt und wiedererwärmt wird, woraufhin in einer Separationstufe eine Separation des Stickstoffs erfolgt und dieser in einer Endverdichtungsstufe auf den Solldruck endverdichtet wird,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß die Separationsstufe den Eingangsdruck für die Endverdichtungsstufe liefert, daß in der Anlaufphase der Aufbau des Eingangsdrucks der Endverdichtungsstufe durch partielle Rezirkulation des aus der Separationsstufe kommenden Gases zum Eingang der Vorverdichtungsstufe verzögert wird und daß
15 die Endverdichtungsstufe erst zugeschaltet wird, wenn der Aufbau ihres Eingangsdrucks beendet ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der in der Endverdichtungsstufe durch innere Leckageverluste anfallende Stickstoff zum Eingang der Vorverdichtungsstufe rezirkuliert wird.
20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Separation mehrstufig mit Gasrückführung
25 zum Eingang der Vorverdichtungsstufe durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Vorverdichtung anfallende Wärme zum Wiedererwärmen der Luft genutzt wird.
30
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Kühlung der Luft anfallende Wärme zum Wiedererwärmen der Luft genutzt wird.



6. Vorrichtung zum Erzeugen von unter einem Solldruck stehendem Stickstoff, mit einem Luft-Vorverdichter, einem dem Vorverdichter nachgeschalteten Luftkühler, einer dem Luftkühler nachgeschalteten Reinigungseinrichtung, einer der
5 Reinigungseinrichtung nachgeschalteten Heizeinrichtung, einer der Heizeinrichtung nachgeschalteten Stickstoff-Separationseinrichtung und einem der Separationseinrichtung nachgeschalteten Stickstoff-Endverdichter,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß der Endverdichter (6) saugseitig an die Separationseinrichtung (4) angeschlossen und über eine verschließbare Drossel mit der Ansaugseite des Vorverdichters (1) verbunden ist und daß ein erster Druckschalter (8) vorgesehen ist, der den Endverdichter (6) in der Anlaufphase in Betrieb setzt,
15 sobald der Vorverdichter (1) den Eingangsdruck des Endverdichters (6) aufgebaut hat.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als verschließbare Drossel das ohnehin vorhandene Kondensatventil des Endverdichters (6) verwendet wird.
20

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Endverdichter (6) über eine Leckagegasleitung (11) mit der Ansaugseite des Vorverdichters (1) verbunden ist.
25

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Separationseinrichtung (4) mindestens zwei Membranseparatoren aufweist und daß der Konzentratauslaß mindestens eines der nachgeschalteten Membranseparatoren, vorzugsweise der Konzentratauslaß des letzten Membranseparators, über eine Gasrückführungsleitung (7) mit der Ansaugseite des Vorverdichters (1) verbunden ist.
30

35 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung als Wärme-



WO 98/06664

PCT/EP97/03263

10

tauscher (2) ausgebildet ist, der mit seiner wärmeabgebenden Seite dem Vorverdichter (1) nachgeschaltet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, da-
5 durch gekennzeichnet, daß dem Endverdichter (6) ein Speicherbehälter (12) nachgeschaltet und diesem ein zweiter Druckschalter (13) zugeordnet ist, der den Vorverdichter (1) und den Endverdichter (6) abschaltet, wenn der Solldruck im Speicherbehälter (12) erreicht ist, und der die Anlage
10 wieder in Betrieb setzt, wenn ein vorgegebener Druck im Speicherbehälter (12) unterschritten wird.

