

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6354517号
(P6354517)

(45) 発行日 平成30年7月11日(2018.7.11)

(24) 登録日 平成30年6月22日(2018.6.22)

(51) Int. Cl. F I
F 2 5 J 3/04 (2006.01) F 2 5 J 3/04 1 0 4
F 2 5 J 3/02 (2006.01) F 2 5 J 3/02 A
 F 2 5 J 3/04 1 0 1

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2014-214011 (P2014-214011)	(73) 特許権者	000006655 新日鐵住金株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(22) 出願日	平成26年10月20日(2014.10.20)	(74) 代理人	100101557 弁理士 萩原 康司
(65) 公開番号	特開2016-80297 (P2016-80297A)	(74) 代理人	100096389 弁理士 金本 哲男
(43) 公開日	平成28年5月16日(2016.5.16)	(74) 代理人	100095957 弁理士 亀谷 美明
審査請求日	平成29年6月5日(2017.6.5)	(72) 発明者	姫田 章夫 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
		審査官	関根 崇

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 深冷空気分離装置及び深冷空気分離方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

__空気圧縮機で圧縮された原料空気から製品窒素及び製品酸素を生成する高圧塔及び低圧塔と、前記低圧塔の底部から流れ込む液体酸素を用いて前記高圧塔で分離された窒素を凝縮して液化する熱交換器を備え、当該熱交換器で液化した窒素を高圧塔に還流させる、前記低圧塔の底部と接続された主凝縮器と、前記低圧塔から供給されるアルゴン原料ガスから粗アルゴンガスを生成する粗アルゴン塔と、を有する深冷空気分離装置であって、
 __前記高圧塔の底部の液体空気中の酸素濃度、または前記高圧塔に供給される原料空気中の酸素濃度の少なくともいずれかを測定する酸素濃度測定機構と、
 __前記高圧塔の底部に液体酸素を供給する液体酸素供給源と、
 __前記液体酸素供給源から前記高圧塔への液体酸素の供給量を制御する酸素流量制御機構と、
 __前記酸素濃度測定機構の測定結果に基づいて、前記酸素流量制御機構を制御する制御装置と、
 を有する、深冷空気分離装置。

【請求項2】

__前記液体酸素供給源は、前記主凝縮器である、請求項1に記載の深冷空気分離装置。

【請求項3】

__前記液体酸素供給源は、前記主凝縮器内の液体酸素を圧送するポンプを有している、請求項2に記載の深冷空気分離装置。

【請求項 4】

前記主凝縮器に液体酸素を供給する他の液体酸素供給源を更に備えている、請求項 2 または 3 のいずれか一項に記載の深冷空気分離装置。

【請求項 5】

前記高圧塔の底部に接続され、前記高圧塔内の液体空気を前記粗アルゴン塔に供給する液体空気管と、

前記空気圧縮機から供給される原料空気の一部を膨張タービンへ導く分岐管と、を有し、前記液体空気管内の流体と、前記分岐管内の前記膨張タービンへ流入する前の流体との間で熱交換を行う他の熱交換器と、をさらに有する、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の深冷空気分離装置。

10

【請求項 6】

空気圧縮機で圧縮された原料空気から製品窒素及び製品酸素を生成する高圧塔及び低圧塔と、前記低圧塔の底部から流れ込む液体酸素を用いて前記高圧塔で分離された窒素を凝縮して液化する熱交換器を備え、当該熱交換器で液化した窒素を高圧塔に還流させる、前記低圧塔の底部と接続された主凝縮器と、前記低圧塔から供給されるアルゴン原料ガスから粗アルゴンガスを生成する粗アルゴン塔と、を有する深冷空気分離装置における深冷空気分離方法であって、

前記深冷空気分離装置は、前記高圧塔の底部に液体酸素を供給する液体酸素供給源を備え、

前記高圧塔の底部の液体空気中の酸素濃度、または前記高圧塔に供給される原料空気中の酸素濃度の少なくともいずれかを測定し、

前記酸素濃度の測定結果に基づいて、前記高圧塔の底部への液体酸素の供給量を制御する、深冷空気分離方法。

20

【請求項 7】

前記液体酸素供給源は、前記主凝縮器である、請求項 6 に記載の深冷空気分離方法。

【請求項 8】

前記主凝縮器内の液体酸素をポンプにより前記高圧塔の底部に圧送する、請求項 7 に記載の深冷空気分離方法。

【請求項 9】

前記主凝縮器から前記高圧塔への液体酸素の供給に伴い、他の液体酸素供給源から前記主凝縮器へ液体酸素を供給する、請求項 7 または 8 のいずれか一項に記載の深冷空気分離方法。

