201940824

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201940824 A

(43)公開日： 中華民國 108 (2019) 年 10 月 16 日

(21)申請案號：108105262 (22)申請日： 中華民國 108 (2019) 年 02 月 18 日

(51)Int. Cl.： *F25J3/04 (2006.01)*

(30)優先權：2018/03/20 日本 JP2018-051957

(71)申請人：法商液態空氣喬治斯克勞帝方法研究開發股份有限公司 (法國) L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE (FR)
法國

(72)發明人：廣瀨献兒 HIROSE, KENJI (JP)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：9 項 圖式數：6 共 41 頁

(54)名稱

氮製造方法及氮製造裝置

(57)摘要

本發明提供一種用以製造液態氮之氮回收率較高且能量效率較高之氮製造方法及氮製造裝置。使原料空氣之一部分於主熱交換器 1 之前段處進行膨脹而冷卻，而用作用以將未膨脹之剩餘之原料空氣於主熱交換器 1 內部進行預冷之冷氣。又，將於主熱交換器 1 內部已預冷之原料空氣之一部分向主熱交換器 1 外部取出並使之膨脹而冷卻，從而用作用以將未膨脹之剩餘之已預冷之原料空氣於主熱交換器 1 內部進行冷卻之冷氣。

PROBLEM: To provide a nitrogen production method and a nitrogen production apparatus for producing liquid nitrogen with a high nitrogen recovery rate and high energy efficiency.

SOLUTION TO THE PROBLEM: A portion of feed air is expanded and cooled in front of a main heat exchanger 1, and is used as cold for precooling the remaining unexpanded feed air inside the main heat exchanger 1. A portion of the feed air precooled inside the main heat exchanger 1 is removed to outside the main heat exchanger 1, expanded and cooled, and used as cold to cool the remaining unexpanded precooled feed air inside the main heat exchanger 1.

指定代表圖：

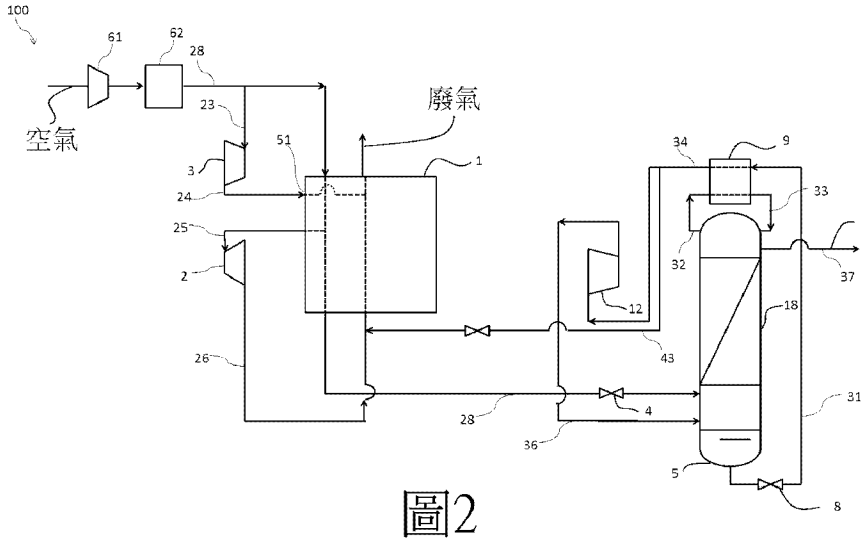


圖2

符號簡單說明：

1・・・主熱交換器

2・・・第一渦輪

3・・・第二渦輪

4・・・原料空氣膨脹閥

5・・・精餾塔

9・・・冷凝部

12・・・再循環空氣壓縮機

18・・・第一精餾部

23・・・第二分支管線

24・・・第二低溫空氣導入管線

25・・・第一分支管線

26・・・第一低溫空氣導入管線

28・・・主原料空氣供給管線

31・・・富氧液體導入管線

34・・・再循環空氣取出管線

36・・・再循環空氣導入管線

37・・・製品液態氮取出管線

43・・・廢氣管線

51・・・第一導入位置

61・・・原料空氣壓縮機

62・・・去除部

100・・・氮製造裝置

【發明說明書】

【中文發明名稱】　氮製造方法及氮製造裝置

【英文發明名稱】　NITROGEN PRODUCTION METHOD AND NITROGEN PRODUCTION APPARATUS

【技術領域】

【0001】

本發明係關於一種用以製造液態氮之氮製造方法及氮製造裝置。

【先前技術】

【0002】

已知有一種藉由使用深冷分離法之氮製造裝置而製造氣態氮及液態氮之方法（例如文獻1及文獻2）。液態氮可自氮精餾塔進行採取。

於欲增加液態氮之製造量之情形時，考慮使自氮精餾塔採取之液態氮量增加之方法、或使所製造之氣態氮進行液化之方法。

文獻1揭示一種藉由減少氣態氮之製造量並增加廢氣量，而增加液態氮之製造量之方法。增加廢氣量，可相應地增加於膨脹渦輪中藉由廢氣之絕熱膨脹而製出之冷氣量。其原因在於：可於主熱交換器中回收該冷氣，而用於氮之液化。

文獻2揭示一種藉由於在主熱交換器及冷凝器中將富氧液體之冷氣回收後，進而利用膨脹渦輪及制動器產生冷氣並進行回收，而製造氣態氮及液態氮之方法。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0003】

[專利文獻1]日本特開平11-316079號公報

[專利文獻2]美國專利第5,711,167號說明書

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0004】

但是，於文獻1中所揭示之方法中，若增加液態氮之製造量，則廢氣量增加，因此氮回收率降低。又，於主熱交換器中自氣態氮回收之冷氣量係隨著氣態氮之製造量之減少而降低。因此，存在膨脹渦輪之負載增加，能量效率降低之問題。

【0005】

於文獻2中所記載之方法中，可自氮精餾塔中直接採取之液態氮量較少。

若增加自氮精餾塔採取之液態氮量，則渦輪之負載增加，主熱交換器之熱交換效率降低。

另一方面，於使藉由文獻2中所記載之方法所製造之氣態氮進行液化而獲得液化氮之情形時，需要使用液化裝置。液化裝置中需要多個用於氮之多級壓縮之壓縮裝置等機器，從而設備費用變得高價。又，由於壓縮時之能量損失較大，液化裝置自身之電力消耗量亦較大，故而能量效率較差。

【0006】

鑒於上述實際情況，本發明之目的在於提供一種氮回收率較高且能量效率較高之液態氮之製造方法。

[解決課題之技術手段]

【0007】

（發明1）

本發明之製品液態氮之製造方法，包含：

預冷步驟，將已去除既定雜質之上述原料空氣之至少一部分冷卻至第一溫度，而作為預冷原料空氣；

冷卻步驟，將上述預冷步驟中所冷卻之上述原料空氣之至少一部分冷卻至低於第一溫度之第二溫度，而作為低溫原料空氣；

第一膨脹步驟，使上述預冷步驟中所冷卻之原料空氣之另一部分膨脹冷卻，而作為第一低溫空氣；

第二膨脹步驟，使上述原料空氣之至少一部分膨脹冷卻，而作為第二低溫空氣；

第一導入步驟，使上述冷卻步驟中所冷卻之上述原料空氣膨脹並導入至具有第一精餾部之精餾塔之較上述第一精餾部位置更靠近下部處；

冷凝步驟，藉由於配置於上述精餾塔之塔上部之冷凝部中與貯存於上述精餾塔下部中之富氧液體進行熱交換，而使上述精餾塔內部之氣體之至少一部分冷凝；

再循環空氣壓縮步驟，將自配置於上述精餾塔之塔上部之冷凝部中取出之廢氣（再循環空氣）進行分流，並對所分流之上述排氣之一者進行壓縮；

廢氣熱交換步驟，使所分流之上述廢氣之另一者與上述原料空氣及上述預冷原料空氣中之至少任一者進行熱交換；

第二導入步驟，將上述再循環空氣壓縮步驟中所壓縮之壓縮再循環空氣導入至上述精餾塔之較第一精餾部位置更靠近下部處；及

製品液態氮取出步驟，自上述精餾塔中取出製品液態氮。

於上述預冷步驟及上述冷卻步驟中，進行上述第一低溫空氣及/或第二低溫空氣、與上述原料空氣之熱交換。

【0008】

經壓縮且已去除既定雜質之原料空氣藉由主熱交換器中之預冷步驟及冷卻步驟而冷卻，從而成為低溫原料空氣。低溫原料空氣於經原料空氣膨脹閥膨脹後，被導入至精餾塔。

低溫原料空氣之一部分於主熱交換器內被液化。液化之低溫原料空氣之量例如為低溫原料空氣中之5重量%以上且90重量%以下，較佳為7重量%以上且75重量%以下。此時之液化量與精餾塔中所製造之液態氮量成正比。因此，於製造大量液態氮之情形時，所需之原料液化空氣之量大幅度增加。若原料液化空氣之量增加，則相對地不液化之低溫原料空氣之量減少，因此結果導致精餾塔中之低溫原料空氣之精餾所需之氣流不足。又，對於增加液化量而言，原料空氣之冷卻需要較大之能量，故而能量效率較差。

【0009】

因此，於本發明中設置了再循環空氣壓縮步驟，將配置於精餾塔上部之冷凝部中所蒸發之氣體（廢氣）之至少一部分作為再循環空氣進行壓縮。所謂廢氣之至少一部分，例如係指廢氣中之20重量%以上且90重量%以下，較佳為40重量%以上且80重量%以下。藉由將再循環空氣壓縮步驟中所壓縮之廢氣供給至精餾塔，可確保精餾所需之氣流。又，藉由將廢氣作為再循環空氣進行再次精餾，可提高氮之回收率。