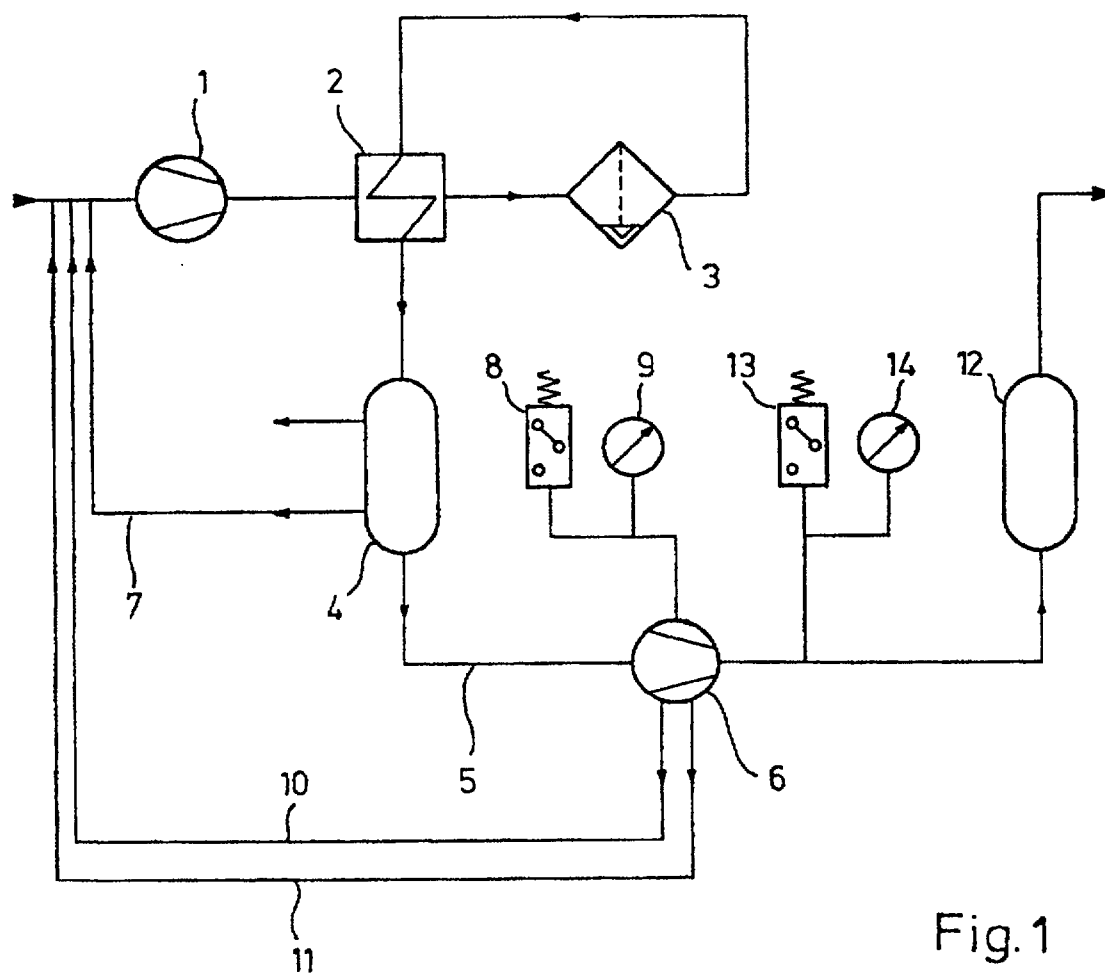


Fig.1

Method and Apparatus for Producing Nitrogen from Air

5 The invention relates to a method and an apparatus for producing nitrogen at a nominal pressure in which air is precompressed in a precompression stage, then cooled, cleaned and reheated, whereafter separation of the nitrogen is effected in a separation stage and it is finally compressed to the nominal pressure in a final compression stage.

10 The main field of application of the invention is the production of high pressure nitrogen for injection moulding machines, in which the nitrogen is injected into the injection mould in order to produce hollow bodies. Such systems operate with the recirculation of nitrogen from the injection mould. The inlet of the final compression stage is thus at atmospheric pressure.

15 DE 4435702 A1 discloses part of such a system, namely the production of the nitrogen at the precompression pressure. This is of the order of 10 to 12 bar, determined by the separation stage. After depressurisation to atmospheric pressure, the nitrogen is brought in the final compression stage, which is not
20 shown, to the order of 320 to 340 bar.

It is the object of the invention to simplify the production of nitrogen and substantially to reduce the necessary power requirement.

25 In order to solve this object the method referred to above is characterised in that the separation stage supplies the input pressure for the final compression stage, that the build-up of the inlet pressure of the final compression stage in the start-

up phase is delayed by partial recirculation of the gases discharged from the separation stage to the inlet of the predepression stage and that the final compression stage is only switched on when the build-up of its inlet pressure is completed.