30

【請求項 10】

前記深冷空気分離装置は、

前記高圧塔の底部に接続され、前記高圧塔内の液体空気を前記粗アルゴン塔に供給する液体空気管と、

前記空気圧縮機から供給される原料空気の一部を膨張タービンへ導く分岐管と、を有し、

前記液体空気管内の流体と、前記分岐管内の前記膨張タービンへ流入する前の流体との間で熱交換を行う他の熱交換器と、をさらに有し、

40

前記液体酸素供給源から前記高圧塔に液体酸素を供給したときに、前記他の熱交換器で前記液体空気管内の流体と、前記分岐管内の前記膨張タービンへ流入する前の流体との間で熱交換を行う、請求項 6 ~ 9 のいずれか一項に記載の深冷空気分離方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原料空気から酸素、窒素及びアルゴンを分離する深冷空気分離装置及び深冷空気分離方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

50

従来、例えば製鉄所などに設置される空気の液化分離システム、いわゆる深冷空気分離システムでは、空気圧縮機により圧縮した原料空気を水洗冷却塔で予冷し、その後精留塔で原料空気から酸素と窒素及びアルゴン原料ガスの分離が行われる。そして、精留塔分離された酸素は製品酸素として、窒素は製品窒素としてそれぞれ需要先に供給される。また、アルゴン原料ガスは、精留塔の外部に設けられた粗アルゴン塔により、さらに精留が行われる。

【0003】

このような深冷空気分離システムでは、精留塔の安定運転を行うために様々な運転方法が提案されている。

【0004】

例えば特許文献1には、低压塔と高压塔により構成される精留塔のうち、高压塔の底部で液体空気の温度が低下した場合、低压塔へ還流する窒素の流量を増加させて、精留塔全体としての寒冷バランスを維持することで、アルゴン原料ガスの抽出部を安定させることが提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平6-3048号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、本発明者らによれば、空気圧縮機から供給される原料空気中の酸素濃度が一時的に低下する、換言すれば、原料空気中の窒素濃度が一時的に増加する場合があることが確認されている。これは、製鉄所内の他の設備からのオフガス等の影響によるものと推察される。

【0007】

原料空気中の窒素濃度が増加すると、アルゴン原料ガス中に含まれる窒素濃度も増加してしまい、粗アルゴン塔でのアルゴンの精留に支障が生じてしまう。そこで、原料空気中の窒素濃度が増加した場合は、例えば空気圧縮機から供給する原料空気量を一時的に増加させることで精留塔へ供給する酸素の絶対量を増加させると共に、精留塔から排出する廃窒素の量を増加させることで、精留塔内における相対的な窒素濃度を低下させることが考えられる。これにより、アルゴン原料ガス中の窒素濃度を適正に維持し、粗アルゴン塔の安定運転が図られる。

【0008】

ところが、精留塔へ原料空気を供給してから窒素、酸素及びアルゴン原料ガスが生成されるまでの時定数が大きいので、原料空気中の窒素濃度増加を検出してから原料空気量を増加させても、アルゴン原料ガス中の窒素濃度上昇を防止することができない。したがって現状は、一時的な窒素濃度上昇に対応するために、原料空気の量を常時増加させた状態にしている。

【0009】

しかしながら、精留塔内の酸素濃度及び窒素濃度を所望の状態に維持するために、精留塔へ供給する酸素の絶対量を増加させようとする、空気圧縮機からはその数倍の窒素も同時に供給されることとなる。したがって、原料空気中の一時的な窒素濃度の上昇に対応するために、空気圧縮機の動力を大幅に増大させる必要があり、ランニングコストやエネルギー的な観点から好ましくない。

【0010】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、深冷空気分離装置に供給される原料空気中の窒素濃度が上昇した場合であっても、適正にアルゴンの生成を行うことを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記の目的を達成するための本発明は、空気圧縮機で圧縮された原料空気から製品窒素及び製品酸素を生成する高圧塔及び低圧塔と、前記低圧塔の底部から流れ込む液体酸素を用いて前記高圧塔で分離された窒素を凝縮して液化する熱交換器を備え、当該熱交換器で液化した窒素を高圧塔に還流させる、前記低圧塔の底部と接続された主凝縮器と、前記低圧塔から供給されるアルゴン原料ガスから粗アルゴンガスを生成する粗アルゴン塔と、を有する深冷空気分離装置であって、前記高圧塔の底部の液体空気中の酸素濃度、または前記高圧塔に供給される原料空気中の酸素濃度の少なくともいずれかを測定する酸素濃度測定機構と、前記高圧塔の底部に液体酸素を供給する液体酸素供給源と、前記液体酸素供給源から前記高圧塔への液体酸素の供給量を制御する酸素流量制御機構と、前記酸素濃度測定機構の測定結果に基づいて、前記酸素流量制御機構を制御する制御装置と、を有する。