【0010】

進而，於本發明中，使原料空氣之一部分於主熱交換器之前段處進行膨脹而冷卻，從而用作用以將未膨脹之剩餘之原料空氣於主熱交換器內部進行預冷之冷氣。所謂原料空氣之一部分，例如係指原料空氣中之1重量%以上且50重量%以下，較佳為3重量%以上且40重量%以下。

又，將於主熱交換器內部已預冷之原料空氣之一部分向主熱交換器外部取

出並使之膨脹而冷卻，從而用作用以將未膨脹之剩餘之已預冷之原料空氣於主熱交換器內部進行冷卻之冷氣。所謂於主熱交換器內部已預冷之原料空氣之一部分，例如係指於主熱交換器內部已預冷之原料空氣中之1重量%以上且40重量%以下，較佳為5重量%以上且30重量%以下。

藉由如此將原料空氣之一部分用作冷氣，可提高使原料空氣大量地液化之情形時之能量效率。

【0011】

於主熱交換器內未經液化之原料空氣及於經膨脹閥減壓時氣化之原料液化空氣被作為氣體而導入至精餾塔。作為氣體導入之低溫原料空氣與供給至精餾塔之塔頂部之液態氮接觸，而被精餾，從而分離成富氧液體與氮氣。貯存於精餾塔下部中之富氧液體與供給至精餾塔之原料液化空氣一起被作為冷媒供給至冷凝部。

氮氣自精餾塔之塔頂部被供給至冷凝部，而被液化。所獲得之液態氮之一部分被作為回流液而供給至精餾塔之塔頂部，另一部分於液態氮取出步驟中作為製品液化氮被自氮製造裝置中取出。所謂液態氮之一部分，例如係指液態氮中之1重量%以上且60重量%以下，較佳為4重量%以上且50重量%以下。

為了進一步冷卻所取出之製品液態氮，可將製品液態氮之一部分進行減壓而用作冷媒。所謂製品液態氮之一部分，例如係指製品液態氮中之1重量%以上且30重量%以下，較佳為5重量%以上且25重量%以下。藉由減壓而冷卻之液態氮於過冷卻器中與未減壓之液態氮進行熱交換。藉此，製品液態氮進而經冷卻。亦可於過冷卻器中使製品液態氮、與自第一膨脹渦輪導出之第一低溫空氣進行熱交換而冷卻製品液態氮。

亦可使作為冷媒之一部分之液態氮、與其他液態氮通過主熱交換器進行熱交換。

作為冷媒而供給至冷凝部之富氧液體與原料液化空氣之混合液係藉由與氮氣之熱交換而被蒸發。所蒸發之氣體（廢氣）之一部分被作為再循環空氣供給至再循環空氣壓縮機進行壓縮，而供給至精餾塔之下部。

藉由本發明而製造之製品液態氮例如純度為99%以上，較佳為99.9999%以上。

【0012】

（發明2）

本發明之氮製造裝置係具備如下構件之氮製造裝置（100；101；102；103；104）：

主熱交換器（1），其對已去除既定雜質之原料空氣進行冷卻；

原料空氣膨脹閥（4），其使藉由將上述原料空氣於上述主熱交換器中進行冷卻而獲得之低溫原料空氣進行膨脹，而將低溫原料空氣之一部分製成原料液化空氣；及

精餾塔（5），其供導入經膨脹之上述低溫原料空氣且具有第一精餾部（18）；且具備：

主原料空氣供給管線（28），其將上述原料空氣經由上述主熱交換器（1）供給至上述精餾塔（5）；

第一分支管線（25），其自上述主原料空氣供給管線（28）起於上述主熱交換器內部被分支；

第一渦輪（2），其使自上述第一分支管線（25）供給之第一分流原料空氣進行膨脹，而作為第一低溫空氣；

第一低溫空氣導入管線（26），其將上述第一低溫空氣導入至上述主熱交換器（1）；

第二分支管線（23），其自上述主原料空氣供給管線（28）起於較上述主

熱交換器（1）更靠近前段處被分支；

第二渦輪（3），其使自上述第二分支管線（23）所供給之第二分流原料空氣進行膨脹，而作為溫度低於上述第一低溫空氣之第二低溫空氣；

第二低溫空氣導入管線（24），其將上述第二低溫空氣導入至上述主熱交換器（1）；

冷凝部（9），其配置於上述精餾塔之塔上部；

富氧液體導入管線（31），其自上述精餾塔（5）下部將富氧液體之至少一部分導出，並將上述富氧液體作為冷媒導入至上述冷凝部；

再循環空氣取出管線（34），其自上述冷凝部（9）之某一位置取出廢氣（再循環空氣）之至少一部分；

再循環空氣壓縮機（12），其對自上述再循環空氣取出管線（34）所供給之上述廢氣之至少一部分進行壓縮；

再循環空氣導入管線（36），其將自上述再循環空氣壓縮機（12）所導出之壓縮再循環空氣，自上述精餾塔之較第一精餾部（18）之位置更靠近下部處導入至上述精餾塔；

廢氣管線（43），其自上述冷凝部（9）中取出上述廢氣之一部分，並導入至上述主熱交換器；及

製品液態氮取出管線（37），其自上述精餾塔中取出液態氮。

再者，本說明書中以標註括號之形式記載之符號係表示一實施形態者，並不限於此。

【0013】

經原料空氣壓縮機壓縮且已去除既定雜質之原料空氣於主熱交換器中被預冷、冷卻而成為低溫原料空氣。低溫原料空氣於經原料空氣膨脹閥膨脹後，被導入至精餾塔。

低溫原料空氣之一部分於主熱交換器內被液化。為了一面維持較高之能量效率一面增加此處之液化量，本發明之氮製造裝置具有第一渦輪及第二渦輪。液化之低溫原料空氣之量例如為低溫原料空氣中之5重量%以上且90重量%以下，較佳為7重量%以上且75重量%以下。

【0014】

第一渦輪使向主熱交換器外部取出之於主熱交換器內部已預冷之原料空氣之一部分進行膨脹而冷卻。經第一渦輪冷卻之原料空氣被供給至主熱交換器之冷端，而用作用以使未經第一渦輪膨脹之原料空氣於主熱交換器內部進行冷卻之冷氣。所謂於主熱交換器內部已預冷之原料空氣之一部分，例如係指於主熱交換器內部已預冷之原料空氣中之1重量%以上且40重量%以下，較佳為5重量%以上且30重量%以下。

第二渦輪使於主熱交換器之前段處被分流之原料空氣之一部分進行膨脹而冷卻。經第二渦輪冷卻之原料空氣被供給至主熱交換器之中間部，而用作用以使未經第二渦輪膨脹之原料空氣於主熱交換器內部進行預冷之冷氣。所謂於主熱交換器之前段處被分流之原料空氣之一部分，例如係指原料空氣中之1重量%以上且50重量%以下，較佳為3重量%以上且40重量%以下。

藉由如此將原料空氣之一部分用作冷氣，可提高使原料空氣大量地液化之情形時之能量效率。

【0015】

進而，本發明之氮製造裝置具有再循環空氣壓縮機，其對配置於精餾塔上部之冷凝部中所蒸發之氣體（廢氣）之至少一部分進行壓縮。所謂廢氣之至少一部分，例如係指廢氣中之20重量%以上且90重量%以下，較佳為40重量%以上且80重量%以下。經再循環空氣壓縮機壓縮之壓縮再循環空氣被供給至精餾塔進行精餾。壓縮再循環空氣亦可於被供給至精餾塔之前被導入至主熱交換器

進行冷卻。藉由除導入原料空氣以外，亦將再循環空氣導入至精餾塔，可確保精餾所需之氣流。又，藉由將廢氣作為再循環空氣進行再次精餾，可提高氦之回收率。

【0016】

冷凝部中所蒸發之廢氣中未導入至再循環空氣壓縮機之部分被自廢氣管線導入至主熱交換器，而用作用以於主熱交換器內部與原料空氣進行熱交換之冷氣。

藉由如此將廢氣用作冷氣，可提高本發明之氦製造裝置之能量效率。

【0017】

（發明3）

上述發明之任一發明中所記載之氦製造裝置之冷凝部（9）亦可具備第二冷凝器（6）及第一冷凝器（7）。於該氦製造裝置中，上述再循環空氣取出管線（34）係以將於上述第一冷凝器（7）中蒸發之氣體之至少一部分導入至上述再循環空氣壓縮機（12）之方式配置於冷凝部。上述凝廢氣管線（43）可以將於上述第二冷凝部（6）中蒸發之氣體之至少一部分導入至上述主熱交換器（1）之方式配置。

【0018】

（發明4）

上述發明之任一發明亦可為富氧液體於經由上述富氧液體導入管線（31）被供給至上述第一冷凝器（7）後，被供給至上述第二冷凝器（6）。

【0019】

第二冷凝器與第一冷凝器之蒸發側壓力可同等，亦可不同。於蒸發側壓力不同之情形時，可將自第二冷凝器蒸發之氣體作為廢氣供給至主熱交換器，將自第一冷凝器蒸發之氣體供給至再循環空氣壓縮機。

富氧液體經由富氧液體導入管線（31）自精餾塔（5）底部被導入至冷凝部。此時，富氧液體首先可於被導入至第一冷凝器後導入至第二冷凝器。藉由如此導入富氧液體，可使第一冷凝器與第二冷凝器具有不同之蒸發壓力。

自具有相對較高之蒸發側壓力之第一冷凝器中排出之廢氣被作為再循環空氣進行壓縮，且再次於精餾塔中被精餾。自具有相對較低之蒸發側壓力之第二冷凝器中排出之廢氣於在主熱交換器中被用作冷氣後被排出。藉由製成如此對壓力相對較高之廢氣進行壓縮之構成，可有效率地進行壓縮。

