

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **90103572.5**

51 Int. Cl.⁵: **F25J 3/04**

22 Anmeldetag: **23.02.90**

30 Priorität: **23.02.89 DE 3905521**
26.07.89 EP 89113815

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.08.90 Patentblatt 90/35

64 Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB IT NL SE

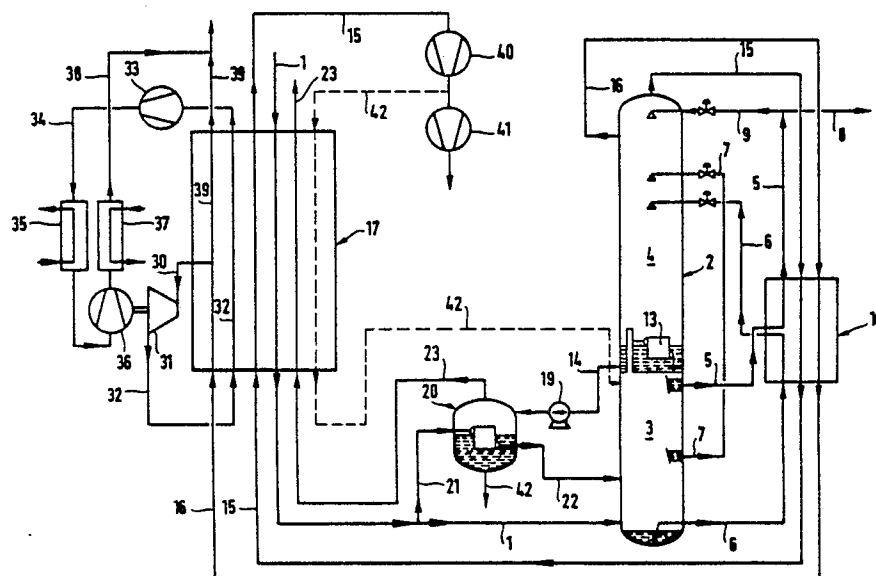
71 Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**
Abraham-Lincoln-Strasse 21
D-6200 Wiesbaden(DE)

72 Erfinder: **Rottmann, Dietrich, Dipl.-Ing.**
O.M.- Graf-Ring 33
D-8000 München 83(DE)

74 Vertreter: **Schaefer, Gerhard, Dr.**
Linde Aktiengesellschaft Zentrale
Patentabteilung
D-8023 Höllriegelskreuth(DE)

54 **Verfahren und Vorrichtung zur Luftzerlegung durch Rektifikation.**

57 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Luftzerlegung durch Rektifikation beschrieben. Aus dem Verfahren abgezogener Stickstoff (16) wird auf eine mittlere Temperatur angewärmt, teilweise aus dem Hauptwärmetauscher (17) herausgeleitet (30) und arbeitsleistend entspannt (31). Das entspannte Gas (32) gibt seine Kälte im Hauptwärmetauscher (17) an Zerlegungsluft (1) ab und wird erneut verdichtet (33, 36).



EP 0 384 483 A2

Verfahren und Vorrichtung zur Luftzerlegung durch Rektifikation

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Luftzerlegung durch Rektifikation, bei dem Luft verdichtet, vorgereinigt, abgekühlt und in der Druckstufe einer zweistufigen Rektifikation in eine stickstoffreiche Fraktion und in eine sauerstoffreiche Flüssigkeit vorzerlegt wird und die beiden Fraktionen mindestens teilweise der Mitteldruckstufe der Rektifikation zugeführt und in Sauerstoff und Stickstoff zerlegt werden, wobei mindestens eine gasförmige Stickstofffraktion herausgeführt, angewärmt und mindestens teilweise arbeitsleistend entspannt wird. Gegenstand der Erfindung ist außerdem eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Ein derartiges Verfahren ist aus der US-PS 2 666 303 bekannt. Hier wird Stickstoff aus der Mitteldruckstufe zur Herstellung von Verfahrenskälte entspannt. Dies ist wirtschaftlicher als ein mit Druckstufenstickstoff betriebener Kältekreislauf, wenn die Mitteldruckstufe unter höherem als Atmosphärendruck betrieben wird. Das vorbekannte Verfahren weist jedoch den Nachteil auf, daß der entspannte Anteil der gasförmigen Stickstofffraktion aus der Mitteldruckstufe nicht mehr für Zwecke weiterverwendet werden kann, für die er unter erhöhtem Druck benötigt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens und der Vorrichtung der eingangs genannten Art zu verbessern und insbesondere auf besonders günstige Weise Verfahrenskälte zur Verfügung zu stellen, ohne dabei die Weiterverwendung der gasförmigen Stickstofffraktion einzuschränken.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß mindestens ein Teil des arbeitsleistend entspannten Stickstoffs angewärmt und erneut verdichtet wird, wobei mindestens ein Teil der beim Entspannen gewonnenen Arbeit zum Verdichten verwendet wird.