5

A substantial proportion of the compression work is thus saved by the fact that during continuous operation the pressure increase in the final compression stage does not begin at atmospheric pressure but at the outlet pressure of the separation stage. The two compression stages can be optimally matched to the attainment of the desired residual oxygen content.

10

The delayed switching on of the final compression stage facilitates its starting and avoids current peaks. Furthermore, a considerable energy saving results from the time delay.

15

Of significant importance is the fact that during the start-up phase before switching on the final compression stage the gas supplied from the separation stage is partially recirculated to the inlet of the precompression stage. This results in the desired residual oxygen content of the nitrogen being reached very rapidly. The recirculating gas is purified in the separation stage and thus increases the nitrogen content at the inlet of the precompression stage.

20

A further increase in the efficiency may be achieved by recirculating the nitrogen accumulating in the final compression stage as a result of internal leakage losses to the inlet of the precompression stage. The final compression stage thus operates without losses in this respect, the recirculated nitrogen again increasing the nitrogen content of the air at the inlet of the precompression

25

stage.

The same applies to a further feature which is proposed, namely of performing the separation in a plurality of stages with gas recirculation to the inlet of the
5 precompression stage, since the recycled gas is already enriched with nitrogen.

The advantages of the above features are produced regardless of the manner in which the air is cooled and reheated and the nitrogen is separated.

10 It is, however, very particularly advantageous to use the heat produced by the compression for reheating the air since this also contributes to the reduction of the energy requirement.

If, for instance, the compression is effected with oil cooling, the oil can give up
15 its heat to the air before the latter is supplied to the separator.

Alternatively or additionally, there is the possibility in a further embodiment of the invention of using the heat produced from the cooling of the air for reheating the air.

20

The apparatus in accordance with the invention comprises an air precompressor, an air cooler connected downstream of the precompressor, a cleaning device connected downstream of the air cooler, a heating device connected downstream of the cleaning device, a nitrogen separation device connected
25 downstream of the heating device and a nitrogen final compressor connected downstream of the separation device and in order to solve the object posed is characterised in that the inlet of the final compressor is connected to the

separation device and is connected by means of a closable throttle to the inlet side of the precompressor and that a first pressure switch is provided which switches the final compressor on in the start-up phase as soon as the precompressor has built up the inlet pressure of the final compressor.

5

The final compressor is thus connected directly to the separation device and is only started when the precompressor has built up the pressure necessary for the separation device. This pressure build-up is delayed by partial recirculation of the gas supplied from the separation device. The desired residual oxygen content of the nitrogen is produced very rapidly during this phase.

10

As soon as the final compressor switches on the throttle is closed and the recirculation thus interrupted. The condensate valve of the final compressor, which is in any present, is preferably used as the closable throttle.

15

It is also advantageous to connect the final compressor via a leakage gas conduit to the inlet side of the precompressor in order thus to recycle the leakage nitrogen which inevitably accumulates in the process.

20

It is proposed in a further embodiment of the invention that the separation device has at least two membrane separators and that the concentrate outlet of at least one of the downstream membrane separators, preferably the concentrate outlet of the last membrane separator, is connected to the inlet side of the precompressor via a gas recirculation conduit. The recycled concentrate is already enriched with nitrogen and increases the nitrogen content of the inlet air of the precompressor whereby an increase in efficiency is also produced.

25

The heating device is preferably constructed as a heat exchanger, the hot side of which is connected downstream of the precompressor. The air which is naturally heated in the precompressor is thus used for preheating the air before entering into the separation device. The heat exchanger is responsible
5 simultaneously for the cooling of the air discharging from the precompressor.

Under some circumstances this cooling is sufficient in order to carry out the subsequent cleaning of the air, preferably in a condensate separator. In other cases an additional cooling device can be connected upstream of the cleaning
10 device.

It is also advantageous if a reservoir is connected downstream of the final compressor and a second pressure switch is associated with it which switches the precompressor and the final compressor off when the nominal pressure is
15 reached in the reservoir and which switches the installation on again when the pressure in the reservoir falls below a predetermined pressure. The installation thus operates discontinuously and automatically adjusts itself to the prevailing demand. If the reservoir is sufficiently full, the installation is switched off. If the pressure in the reservoir subsequently falls below the predetermined
20 pressure, firstly the precompressor and subsequently, as described above, the final compressor switch on.