供給至主熱交換器之排氣被用作用以於主熱交換器內部與原料空氣進行熱交換之冷氣。藉由如此將廢氣用作冷氣，可提高本發明之氮製造裝置之能量效率。

供給至再循環空氣壓縮機之氣體被壓縮，並作為再循環空氣被供給至精餾塔進行精餾。藉由除導入原料空氣以外，亦將再循環空氣導入至精餾塔，可確保精餾所需之氣流。又，藉由將廢氣作為再循環空氣進行再次精餾，可提高氮之回收率。

【0020】

（發明5）

上述發明之任一發明中所記載之氮製造裝置亦可進而具備：第三渦輪（13），其使自上述廢氣管線（43）經由上述主熱交換器（1）所供給之上述廢氣進行膨脹，而作為低溫廢氣；且上述第三渦輪（13）之軸端連接於上述再循環空氣壓縮機（12）之軸端。

【0021】

向第三渦輪中導入供於主熱交換器內部藉由與原料空氣進行熱交換而釋出冷氣之廢氣。於第三渦輪中，藉由使所導入之廢氣膨脹並冷卻，而作為低溫排氣。可將所獲得之低溫廢氣再次導入至主熱交換器，而用作與原料空氣進行熱

交換之冷氣。又，藉由將第三渦輪連結於再循環空氣壓縮機，將第三渦輪中所獲得之動力用於再循環空氣之壓縮，可提高能量效率。藉由如此利用冷氣，可提高氮產生裝置之能量效率。

【0022】

（發明6）

上述發明之任一方面中所記載之氮製造裝置進而具備：壓縮再循環空氣冷卻管線（42），其使上述壓縮再循環空氣於上述主熱交換器（1）中進行冷卻。

【0023】

亦可將自再循環壓縮機導出之壓縮再循環空氣直接導入至精餾塔，但亦可於主熱交換器中使之冷卻後導入至精餾塔。藉由於主熱交換器中使之冷卻，可有效地利用導入至主熱交換器之冷氣，而可提高氮製造裝置之能量效率。

【0024】

（發明7）

氮製造裝置之精餾塔5亦可具備配置於上述第一精餾部（18）之下方之第二精餾部（19）。於該氮製造裝置中，原料液化空氣被導入至較上述第一精餾部（18）位置更靠近下部且較上述第二精餾部（19）位置更靠近上部處，上述壓縮再循環空氣被導入至較上述第二精餾部（19）位置更靠近下部處。

【0025】

再循環空氣中之氧濃度高於原料空氣中之氧濃度。因此，若將再循環空氣於導入至精餾塔時導入至較原料空氣更靠近下方處，則可進而提高精餾之效率。

【0026】

（發明8）

本發明之氮製造裝置亦可進而具備：第一壓縮機（14），其進而對經原料空氣壓縮機壓縮且於去除部中已去除既定雜質之原料空氣進行壓縮；

第一冷卻器（16），其對自上述第一壓縮機（14）導出之原料空氣進行冷卻；

第二壓縮機（15），其進而對自上述第一冷卻器（16）導出之原料空氣進行壓縮；及

第二冷卻器（17），其對自上述第二壓縮機（15）導出之原料空氣進行冷卻。

【0027】

第二渦輪（3）之軸端連接於第一壓縮機（14）及/或第二壓縮機（15）之軸端。同樣地，第一渦輪（2）之軸端連接於第一壓縮機（14）及/或第二壓縮機（15）之軸端。藉此，可將第一渦輪之動力用於第一壓縮機（14）及/或第二壓縮機（15）中之原料空氣之壓縮。同樣地，可將第二渦輪之動力用於第一壓縮機（14）及/或第二壓縮機（15）中之原料空氣之壓縮。因此，可進而提高能量效率。

於第一壓縮機（14）之後段，亦可配置對經第一壓縮機壓縮之原料空氣進行冷卻之第一原料空氣冷卻器（16）。於第二壓縮機（15）之後段，亦可配置對經第二壓縮機壓縮之原料空氣進行冷卻之第二原料空氣冷卻器（17）。

再者，第一渦輪、第二渦輪、及第三渦輪之軸端亦可分別獨立地連接於再循環空氣壓縮機、第一壓縮機、及第二壓縮機之任一者至少1個軸端。

【0028】

（發明9）

本發明之氮製造裝置又可進而包含：

原料空氣壓縮機（61），其對自外部取入之空氣進行壓縮；及

去除部（62），其自經上述原料空氣壓縮機壓縮之上述空氣中去除既定雜質，而作為原料空氣。

【0029】

根據以上所述之氮製造裝置，可將藉由氮製造裝置所回收之氮之一部分或全部以液態氮之形式取出。因此，無需用以將氣態氮進行液化之液化裝置，從而可藉由更簡便且廉價之機器來製造液態氮。又，與藉由將氮作為作動流體之冷凍循環來產生冷氣之情形相比，於上述發明中，由於無需對氮氣進行壓縮，僅對空氣進行壓縮，故而可提高能量效率。

【圖式簡單說明】

【0030】

圖1係表示本實施形態之氮製造方法之步驟的流程圖。

圖2係表示實施形態1之氮製造裝置之構成例的圖。

圖3係表示實施形態1之氮製造裝置之另一構成例的圖。

圖4係表示實施形態1之氮製造裝置之另一構成例的圖。

圖5係表示實施形態2之氮製造裝置之構成例的圖。

圖6係表示實施形態3之氮製造裝置之構成例的圖。

【實施方式】

【0031】

以下，對本發明之數個實施形態進行說明。以下說明之實施形態係說明本發明之一例者。本發明不受以下實施形態任何限定，亦包含於不改變本發明之主旨之範圍內實施之各種變形形態。再者，以下說明之所有構成未必為本發明之必須構成。

【0032】

參照圖1對本發明之氮製造方法之流程說明。

【0033】

（壓縮步驟）

圖1所示之壓縮步驟係藉由1個或複數個壓縮機對自外部取入之原料空氣進行壓縮之步驟。壓縮步驟亦可包含對經壓縮之原料空氣進行冷卻之冷卻步驟。於藉由複數個壓縮機對原料空氣進行壓縮之情形時，亦可包含對經各個壓縮機壓縮之原料空氣進行冷卻之複數個冷卻步驟。

於圖2所示之氮製造裝置100中，藉由原料空氣壓縮機61來實施壓縮步驟。

壓縮步驟可有可無，於無壓縮步驟之情形時，可具有自外部導入經壓縮之原料空氣之步驟。

【0034】

（去除步驟）

去除步驟係自壓縮步驟中所壓縮之原料空氣中去除既定雜質之步驟。去除步驟中之雜質之去除方法並無特別限定，可藉由吸附、冷卻等已知之方法進行。要去除之雜質並無特別限定，可為成為堵塞熱交換器等之原因之二氧化碳、水分等。

於去除步驟中已去除既定雜質之原料空氣中之一部分被送至第二膨脹步驟。未送至第二膨脹步驟之原料空氣被送至預冷步驟。

於圖2中，在去除部62中實施去除步驟。

去除步驟可有可無，於無去除步驟之情形時，可具有自外部導入已去除既定雜質且被壓縮之原料空氣之步驟。

【0035】

上述壓縮步驟及去除步驟可實施，亦可不實施任意一步驟或兩步驟。於不

實施壓縮步驟之情形時，可承收具有既定壓力之空氣。於不實施去除步驟之情形時，可承收雜質含量為既定值以下之空氣。

【0036】

（第二膨脹步驟）

第二膨脹步驟係使於去除步驟中已去除既定雜質之原料空氣之至少一部分進行膨脹冷卻之步驟。經膨脹冷卻之原料空氣成為第二低溫空氣。原料空氣之膨脹冷卻使用膨脹渦輪（以圖2中之符號3表示）。

於第二膨脹步驟中自膨脹渦輪導出之第二低溫空氣被導入至主熱交換器（以圖2中之符號1表示）之中間部，於下述預冷步驟中，在與未經由第二膨脹步驟之原料空氣進行熱交換之後，自主熱交換器之溫端被導出。

所謂將第二低溫空氣導入至主熱交換器之情形時之導入位置（設為第一導入位置。以圖2中之符號51表示），只要為主熱交換器之溫端與冷端之間即可，亦可自主熱交換器之溫端與冷端之中央起為冷端側。於將未經由第二膨脹步驟之原料空氣被導入至主熱交換器時之溫度設為T_{in}，將自主熱交換器導出時之溫度設為T_{out}之情形時，第一導入位置可設為未經由第二膨脹步驟之原料空氣之溫度為低於T_{in}且高於T_{out}之溫度（設為T_{m1}）之位置。T_{m1}之溫度之範圍較佳可設為下述式（1）成立之範圍。

$$T_{in}-(T_{in}-T_{out})\times 0.9<T_{m1}<T_{in}-(T_{in}-T_{out})\times 0.5\cdots(1)$$