Besonders günstig ist die abwärtsleistende Entspannung mit Rückverdichtung bei Luftzerlegungsanlagen anzuwenden, die unter erhöhtem Druck betrieben werden, da hier auch der Druck am Eingang der Entspannungsturbine relativ hoch ist und somit ein günstiger Wirkungsgrad erzielt werden kann. Dies gilt insbesondere für Luftzerleger, die im Verbund mit Kraftwerken stehen, die gemeinsam mit einer Kohle- oder Schwerölgasung betrieben werden.

Es erweist sich als vorteilhaft, wenn ein Teil der Leistung beim Verdichten durch von außerhalb des Verfahrens importierte Energie aufgebracht wird. Dadurch kann der entspannte Stickstoffanteil wieder auf seinen ursprünglichen Druck (vor dem Entspannen) oder auf einen höheren Druck gebracht werden, falls er mit den entsprechenden

Parametern weiterverwendet werden soll. Beispielsweise kann der rückverdichtete Stickstoff bei einem Verbund zwischen Luftzerlegungsanlage und Kohlevergasungskraftwerk in die in der Regel unter erhöhtem Druck stehende Brennkammer geführt werden.

Dabei ist es insbesondere vorteilhaft, wenn gemäß weiteren Merkmalen der Erfindung der entspannte Anteil der gasförmigen Stickstofffraktion auf einen Druck verdichtet wird, der im wesentlichen gleich dem Druck bei der Aufteilung der gasförmigen Stickstofffraktion ist, und außerdem anschließend wieder dem nicht entspannten Teil der gasförmigen Stickstofffraktion zugeführt wird.

Mit Hilfe dieser Verfahrensweise steht auch bei der erfindungsgemäßen Art der Kältengewinnung die gesamte gasförmige Stickstofffraktion unter dem (im allgemeinen erhöhten) Druck der Mitteldruckstufe zur Verfügung und kann beispielsweise in der Brennkammer eines Kohlevergasungskraftwerkes weiterverwendet werden.

Besonders bei solchen Anwendungen, bei denen die gesamte Luftzerlegung und insbesondere die Mitteldruckstufe bei relativ hohen Drücken gefahren werden muß, sind die erzielten Produktreinheiten oft nicht befriedigend. Dies gilt für den erzeugten Stickstoff, in besonderem Maße jedoch für das Sauerstoffprodukt.

Aus diesem Grunde ist es in bestimmten Fällen günstig, wenn gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung der Mitteldruckstufe eine weitere Stickstofffraktion am Kopf entnommen, angewärmt, verdichtet, anschließend wieder abgekühlt und in die Druckstufe eingeführt wird. Die (Rein-)Stickstofffraktion wird also mindestens teilweise in einem sogenannten Verstärkungskreislauf geführt. Die über den Verstärkungskreislauf in die Druckstufe geleitete Stickstoffmenge wird in indirektem Wärmetausch mit Sumpfflüssigkeit der Mitteldruckstufe kondensiert, flüssig abgezogen und als zusätzliche Rücklaufmenge auf die Mitteldruckstufe aufgegeben. Dadurch wird - ohne Beeinflussung des Stoffaustausches in der Druckstufe - der Umsatz in der Mitteldruckstufe erhöht, so daß die Produktströme höhere Reinheiten aufweisen.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß den Patentansprüchen 6 und 7.

Anhand der Zeichnung, in welcher eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch dargestellt ist, werden die Erfindung und weitere Einzelheiten der Erfindung näher erläutert.