The invention will be explained in more detail below with reference to a preferred exemplary embodiment in conjunction with the accompanying
25 drawing. Figure 1 is a flow diagram of an apparatus for producing nitrogen from air.

As illustrated, the apparatus has a precompressor 1, connected downstream of which is a heat exchanger 2. The precompressor 1 draws air in and compresses it to an intermediate pressure, whereby the air heats up. The heated air then gives up heat in the heat exchanger 2.

5

Connected downstream of the heat exchanger 2 is a cleaning device 3, which operates as a condensate separator and removes condensate, aerosols and solids from the cooled air.

10 The air is then passed through the heat exchanger 2 where it takes up heat which was given up by the air which was heated in the precompressor 1.

The parameters of the process are so set that the air flows at optimum pressure and optimum temperature into a separation device 4, which has a plurality of
15 membrane separators. A multi-stage separation of the nitrogen from the air is effected in it.

The nitrogen flows with a high degree of purity via a nitrogen line 5 to a final compressor 6, which compresses the nitrogen to the nominal pressure.

20

The compression is thus carried out in two stages, the precompressor 1 operating with a high delivery rate and a relatively low pressure increase whilst the final compressor 6 brings the substantially smaller volume of nitrogen up to the relatively high nominal pressure. Rough calculations have shown that an
25 energy saving of ca. 25% is achieved in this manner in comparison to a system in which the nitrogen is compressed from atmospheric pressure to the relatively high nominal pressure.

The separation device 4 operates with gas recycling in order to further increase the efficiency. For this purpose, it is connected by means of a gas recycling conduit 7 to the inlet side of the precompressor 1. The gas recycling conduit 7 branches off from the final stage of the separation device, that is to say at the last membrane separator, and conducts its concentrate, that is to say a gas which is already enriched with nitrogen, to the inlet side of the precompressor.

During the starting process only the precompressor 1 operates initially. Only when the minimum pressure of the separation device 4 has been reached is the final compressor 6 switched on, namely by means of a first pressure switch 8, which detects the pressure on the inlet side of the final compressor 6. An associated manometer 9 indicates this pressure.

The final compressor 6 is connected to the inlet side of the precompressor 10 via a conduit 10. The conduit 10 is connected to the condensate valve, which is not shown, of the final compressor 6. The condensate valve is open when there is no flow and acts during the start-up phase as a throttle for the recirculation of the gas supplied from the separation device 4. The pressure build-up upstream of the final compressor is thus delayed. When the precompressor 1 has built up the operating pressure necessary for the separation device 4, the desired residual oxygen content of the nitrogen is also reached. The final compressor 6 switches on, whereby the condensate valve is closed and the recirculation is thus interrupted.

A leakage gas conduit 11 is also provided which supplies the leakage nitrogen, which inevitably accumulates in the final compressor 6, to the inlet side of the

precompressor 1.

Connected downstream of the final compressor 6 is a reservoir 12 which supplies the consumer or consumers. Associated with the reservoir 12 is a
5 second pressure switch 13, which switches off the entire system as soon as the nominal pressure is reached in the reservoir 12. Also associated with the second pressure switch 13 is a manometer 14.

If the pressure in the reservoir 12 falls below a predetermined pressure after the
10 system has been switched off, the second pressure switch 13 ensures that, as described above, firstly the precompressor 1 and then, in cooperation with the first pressure switch 8, the final compressor 6 are switched on.

Overall, a system is produced which is of very simple construction and can be
15 operated in an energy-saving manner. The thermal transfer between the heated air and the air to be reheated also contributes to the latter.

Modifications are of course possible within the scope of the invention. Thus a device can be associated with the system which adjusts the degree of purity of
20 the nitrogen. Furthermore, the compressor, which is shown as being of single stage type, can also operate in a multi-stage manner. The number of the stages of the separation device is selected to match the predetermined operational parameters, whereby a plurality of stages can also be connected in parallel with one another. The heat exchanger operates in the illustrated exemplary
25 embodiment as a heating device for the air which is to be reheated and as a cooling device for the compressed air discharged from the precompressor. If this cooling effect is not adequate, an additional cooling device can be

connected upstream of the subsequent cleaning device. Similarly, an additional heating device can be connected upstream of the separation device.