【0037】

（預冷步驟）

預冷步驟係藉由主熱交換器中之熱交換將於去除步驟中已去除既定雜質之原料空氣之至少一部分冷卻至第一溫度，而作為預冷原料空氣之步驟。

第一溫度為與低於上述T_{in}且高於上述T_{out}之溫度T_{m1}同等之溫度。

於預冷步驟中，進行未經由第二膨脹步驟之原料空氣、與第二低溫空氣及/

或下述第一低溫空氣之熱交換。

經由預冷步驟之原料空氣中之一部分被送至冷卻步驟。經由預冷步驟之原料空氣中未被送至冷卻步驟之原料空氣被送至第一膨脹步驟。

【0038】

（冷卻步驟）

冷卻步驟係將預冷步驟中所冷卻之原料空氣之至少一部分冷卻至低於第一溫度之第二溫度，而作為低溫原料空氣之步驟。第二溫度為與上述同等之溫度。

於冷卻步驟中，進行經由預冷步驟之原料空氣、與下述第一低溫空氣之熱交換。

【0039】

（第一膨脹步驟）

第一膨脹步驟係使預冷步驟中經冷卻之原料空氣之至少一部分進行膨脹冷卻之步驟。經膨脹冷卻之原料空氣成為第一低溫空氣。原料空氣之膨脹冷卻時使用膨脹渦輪。

於第一膨脹步驟中自膨脹渦輪導出之第一低溫空氣被導入至主熱交換器之冷端，於在冷卻步驟中與預冷原料空氣進行熱交換後，自主熱交換器之溫端被導出。

【0040】

（第一導入步驟）

第一導入步驟係將藉由於冷卻步驟中對原料空氣進行冷卻而獲得之低溫原料空氣導入至精餾塔（於圖2中以符號5表示）之步驟。精餾塔具有第一精餾部。低溫原料空氣被導入至精餾塔之較第一精餾部位置更靠近下部處。

低溫原料空氣亦可於被導入精餾塔之前，藉由經由膨脹閥（原料空氣膨脹

閥，於圖2中以符號4表示）而被膨脹，使得一部分被液化而製成原料液化空氣。

藉由第一導入步驟而導入至精餾塔之低溫原料空氣及原料液化空氣被精餾，而分離成富氧液體與氮氣。

富氧液體與供給至精餾塔之原料液化空氣一起被作為冷媒供給至冷凝部。

氮氣自精餾塔之塔頂部被供給至冷凝部（圖2中之符號9）而被液化。

【0041】

（製品液態氮取出步驟）

藉由精餾所獲得之液態氮之一部分被作為回流液供給至精餾塔之頭頂部，另一部分於液態氮取出步驟中被作為製品液化氮自氮製造裝置中取出（圖2中之符號37）。

為了進而對所取出之製品液態氮進行冷卻，可對液態氮之一部分進行減壓而用作冷媒。可使作為冷媒之一部分之液態氮、與其他液態氮通過主熱交換器而進行熱交換。亦可藉由過冷卻器使製品液態氮進行熱交換。

【0042】

（再循環空氣壓縮步驟）

再循環空氣壓縮步驟係藉由壓縮機（圖2中之符號12）對自配置於精餾塔之塔上部之冷凝部中取出之廢氣（再循環空氣）進行壓縮之步驟。自冷凝部中取出之廢氣之一部分被送至再循環空氣壓縮步驟。未被送至再循環空氣壓縮步驟之廢氣可被供給至主熱交換器之冷端。於主熱交換器中，可進行廢氣、與原料空氣及/或預冷原料空氣之熱交換。

【0043】

（第二導入步驟）

第二導入步驟係將上述再循環空氣壓縮步驟中所壓縮之壓縮再循環空氣導

入至精餾塔之較第一精餾部位置更靠近下部處之步驟。於精餾塔具有配置於第一精餾部之下方之第二精餾部之情形時，亦可將壓縮再循環空氣導入至較第二精餾部位置更靠近下部處。

【0044】

（實施形態1）

參照圖2對實施形態1之氮製造裝置進行說明。

實施形態1之氮製造裝置100具備：原料空氣壓縮機61、去除部62、主熱交換器1、原料空氣膨脹閥4、及精餾塔5。精餾塔5具有第一精餾部18及冷凝部9。

氮製造裝置100進而具備：主原料空氣供給管線28、第一分支管線25、第一渦輪2、第一低溫空氣導入管線26、第二分支管線23、第二渦輪3、第二低溫空氣導入管線24、再循環空氣取出管線34、廢氣管線43、再循環空氣壓縮機12、再循環空氣導入管線36、及製品液態氮取出管線36。

【0045】

氮製造裝置100係藉由深冷分離來製造液態氮之裝置。亦可僅製造液態氮，但除液態氮以外，亦可製造氣態氮。

原料空氣壓縮機61係對自外部取入之原料空氣（例如原料空氣量為1000 Nm^3/h）進行壓縮之壓縮機。

去除部62係去除既定雜質之純化單元。可為藉由吸附、冷卻等已知之方法進行純化之單元。要去除之雜質並無特別限定，可為成為堵塞熱交換器等之原因之二氧化碳、水分等。

【0046】

主熱交換器1係對在去除部中已去除雜質之原料空氣進行冷卻之熱交換器。於主熱交換器1內部，原料空氣、與下述第一低溫空氣及/或第二低溫空氣

進行熱交換。藉此，原料空氣被冷卻至其液化點附近。

於主熱交換器1中，原料空氣被冷卻至第一溫度而作為預冷原料空氣後，預冷原料空氣進而被冷卻至第二溫度而作為低溫原料空氣。低溫原料空氣可為氣體狀，亦可一部分液化。關於原料空氣之溫度，例如於導入至主熱交換器1時為-40℃，被冷卻至第一溫度（例如-90℃）而成為預冷原料空氣。

【0047】

第二分支管線23係自主原料空氣供給管線28起於較主熱交換器1更靠近前段處被分支之管線。經由去除部62之原料空氣中之一部分經由主原料空氣供給管線28被供給至主熱交換器1，另一部分被分流至第二分支管線23。原料空氣通過第二分支管線23被導入至第二渦輪3。

第二渦輪3係使自第二分支管線23所供給之第二分流原料空氣進行膨脹而作為第二低溫空氣之膨脹渦輪。原料空氣藉由第二渦輪3之膨脹冷卻而成為第二低溫空氣。第二低溫空氣之溫度例如為-180℃至-192℃。

自第二渦輪3導出之第二低溫空氣被導入至主熱交換器1之中間部，於與未經由第二渦輪3之原料空氣進行熱交換後，自主熱交換器1之溫端被導出。第二低溫空氣導入管線24係將第二低溫空氣自第二渦輪3導入至主熱交換器1之管線。

所謂第二低溫空氣被導入至主熱交換器1之情形時之導入位置（設為第一導入位置51），只要為主熱交換器1之溫端與冷端之間即可，亦可自主熱交換器1之溫端與冷端之中央起為溫端側。於將未經由第二渦輪3之原料空氣被導入至主熱交換器1時之溫度設為T_{in}，將自主熱交換器1導出時之溫度設為T_{out}之情形時，第一導入位置51可設為未經由第二渦輪3之原料空氣之溫度為低於T_{in}且高於T_{out}之溫度（設為T_{m1}）之位置。T_{m1}之溫度之範圍較佳可設為下述式（1）成立之範圍。

$(T_{in}+T_{out})\times 0.5<T_{m1}<(T_{in}+T_{out})\times 0.9\cdots(1)$

自第二低溫空氣導入管線24導入至主熱交換器1之第二低溫空氣於與未經由第二渦輪3之原料空氣進行熱交換後，被釋出至主熱交換器1外部。

【0048】

第一分支管線25係自主原料空氣供給管線28起於主熱交換器內部被分支之管線。通過主原料空氣管線28被導入至主熱交換器1之原料空氣被冷卻至第一溫度，而成為預冷原料空氣。該預冷原料空氣之一部分被分流，通過第一分支管線25被供給至配置於熱交換器1之外側之第一渦輪2。

第一渦輪2係使自第一分支管線25所供給之第一分流原料空氣進行膨脹而作為第一低溫空氣之膨脹渦輪。未供給至第一渦輪2之預冷原料空氣於主熱交換器1之內部被進一步冷卻，而成為低溫原料空氣。

預冷原料空氣藉由第一渦輪2被膨脹冷卻，而成為第一低溫空氣。第一低溫空氣之溫度例如為-90℃至-110℃。第一低溫空氣導入管線26係將第一低溫空氣導入至上述主熱交換器1之管線。

通過第一低溫空氣導入管線26被導入至主熱交換器1之第一低溫空氣於與未經由第一渦輪2及第二渦輪3之原料空氣進行熱交換後，自主熱交換器1之溫端被釋出至外部。

【0049】

原料空氣膨脹閥4係使藉由使原料空氣於上述主熱交換器中進行冷卻而獲得之低溫原料空氣進行膨脹之膨脹閥。

主原料空氣供給管線28係將經由主熱交換器1之原料空氣供給至精餾塔5之管線。

【0050】

經由原料空氣膨脹閥4之低溫原料空氣及原料液化空氣被導入至精餾塔5，

於精餾塔5內上升而被精餾。精餾塔5於下方具有第一精餾部18，且具有配置於塔上部之冷凝部9。精餾塔5之運轉壓力範圍為5 barA~20 barA，運轉壓力例如可設為9 barA。又，精餾塔5之理論板數為40~100板，例如可設為60板。藉由第一精餾部之精餾，而於精餾塔5下部分離富氧液體，於精餾塔5上部分離氮氣。藉由自精餾塔5下部導出富氧液體之至少一部分，並通過富氧液體導入管線31導入至冷凝部9，而冷凝部9被冷卻。

【0051】

於冷凝部9中分離大量含有低沸點雜質之廢氣。再循環空氣取出管線34係自冷凝部9之某個位置取出廢氣（再循環空氣）之管線。再循環空氣取出管線34之位置只要為能夠將冷凝部之氣體導出之位置即可，較佳為冷凝部9之上部。

【0052】

再循環空氣壓縮機12係對自再循環空氣取出管線34所供給之廢氣之至少一部分進行壓縮而作為壓縮再循環空氣之壓縮機。

再循環空氣導入管線36係將自再循環空氣壓縮機12導出之壓縮再循環空氣，自精餾塔5之較第一精餾部18位置更靠近下部處導入至上述精餾塔之管線。壓縮再循環空氣與自主原料空氣供給管線28所供給之低溫原料空氣及原料液化空氣一起於精餾塔5內部被精餾。