Über Leitung 1 wird verdichtete und vorgereinigte Luft herangeführt, in einem Hauptwärmetau-

scher 17 in indirektem Wärmeaustausch mit Produktströmen abgekühlt und in die Druckstufe 3 einer zweistufigen Rektifiziersäule 2 eingespeist. Die Druckstufe 3 (Betriebsdruck: 6 bis 20 bar, vorzugsweise 8 bis 17 bar) steht mit der Mitteldruckstufe 4 (Betriebsdruck: 1,5 bis 10 bar, vorzugsweise 2,0 bis 8,0 bar) über einen gemeinsamen Kondensator/Verdampfer 13 in wärmetauschender Verbindung. Die eingeführte Luft wird in der Druckstufe 3 in Stickstoff und in eine sauerstoffangereicherte Fraktion vorzerlegt. Die sauerstoffangereicherte Fraktion wird über Leitung 6 in flüssigem Zustand abgeführt, in Wärmetauscher 18 unterkühlt und in die Mitteldruckstufe 4 eingedrosselt. Stickstoff vom Kopf der Druckstufe 3 wird über Leitung 5 ebenfalls flüssig abgezogen, in Wärmetauscher 18 unterkühlt und zum einen Teil über Leitung 8 als flüssiges Produkt abgeführt. Der andere Teil des Stickstoffs aus der Druckstufe 3 wird über Leitung 9 als Rücklauf auf die Mitteldruckstufe 4 aufgegeben. Eine weitere flüssige Fraktion wird über Leitung 7 aus der Druckstufe 3 ab- und der Niederdruckstufe 4 zugeführt.

Als Produkte der Mitteldruckstufe 4 werden flüssiger Sauerstoff (Leitung 14), gasförmiger Reinstickstoff (Leitung 15) und unreiner Stickstoff (Leitung 16) entnommen und im Hauptwärmetauscher 17, die Stickstoffströme zusätzlich im Wärmetauscher 18, angewärmt.

Vor der Einspeisung in die Druckstufe 3 kann ein Teil (Leitung 21) der Luft in Leitung 1 in Wärmetauscher 20 mit Sauerstoff 14 aus dem Sumpf der Mitteldruckstufe 4 kondensiert werden. Die Flüssigkeit 14 aus dem Sumpf der Mitteldruckstufe 4 wird dazu mittels einer Pumpe 19 auf hohen Druck gebracht und bei dem Wärmeaustausch im Kondensator 20 teilweise verdampft. Die teilweise kondensierte Luft 22 wird oberhalb der ersten Einspeisestelle (Leitung 1) in die Druckstufe 3 eingeführt. Der verdampfte Anteil des Sauerstoffs wird über Leitung 23 abgeführt und angewärmt (17). Ein anderer Teil des Sauerstoffs wird über Leitung 42 als flüssiger Produktstrom abgezogen.

Erfindungsgemäß wird ein Teil des unreinen Stickstoffs in Leitung 16 auf einer mittleren Temperatur von etwa 110 bis 210 K, vorzugsweise 135 bis 185 K, über Leitung 30 aus dem Hauptwärmetauscher 17 abgezogen und in einer Entspannungsturbine 31 arbeitsleistend auf einen Druck von 2,6 bis 1,4 bar, vorzugsweise etwa 2,0 bar entspannt. Der entspannte Stickstoff wird über Leitung 32 erneut zum kalten Ende des Hauptwärmetauschers 17 geführt und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt. Er gibt dabei die beim Entspannen gewonnene Kälte an zu zerlegende Luft in Leitung 1 ab.

Um den entspannten Teil des Stickstoffs gemeinsam mit dem nicht entspannten Anteil (Leitung 39) abziehen zu können, wird dieser in zwei Stufen

33, 36 wieder verdichtet, wobei jeweils die Kompressionswärme anschließend entfernt wird (Kühler 35, 37). Die zweite Verdichtungsstufe 36 ist mit der Entspannungsturbine 31 gekoppelt, so daß die bei der Entspannung gewonnene Arbeit für das Verfahren zurückgewonnen wird. Um das Gas wieder auf seinen Anfangsdruck (in Leitung 30 bzw. 39) zu bringen ist jedoch eine weitere Verdichtungsstufe 33 erforderlich, die mit von außen eingebrachter Energie betrieben wird. Diese zusätzlich aufgewandte Energie wird jedoch durch die erfindungsgemäße Verfahrensweise außerordentlich effektiv in Verfahrenskälte umgesetzt.