CLAIMS

1. Method of producing nitrogen at a nominal pressure in which air is
5 precompressed in a precompression stage, then cooled, cleaned and reheated,
whereafter separation of the nitrogen is effected in a separation stage and it is
finally compressed to the nominal pressure in a final compression stage,
characterised in that the separation stage supplies the input pressure for the final
10 compression stage in the start-up phase is delayed by partial recirculation of the
gases discharged from the separation stage to the inlet of the precompression
stage and that the final compression stage is only switched on when the build-
up of its inlet pressure is completed.
- 15 2. Method as claimed in Claim 1, characterised in that the nitrogen
accumulating in the final compression stage as a result of internal leakage losses
is recirculated to the inlet of the precompression stage.
3. Method as claimed in Claim 1 or 2, characterised in that the separation is
20 performed in a plurality of stages with gas recirculation to the inlet of the
precompression stage.
4. Method as claimed in one of Claims 1 to 3, characterised in that the heat
produced during the precompression is used for reheating the air.
- 25 5. Method as claimed in one of Claims 1 to 4, characterised in that the heat
produced in the cooling of the air is used for reheating the air.



6. Apparatus for producing nitrogen at a nominal pressure including an air precompressor, an air cooler connected downstream of the precompressor, a cleaning device connected downstream of the air cooler, a heating device
5 connected downstream of the cleaning device, a nitrogen separation device connected downstream of the heating device and a nitrogen final compressor connected downstream of the separation device, characterised in that the inlet of the final compressor (6) is connected to the separation device (4) and is connected by means of a closable throttle to the inlet side of the precompressor
10 (1) and that a first pressure switch (8) is provided which switches the final compressor (6) on in the start-up phase as soon as the precompressor (1) has built up the inlet pressure of the final compressor (6).
7. Apparatus as claimed in Claim 6, characterised in that the condensate
15 valve, which is in any event present, of the final compressor (6) is used as the closable throttle.
8. Apparatus as claimed in Claim 6 or 7, characterised in that the final
compressor (6) is connected to the inlet side of the precompressor (1) by means
20 of a leakage gas conduit (11).
9. Apparatus as claimed in one of Claims 6 to 8, characterised in that the
separation device (4) has at least two membrane separators and that the
concentrate outlet of at least one of the downstream membrane separators,
25 preferably the concentrate outlet of the last membrane separator, is connected to the inlet side of the precompressor (1) via a gas recirculation conduit (7).



10. Apparatus as claimed in one of Claims 6 to 9, characterised in that the heating device is constructed as a heat exchanger (2), the hot side of which is connected downstream of the precompressor (1).

- 5 11. Apparatus as claimed in one of Claims 6 to 10, characterised in that connected downstream of the final compressor (6) there is a reservoir (12), associated with which there is a second pressure switch (13), which switches the precompressor (1) and the final compressor (6) off when the nominal pressure is reached in the reservoir (12) and which switches the installation on
10 again when the pressure in the reservoir (12) falls below a predetermined pressure.

Method and Apparatus for Producing Nitrogen from Air

Abstract

5

The air is compressed in a precompressor (1) to a prepressure, then cooled, cleaned and reheated. A heat exchanger (2) is used for simultaneous cooling and reheating. The separation of the nitrogen is effected in a separation device (4), which comprises a plurality of membrane separators. The concentrate, which is enriched with nitrogen, from the last stage is recirculated to the inlet side of the precompressor (1). The separated nitrogen is compressed to the nominal pressure in a final compressor (6) connected to the separation device (4). A pressure switch (8) controls the system such that the final compressor (6) only switches on during start-up when the working pressure of the separation device (4) has been reached. Up to this time the gas supplied from the separation device (4) is partially recirculated to the precompressor (1). There is also recirculation of the leakage nitrogen from the final compressor (6) to the precompressor (1).

10

15