【0053】

向再循環空氣壓縮機12導入廢氣之一部分，未送至再循環空氣壓縮機12之廢氣亦可通過廢氣管線43與第一低溫空氣導入管線26匯流而被導入至主熱交換器1。廢氣管線43可為自冷凝部9直接導入至主熱交換器1之管線，亦可為自再循環空氣取出管線34起被分支而導入至主熱交換器1之管線。

【0054】

亦可如圖3所示之氮製造裝置101般，不與第一低溫空氣導入管線26匯流，而自廢氣管線43將廢氣直接自主熱交換器1之冷端導入，並於進行熱交換後自主熱交換器1之溫端導出。

通過廢氣管線43導入至主熱交換器1之冷端之廢氣於在主熱交換器1內部與原料空氣及/或預冷原料空氣進行熱交換後，自主熱交換器1之溫端被導出。

【0055】

亦可如圖4所示之氮製造裝置102般進而具備第三渦輪13，該第三渦輪13使自廢氣管線43經由主熱交換器1而供給之廢氣進行膨脹而作為低溫廢氣。自第三渦輪13排出之低溫廢氣亦可於在主熱交換器1中與原料空氣及/或預冷原料空氣進行熱交換後，自主熱交換器1之溫端被導出。藉由如此構成，可利用低溫廢氣之冷氣。

亦可進而將第三渦輪13與再循環空氣壓縮機12連結（未圖示）。藉由如此構成，可將經第三渦輪13回收之動力轉用於再循環空氣之壓縮，從而功率效率提高。

【0056】

製品液態氮取出管線36係自精餾塔中取出製品液態氮之管線。於精餾塔5內上升並於冷凝部9中冷凝而作為環流液被再次導入至精餾塔5內之液態氮被自製品液態氮取出管線36取出。

【0057】

作為另一實施形態，亦可為不具有原料空氣壓縮機61及去除部62之氮製造裝置。於該情形時，自外部承收經壓縮且已去除既定雜質之原料空氣，並藉由主原料空氣供給管線28供給至氮製造裝置100。

【0058】

（實施形態2）

參照圖5對實施形態2之氦製造裝置103進行說明。與實施形態1之氦製造裝置100相同之符號元件由於具有相同之功能，故而省略其說明。

如圖5所示般，冷凝部9亦可具備一冷凝器6、及配置於上述第二冷凝器6之上部之第一冷凝器7。再循環空氣取出管線34係以將於第一冷凝器7中蒸發之氣體之至少一部分導入至再循環空氣壓縮機12之方式配置於冷凝部。冷凝部9具備將於第一冷凝部6中蒸發之氣體之至少一部分導入至主熱交換器1之廢氣管線432。

【0059】

第一冷凝器7可具有較第二冷凝器6更高之蒸發側壓力（例如相對於第二冷凝器6為5 barA，可設為第一冷凝器7為6.5 barA）。藉由使配置於上部之冷凝器（即第一冷凝器7）之壓力變得較配置於下部之冷凝器（即第二冷凝器6）更高，可使再循環空氣壓縮機之吸入壓力變得更高，而可提高能量效率。

於第一冷凝器7中蒸發之廢氣（再循環空氣）之至少一部分通過再循環空氣取出管線34被導入至再循環空氣壓縮機12。廢氣藉由再循環空氣壓縮機12而成為壓縮再循環空氣。壓縮再循環空氣亦可直接導入至精餾塔5，但亦可於冷卻後導入至精餾塔5。壓縮再循環空氣亦可藉由單獨之冷卻器（未圖示）進行冷卻，但亦可通過壓縮再循環空氣冷卻管線42導入至主熱交換器1，於主熱交換器1之內部藉由熱交換而冷卻。

【0060】

於第二冷凝器6中蒸發之氣體之至少一部分通過廢氣管線432被導入至主熱交換器1。於主熱交換器1中藉由與原料空氣及/或預冷原料空氣進行熱交換而釋出冷氣之廢氣可自主熱交換器1之溫端被導出，但亦可被導入至第三渦輪13。於第三渦輪13中，廢氣被膨脹冷卻而成為低溫廢氣（溫度例如為-175℃）。低溫廢氣通過低溫廢氣排出管線41而被再次導入至主熱交換器1，藉由進行熱交

換而釋出冷氣。

【0061】

第三渦輪13之軸端可連接於再循環空氣壓縮機12之軸端。藉由如此連接，可將經第三渦輪13回收之動力轉用於再循環空氣壓縮機12，而可提高功率效率。

【0062】

於實施形態1及實施形態2中，對自外部取入之原料空氣進行壓縮之壓縮機亦可配置複數個，例如亦可如圖5所示般具備第一壓縮機14、對經第一壓縮機14壓縮之原料空氣進而進行壓縮之第二壓縮機15。於第一壓縮機14及第二壓縮機15之後段，亦可分別配置將經壓縮之原料空氣進行冷卻之冷卻器（例如配置於第一壓縮機14之後段之第一冷卻器16及配置於第二壓縮機15之後段之第二冷卻器17）。

為了將經第一渦輪2回收之動力轉用於第一壓縮機14，第一渦輪2之軸端可連接於第一壓縮機14之軸端。同樣地，為了將經第二渦輪3回收之動力轉用於第二壓縮機15，第二渦輪3之軸端可連接於第二壓縮機15之軸端。

作為另一實施形態，第一渦輪、第二渦輪、及第三渦輪之軸端亦可分別單獨地連接於再循環空氣壓縮機、第一壓縮機、及第二壓縮機之任一者至少1個軸端。

【0063】

於實施形態1及實施形態2中，亦可於精餾塔5之下部設置複數個精餾部。例如，精餾塔5亦可具備配置於第一精餾部18之下方之第二精餾部19。於該情形時，原料液化空氣及低溫原料空氣亦可被導入至較第一精餾部18位置更靠近下部且較第二精餾部19位置更靠近上部處。另一方面，壓縮再循環空氣亦可被導入至較第二精餾部19位置更靠近下部處。

【0064】

（實施形態3）

參照圖6對實施形態3之氮製造裝置104進行說明。與實施形態1之氮製造裝置100至102、及實施形態2之氮製造裝置103相同之符號元件由於具有相同之功能，故而省略其說明。

如圖6所示般，亦可於製品液態氮取出管線37配置過冷卻器71。藉由過冷卻器71，而進一步冷卻製品液態氮。亦可使製品液態氮之一部分於過冷卻器71之後段進行分流，藉由過冷卻器膨脹閥72進行膨脹冷卻，而用作過冷卻器71之冷媒。亦可將自第一渦輪2導出之第一低溫空氣作為冷媒導入至過冷卻器71。

經過過冷卻器71之製品液態氮亦可於為了回收冷氣而導入至主熱交換器1後被排出。

【0065】

（實施例1）

使用實施形態1之氮製造裝置100（示於圖2），藉由模擬而證實如下情形時之各部中之壓力（barA）、溫度（℃）、流量（kg/h）等：使用1547 Nm^3/hr之具有氮75.6重量%且具有溫度40℃、壓力22.2 barA之空氣作為原料。

【0066】

（結果）

藉由原料空氣壓縮機61，而自外部取入之原料空氣壓力自1.013 barA升壓至22.7 barA。

其後，在去除部中已去除二氧化碳、水分之原料空氣被分流，作為其一部分之1100 Nm^3/hr被導入至主熱交換器1。主熱交換器1之導入時之原料空氣之溫度為40℃。

未被導入至主熱交換器1之原料空氣（447 Nm^3/hr）經由第二分支管線23被

導入至第二渦輪3。溫度40℃之原料空氣藉由第二渦輪3被膨脹冷卻，而成為溫度降低至-92℃之第二低溫空氣。第二低溫空氣被導入至主熱交換器1，於與原料空氣進行熱交換後被排出。

未經由第二渦輪3而導入至主熱交換器1之原料空氣於主熱交換器1之內部被預冷，而成為預冷原料空氣。預冷原料空氣被分流，預冷原料空氣之一部分（200 Nm^3/hr）被導入至第一渦輪2。溫度-115℃之預冷原料空氣藉由第一渦輪2被膨脹冷卻，而成為溫度降低至-184℃之第一低溫空氣。第一低溫空氣被導入至主熱交換器1之冷端，於藉由與原料空氣及預冷原料空氣之熱交換而釋出冷氣後被排出。

未經由第一渦輪2之預冷原料空氣藉由與第一低溫空氣之熱交換被冷卻，而成為溫度-152℃之低溫原料空氣。

低溫原料空氣藉由原料空氣膨脹閥4被膨脹冷卻至-166℃。低溫原料空氣及原料液化空氣被導入至精餾塔5進行精餾。精餾塔之運轉壓力為9.9 barA。

貯存於精餾塔5之塔底部之富氧液體以溫度-172℃被導入至冷凝部，藉由於冷凝部9中進行熱交換而成為廢氣（再循環空氣）。廢氣（合計流量1140 Nm^3/hr）之一部分（700 Nm^3/hr）被再循環空氣壓縮機12壓縮，並被再次導入至精餾塔5。未被導入至再循環壓縮機12之廢氣（440 Nm^3/hr）被膨脹冷卻並導入至主熱交換器1。

【0067】

藉由以上此種構成，可獲得溫度-170℃、壓力9.8 barA之液態氮（460 Nm^3/hr）。製造液態氮所需之能量為0.6 kWh/Nm3，無需使用液化器，因此可謂已可以較少之能量來製造液態氮。