Falls der Reinstickstoff unter einem höheren Druck als dem Mitteldruckstufe 4 benötigt wird, kann er nach seiner Erwärmung verdichtet werden. Dies geschieht im allgemeinen in mehreren Verdichterstufen 40, 41. Dabei wird in der Regel hinter jeder Stufe 40, 41 die Verdichtungswärme durch (in der Zeichnung nicht dargestellte) Wasserkühler abgeführt.

Besonders in diesem Fall ist es günstig, einen Verstärkungskreislauf zur Erhöhung von Umsatz und Produktreinheiten der Mitteldruckstufe vorzusehen. Dazu ist die in der Zeichnung gestrichelt dargestellte Leitung notwendig. Über Leitung 42 wird mindestens ein Teil des Reinstickstoffs aus Leitung 15 auf dem Druckniveau der Drucksäule (im Falle des Ausführungsbeispiel zwischen den Verdichterstufen 40 und 41) abgezweigt, im Hauptwärmetauscher 17 abgekühlt und weiter über Leitung 42 in die Druckstufe 3 eingespeist.

Der zusätzliche Stickstoff kondensiert an deren Kopf und verdampft dabei Flüssigkeit im Sumpf der Mitteldruckstufe 4. In flüssiger Form wird er zusätzlich über Leitung 5 entnommen und als Rücklauf auf die Mitteldrucksäule aufgegeben. Eine entsprechend erhöhte Stickstoffmenge wird dann auch über Leitung 15 abgezogen, angewärmt (18, 17) und in der Verdichterstufe 40 komprimiert, so daß sich der Verstärkungskreislauf schließt und die Bilanzen der Wärmetauscher 18 und 17 ausgeglichen sind.

Ansprüche

1. Verfahren zur Luftzerlegung durch Rektifikation, bei dem Luft (1) verdichtet, vorgereinigt, abgekühlt (17) und in der Druckstufe (3) einer zweistufigen Rektifikation (2) in eine stickstoffreiche Fraktion (5) und in eine sauerstoffreiche Flüssigkeit (6) vorzerlegt wird und die beiden Fraktionen (5, 6) mindestens teilweise der Mitteldruckstufe (4) der Rektifikation (2) zugeführt und in Sauerstoff und Stickstoff zerlegt werden, wobei mindestens eine gasförmige Stickstofffraktion herausgeführt (16), angewärmt (17) und mindestens teilweise (30) arbeitslei-

stend entspannt (31) wird, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil des arbeitsteilend entspannten (31) Stickstoffs (32) angewärmt (17) und erneut verdichtet (33, 36) wird, wobei mindestens ein Teil der beim Entspannen (31) gewonnenen Arbeit zum Verdichten (36) verwendet wird.

5

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Leistung beim Verdichten (33) durch von außerhalb des Verfahrens importierte Energie aufgebracht wird.

10

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der entspannte Anteil (32) der gasförmigen Stickstofffraktion auf einen Druck verdichtet (33, 36) wird, der im wesentlichen gleich dem Druck bei der Aufteilung (30, 39) der gasförmigen Stickstofffraktion (16) ist.

15

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der entspannte und wieder verdichtete Anteil (38) der gasförmigen Stickstofffraktion wieder dem nicht entspannten Teil (39) der gasförmigen Stickstofffraktion (16) zugeführt wird.

20

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Niederdruckstufe (4) eine weitere Stickstofffraktion (15) am Kopf entnommen, angewärmt (18, 17), verdichtet (40), anschließend wieder abgekühlt (17) und in die Druckstufe (3) eingeführt (42) wird.

25

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit einem Hauptwärmetauscher (17), der Passagen für Luft (1) und für Stickstoff (16, 39) enthält, und mit einer Doppelrektifiziersäule (2) bestehend aus Drucksäule (3) und Mitteldrucksäule (4), gekennzeichnet durch eine Leitung (30), die aus dem mittleren Bereich des Hauptwärmetauschers (17) herausführt und mit der Stickstoffpassage (16) und mit dem Eingang einer Entspannungsturbine (31) verbunden ist, und durch eine weitere Leitung (32), die den Ausgang der Entspannungsturbine (31) mit dem Eingang eines Verdichters (33, 36) verbindet und als Passage durch den Hauptwärmetauscher (17) geführt wird.

30

35

40

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Verdichters (33, 36) mit dem Ausgang der Stickstoffpassage (39) des Hauptwärmetauschers (17) verbunden ist.

45

50

55

