

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 Separationsstufe 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 Spei-
cherbehälter (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.