【0068】

（實施例2）

使用實施形態2之氮製造裝置103（示於圖5），藉由模擬而證實如下情形時之各部中之壓力（barA）、溫度（℃）、流量（kg/h）等：使用1547 Nm^3/hr之具有氮75.6重量%且具有溫度40℃、壓力14.0 barA之空氣作為原料。

【0069】

（結果）

藉由原料空氣壓縮機61，而自外部取入之原料空氣壓力自1.013 barA升壓至14.5 barA。

其後，在去除部中已去除二氧化碳、水分之原料空氣藉由第一壓縮機14被升壓至15.0 barA。其後藉由第一冷卻器16被冷卻至40℃之原料空氣被分流，作為其一部分之1100 Nm^3/hr被導入至第二壓縮機15。藉由第二壓縮機15被升壓至22.6 barA後，藉由第二冷卻器17被冷卻至40℃之原料空氣被導入至主熱交換器1。

未被導入至第二壓縮機15之原料空氣（447 Nm^3/hr）經由第二分支管線23被導入至第二渦輪3。溫度40℃之原料空氣藉由第二渦輪3被膨脹冷卻，而成為溫度降低至-92℃之第二低溫空氣。第二低溫空氣被導入至主熱交換器1，於與原料空氣進行熱交換後被排出。

未經由第二渦輪3而被導入至主熱交換器1之原料空氣於主熱交換器1之內部被預冷，而成為預冷原料空氣。預冷原料空氣被分流，預冷原料空氣之一部分（200 Nm^3/hr）被導入至第一渦輪2。溫度-115℃之預冷原料空氣藉由第一渦輪2被膨脹冷卻，而成為溫度降低至-184℃之第一低溫空氣。第一低溫空氣被導入至主熱交換器1之冷端，於藉由與原料空氣及預冷原料空氣之熱交換而釋出冷氣後被排出。

未經由第一渦輪2之預冷原料空氣藉由與第一低溫空氣之熱交換被冷卻，而成為溫度-152℃之低溫原料空氣。

低溫原料空氣係藉由原料空氣膨脹閥4被膨脹冷卻至-166℃，從而一部分液化成為原料液化空氣。低溫原料空氣及原料液化空氣被導入至精餾塔5進行精餾。精餾塔之運轉壓力為9.9 barA。

貯存於精餾塔之塔底部之富氧液體係以溫度-172℃被導入至冷凝部之第一冷凝器7，藉由於第一冷凝器7中進行熱交換而成為廢氣（再循環空氣）。第一冷凝器7之蒸發壓力為6.3 barA，於第一冷凝器7內富氧液體蒸發而成為700 Nm^3/hr之廢氣（再循環空氣）。再循環空氣於藉由再循環空氣壓縮機12被升壓至10.0 barA後，於主熱交換器1中被冷卻至-153℃，而被導入至精餾塔5。

於第一冷凝器7中未氣化之富氧液體被導入至第二冷凝器6。第二冷凝器6之蒸發壓力為5.0 barA。藉由第二冷凝器6之熱交換而氣化之富氧液體被作為廢氣導入至主熱交換器1內，於釋出冷氣後，為了進而利用冷氣，而被膨脹冷卻，並被導入至主熱交換器1。

【0070】

藉由以上之構成，可獲得溫度-170℃、壓力9.8 barA之液態氮（460 Nm^3/hr）。製造液態氮所需之能量為0.5 kWh/Nm3。於本實施例中，將第一壓縮機14之軸端與第一渦輪2之軸端連接，將第二壓縮機16之軸端與第二渦輪3之軸端連接，將再循環空氣壓縮機12之軸端與第三渦輪13之軸端連接，藉此將藉由膨脹而回收之動力轉用於壓縮。因此，可謂已能以更少之能量來製造液態氮。

【符號說明】

【0071】

1：主熱交換器

2：第一渦輪

3：第二渦輪

4：原料空氣膨脹閥

5：精餾塔

6：第二冷凝器

7：第一冷凝器

9：冷凝部

12：再循環空氣壓縮機

13：第三渦輪

14：第一壓縮機

15：第二壓縮機

16：第一冷卻器

17：第二冷卻器

18：第一精餾部

19：第二精餾部

23：第二分支管線

24：第二低溫空氣導入管線

25：第一分支管線

26：第一低溫空氣導入管線

28：主原料空氣供給管線

31：富氧液體導入管線

34：再循環空氣取出管線

36：再循環空氣導入管線

37：製品液態氮取出管線

42：壓縮再循環空氣冷卻管線

43：廢氣管線

61：原料空氣壓縮機

62：去除部

100：氮製造裝置

201940824

【發明摘要】

【中文發明名稱】 氮製造方法及氮製造裝置

【英文發明名稱】 NITROGEN PRODUCTION METHOD AND NITROGEN PRODUCTION APPARATUS

【中文】

本發明提供一種用以製造液態氮之氮回收率較高且能量效率較高之氮製造方法及氮製造裝置。

使原料空氣之一部分於主熱交換器1之前段處進行膨脹而冷卻，而用作用以將未膨脹之剩餘之原料空氣於主熱交換器1內部進行預冷之冷氣。又，將於主熱交換器1內部已預冷之原料空氣之一部分向主熱交換器1外部取出並使之膨脹而冷卻，從而用作用以將未膨脹之剩餘之已預冷之原料空氣於主熱交換器1內部進行冷卻之冷氣。

【英文】

PROBLEM: To provide a nitrogen production method and a nitrogen production apparatus for producing liquid nitrogen with a high nitrogen recovery rate and high energy efficiency.

SOLUTION TO THE PROBLEM: A portion of feed air is expanded and cooled in front of a main heat exchanger 1, and is used as cold for precooling the remaining unexpanded feed air inside the main heat exchanger 1. A portion of the feed air precooled inside the main heat exchanger 1 is removed to outside the main heat exchanger 1, expanded and cooled, and used as cold to cool the remaining unexpanded precooled feed air inside the main heat exchanger 1.

【指定代表圖】　　圖2

【代表圖之符號簡單說明】

1：主熱交換器

2：第一渦輪

3：第二渦輪

4：原料空氣膨脹閥

5：精餾塔

9：冷凝部

12：再循環空氣壓縮機

18：第一精餾部

23：第二分支管線

24：第二低溫空氣導入管線

25：第一分支管線

26：第一低溫空氣導入管線

28：主原料空氣供給管線

31：富氧液體導入管線

34：再循環空氣取出管線

36：再循環空氣導入管線

37：製品液態氮取出管線

43：廢氣管線

51：第一導入位置

61：原料空氣壓縮機

62：去除部

100：氮製造裝置

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種製品液態氮之製造方法，包含：

預冷步驟，將已去除既定雜質之原料空氣之至少一部分冷卻至第一溫度，而作為預冷原料空氣；

冷卻步驟，將上述預冷步驟中所冷卻之上述原料空氣之至少一部分冷卻至低於第一溫度之第二溫度，而作為低溫原料空氣；

第一膨脹步驟，使上述預冷步驟中所冷卻之原料空氣之另一部分膨脹冷卻，而作為第一低溫空氣；

第二膨脹步驟，使上述原料空氣之至少一部分膨脹冷卻，而作為第二低溫空氣；

第一導入步驟，使上述冷卻步驟中所冷卻之上述原料空氣膨脹並導入至具有第一精餾部之精餾塔之較上述第一精餾部位置更靠近下部處；

冷凝步驟，藉由於配置於上述精餾塔之塔上部之冷凝部中與貯存於上述精餾塔下部中之富氧液體進行熱交換，而使上述精餾塔內部之氣體之至少一部分冷凝；

再循環空氣壓縮步驟，將自上述冷凝部取出之廢氣（再循環空氣）進行分流，並對所分流之上述廢氣之一者進行壓縮；

廢氣熱交換步驟，使所分流之上述廢氣之另一者與上述原料空氣及上述預冷原料空氣中之至少任一者進行熱交換；

第二導入步驟，將上述再循環空氣壓縮步驟中所壓縮之壓縮再循環空氣導入至上述精餾塔之較第一精餾部位置更靠近下部處；及

製品液態氮取出步驟，自上述精餾塔中取出製品液態氮；

於上述預冷步驟及上述冷卻步驟中，進行上述第一低溫空氣及/或第二低溫空氣、與上述原料空氣之熱交換。

【第2項】一種氮製造裝置，具備：

主熱交換器，其對已去除既定雜質之原料空氣進行冷卻；

原料空氣膨脹閥，其使藉由將上述原料空氣於上述主熱交換器中進行冷卻而獲得之低溫原料空氣進行膨脹；及

精餾塔，其供導入經膨脹之上述低溫原料空氣且具有第一精餾部；且具備：

主原料空氣供給管線，其將上述原料空氣經由上述主熱交換器供給至上述精餾塔；

第一分支管線，其自上述主原料空氣供給管線起於上述主熱交換器內部被分支；

第一渦輪，其使自上述第一分支管線所供給之第一分流原料空氣進行膨脹，而作為第一低溫空氣；

第一低溫空氣導入管線，其將上述第一低溫空氣導入至上述主熱交換器；

第二分支管線，其自上述主原料空氣供給管線起於較上述主熱交換器1更靠近前段處被分支；

第二渦輪，其使自上述第二分支管線所供給之第二分流原料空氣進行膨脹，而作為溫度低於上述第一低溫空氣之第二低溫空氣；

第二低溫空氣導入管線，其將上述第二低溫空氣導入至上述主熱交換器；

冷凝部，其配置於上述精餾塔之塔上部；

富氧液體導入管線，其自上述精餾塔下部將富氧液體之至少一部分導出，並將上述富氧液體作為冷媒導入至上述冷凝部；

再循環空氣取出管線，其自上述冷凝部之某一位置取出廢氣（再循環空氣）之至少一部分；

再循環空氣壓縮機，其對自上述再循環空氣取出管線所供給之上述廢氣之

至少一部分進行壓縮；

再循環空氣導入管線，其將自上述再循環空氣壓縮機所導出之壓縮再循環空氣，自上述精餾塔之較第一精餾部之位置更靠近下部處導入至上述精餾塔；

廢氣管線，其自上述冷凝部取出上述廢氣之一部分，並導入至上述主熱交換器；及

製品液態氮取出管線，其自上述精餾塔中取出液態氮。

【第3項】如請求項2所述之氮製造裝置，其中，上述冷凝部具備第二冷凝器、及第一冷凝器，

上述再循環空氣取出管線係以將於上述第一冷凝器中蒸發之氣體之至少一部分導入至上述再循環空氣壓縮機之方式配置，

上述廢氣管線係以將於上述第二冷凝器中蒸發之氣體之至少一部分導入至上述主熱交換器之方式配置。

【第4項】如請求項3所述之氮製造裝置，其中，上述富氧液體於經由上述富氧液體導入管線被供給至上述第一冷凝器後，被供給至上述第二冷凝器。

【第5項】如請求項2至4中任一項所述之氮製造裝置，其進而具備：第三渦輪，其使自上述廢氣管線經由上述主熱交換器所供給之上述廢氣進行膨脹，而作為低溫廢氣；

上述第三渦輪之軸端連接於上述再循環空氣壓縮機之軸端。

【第6項】如請求項2至4中任一項所述之氮製造裝置，其進而具備：壓縮再循環空氣冷卻管線，其使上述壓縮再循環空氣於上述主熱交換器中進行冷卻。

【第7項】如請求項2至4中任一項所述之氮製造裝置，其中，上述精餾塔具備配置於上述第一精餾部之下方之第二精餾部，

上述原料液化空氣被導入至較上述第一精餾部之位置更靠近下部且較上述

第二精餾部之位置更靠近上部處，

上述壓縮再循環空氣被導入至較上述第二精餾部之位置更靠近下部處。

【第8項】如請求項2至4中任一項所述之氮製造裝置，其進而具備：

第一壓縮機，其進而壓縮上述原料空氣；

第一冷卻器，其對自上述第一壓縮機導出之原料空氣進行冷卻；

第二壓縮機，其進而對自上述第一空氣冷卻機導出之原料空氣進行壓縮；及

第二冷卻器，其對自上述第二壓縮機導出之原料空氣進行冷卻；

上述第二渦輪之軸端連接於上述第一壓縮機及/或上述第二壓縮機之軸端，

上述第一渦輪之軸端連接於上述第一壓縮機及/或上述第二壓縮機之軸端。

【第9項】如請求項2至4中任一項所述之氮製造裝置，其進而包含：原料空氣壓縮機，其對自外部取入之空氣進行壓縮；及

去除部，其自經上述原料空氣壓縮機壓縮之上述空氣中去除既定雜質，而作為原料空氣。

【發明圖式】

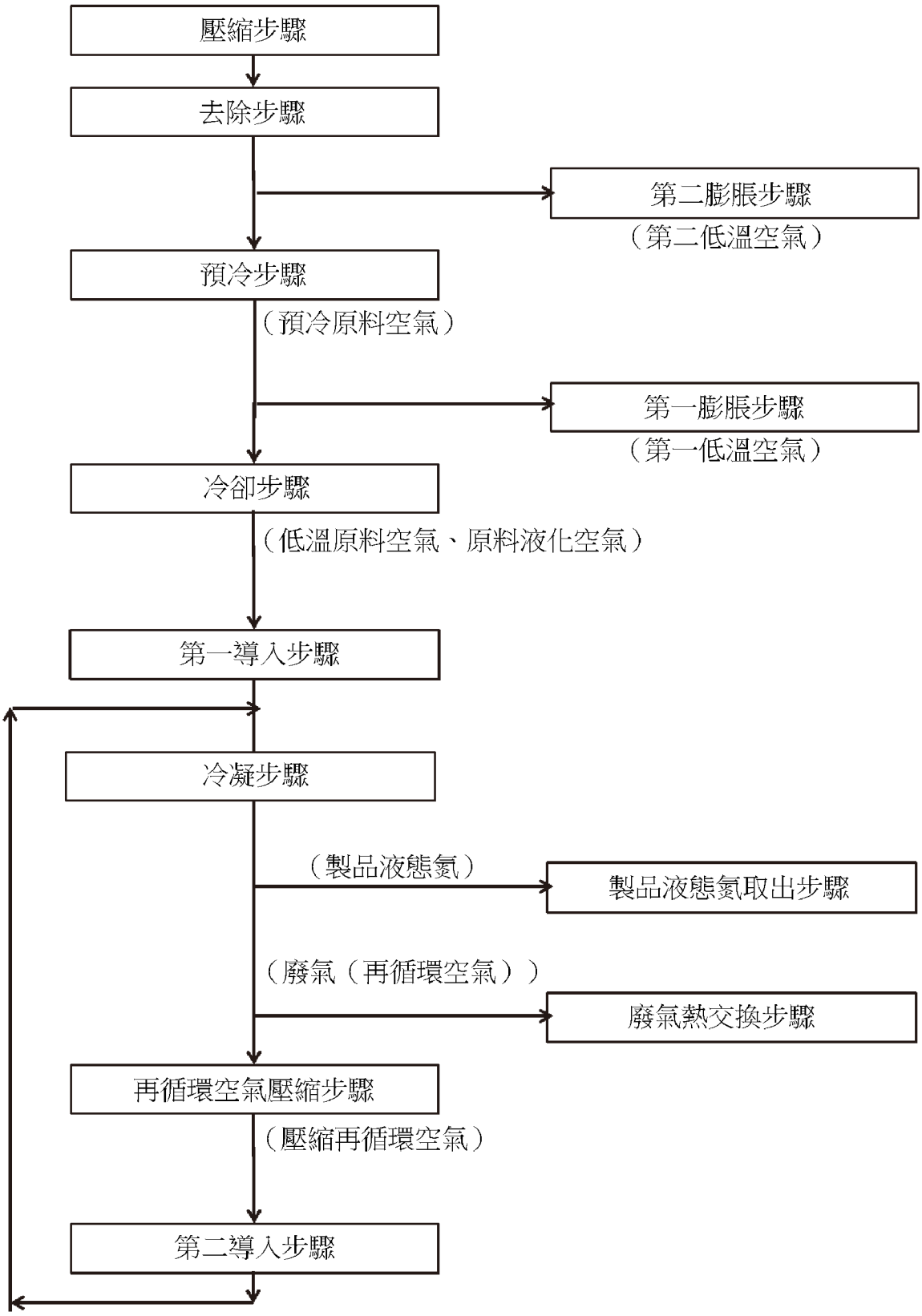

壓縮步驟
去除步驟
第二膨脹步驟
（第二低溫空氣）
預冷步驟
（預冷原料空氣）
第一膨脹步驟
（第一低溫空氣）
冷卻步驟
（低溫原料空氣、原料液化空氣）
第一導入步驟
冷凝步驟
（製品液態氮）
製品液態氮取出步驟
（廢氣（再循環空氣））
廢氣熱交換步驟
再循環空氣壓縮步驟
（壓縮再循環空氣）
第二導入步驟

圖1

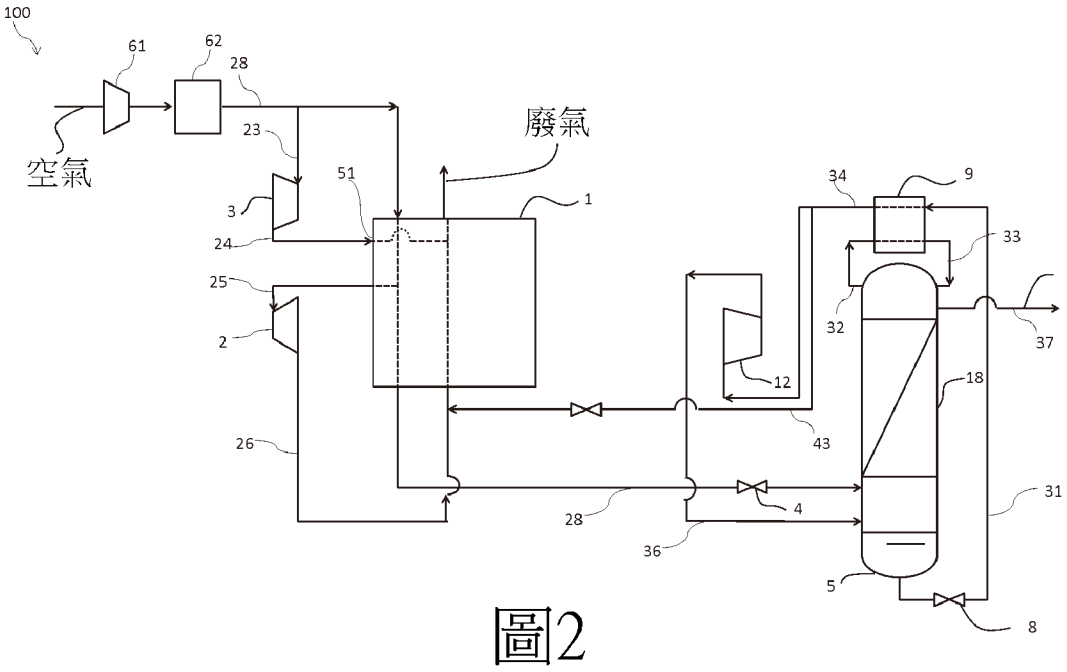

100
61
62
28
空氣
23
廢氣
51
1
3
24
25
2
34
9
33
32
37
12
18
43
26
31
28
4
36
5
8

圖2

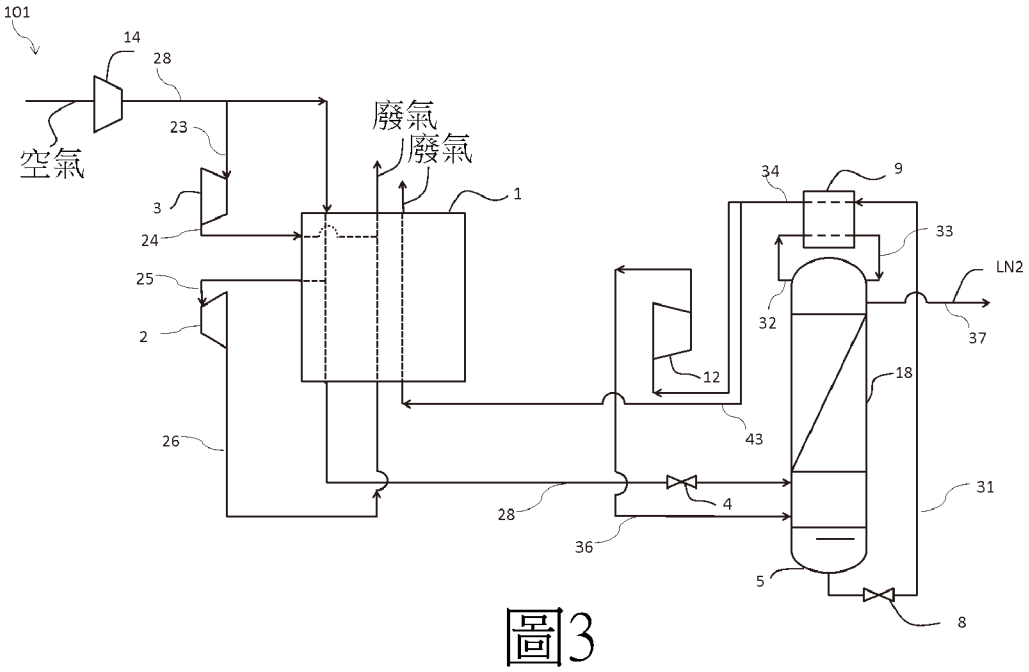

101
14
28
空氣
23
廢氣
廢氣
1
3
24
25
2
34
9
33
LN2
32
37
12
18
43
26
31
28
4
36
5
8

圖3

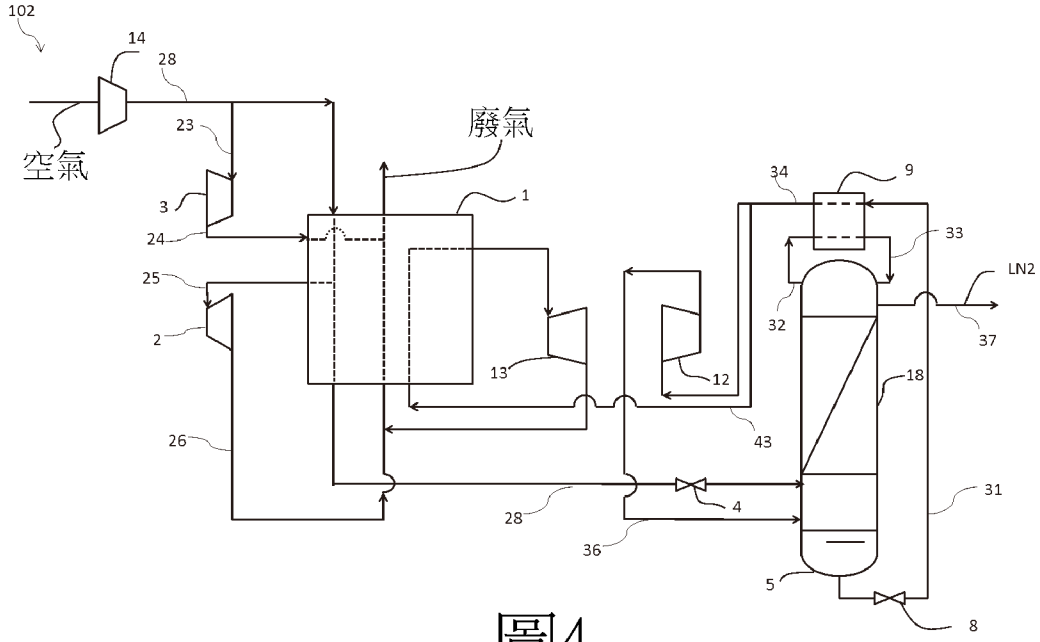

102
14
28
空氣
23
廢氣
3
1
34
9
24
33
25
LN2
2
32
37
13
12
18
26
43
31
28
4
36
5
8

圖4

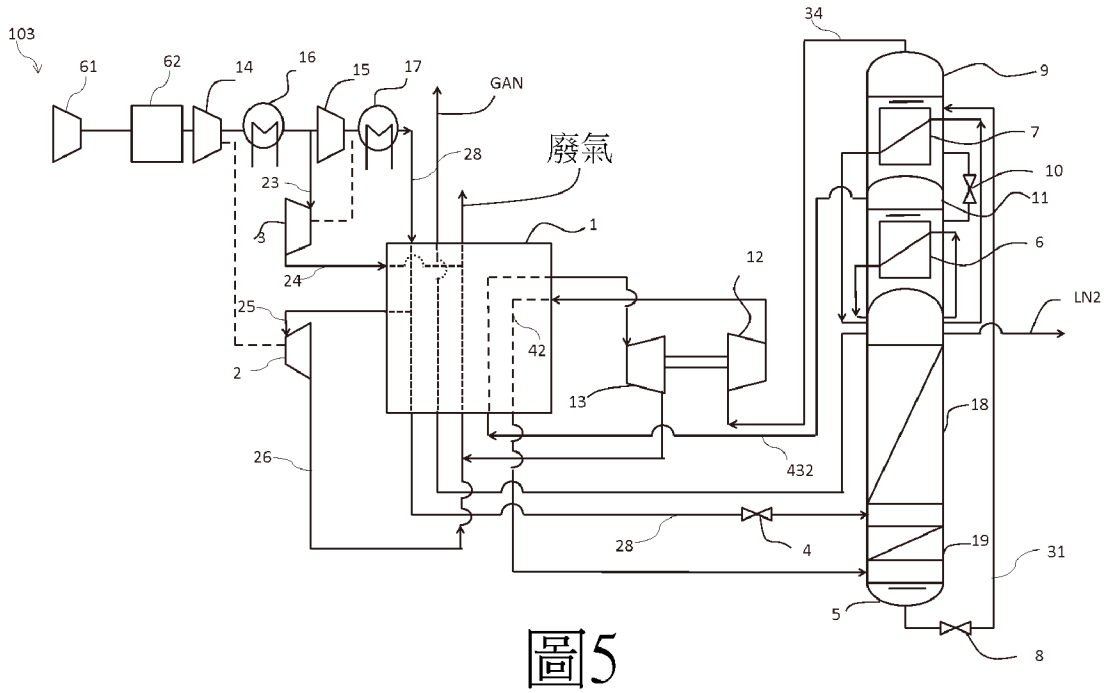

103
34
61
62
14
16
15
17
GAN
9
廢氣
28
7
23
10
11
1
3
6
12
24
LN2
25
42
2
13
18
26
432
28
4
19
31
5
8

圖5

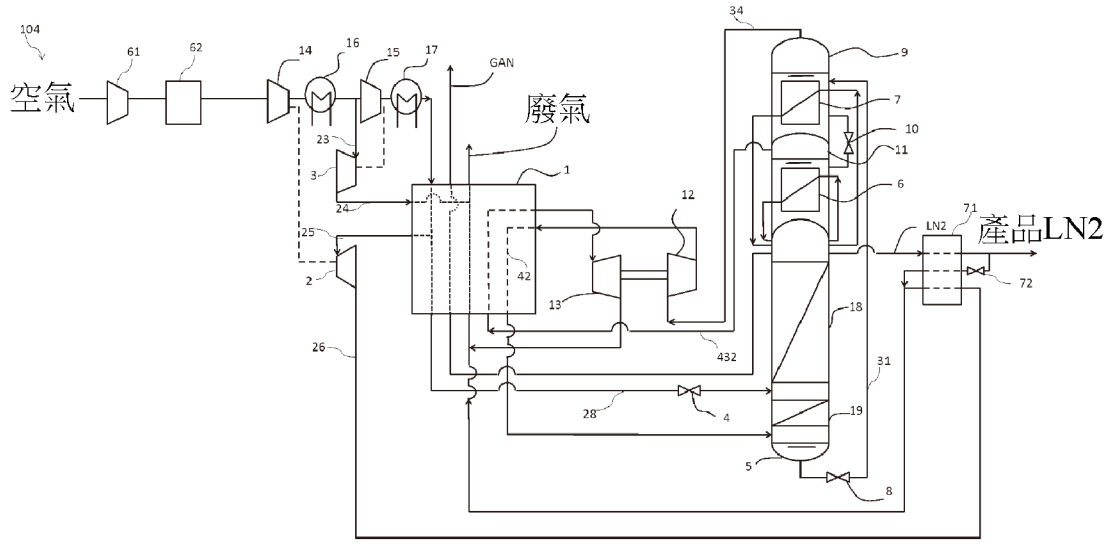

104
空氣
61
62
14
16
15
17
GAN
廢氣
23
3
24
25
2
1
12
42
13
26
34
9
7
10
11
6
71
LN2
產品LN2
72
18
432
31
28
4
19
5
8

圖6