10

【0012】

本発明によれば、高圧塔の底部に液体酸素を供給する液体酸素供給源と、液体酸素の供給量を制御する酸素流量制御機構を有し、酸素濃度測定機構の測定結果に基づいて、制御装置により酸素流量制御機構を制御するので、例えば空気圧縮機から供給される原料空気中の窒素濃度が上昇した場合であっても、直ちに高圧塔内の酸素濃度を上昇させることができる。その結果、アルゴン原料ガス中の窒素濃度の上昇を防止し、粗アルゴン塔において適正に粗アルゴンガスの生成を行うことができる。また、精留塔内の酸素濃度を所望の状態に維持するために従来のように空気圧縮機から大量の原料空気を供給する必要がなくなるため、深冷空気分離装置を効率的に運用することができる。

20

【0013】

前記液体酸素供給源は、前記主凝縮器であってもよい。また、前記主凝縮器内の液体酸素を圧送するポンプを有していてもよい。

【0014】

前記主凝縮器に液体酸素を供給する他の液体酸素供給源を更に備えていてもよい。

【0015】

前記高圧塔の底部に接続され、前記高圧塔内の液体空気を前記粗アルゴン塔に供給する液体空気管と、前記空気圧縮機から供給される原料空気の一部を膨張タービンへ導く分岐管と、を有し、前記液体空気管内の流体と、前記分岐管内の前記膨張タービンへ流入する前の流体との間で熱交換を行う他の熱交換器と、をさらに有していてもよい。

30

【0016】

別の観点による本発明は、空気圧縮機で圧縮された原料空気から製品窒素及び製品酸素を生成する高圧塔及び低圧塔と、前記低圧塔の底部から流れ込む液体酸素を用いて前記高圧塔で分離された窒素を凝縮して液化する熱交換器を備え、当該熱交換器で液化した窒素を高圧塔に還流させる、前記低圧塔の底部と接続された主凝縮器と、前記低圧塔から供給されるアルゴン原料ガスから粗アルゴンガスを生成する粗アルゴン塔と、を有する深冷空気分離装置における深冷空気分離方法であって、前記深冷空気分離装置は、前記高圧塔の底部に液体酸素を供給する液体酸素供給源を備え、前記高圧塔の底部の液体空気中の酸素濃度、または前記高圧塔に供給される原料空気中の酸素濃度の少なくともいずれかを測定し、前記酸素濃度の測定結果に基づいて、前記高圧塔の底部への液体酸素の供給量を制御する。

40

【0017】

前記液体酸素供給源は、前記主凝縮器であってもよい。また、前記主凝縮器内の液体酸素をポンプにより前記高圧塔の底部に圧送してもよい。

【0018】

前記主凝縮器から前記高圧塔への液体酸素の供給に伴い、他の液体酸素供給源から前記主凝縮器へ液体酸素を供給してもよい。

【0019】

前記深冷空気分離装置は、前記高圧塔の底部に接続され、前記高圧塔内の液体空気を前記粗アルゴン塔に供給する液体空気管と、前記空気圧縮機から供給される原料空気の一部

50

を膨張タービンへ導く分岐管と、を有し、前記液体空気管内の流体と、前記分岐管内の前記膨張タービンへ流入する前の流体との間で熱交換を行う他の熱交換器と、をさらに有し、前記液体酸素供給源から前記高圧塔に液体酸素を供給したときに、前記他の熱交換器で前記液体空気管内の流体と、前記分岐管内の前記膨張タービンへ流入する前の流体との間で熱交換を行ってもよい。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、深冷空気分離装置に供給される原料空気中の窒素濃度が上昇した場合であっても、適正にアルゴンの生成を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0021】

【図1】本実施の形態にかかる深冷空気分離システムの構成を示すプロセスフロー図である。

【図2】他の実施の形態にかかる深冷空気分離システムの構成を示すプロセスフロー図である。

【図3】他の実施の形態にかかる深冷空気分離システムの構成を示すプロセスフロー図である。

【図4】他の実施の形態にかかる深冷空気分離システムの構成を示すプロセスフロー図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0022】

以下、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本実施の形態にかかる深冷空気分離装置を備えた深冷空気分離システム1の構成を示すプロセスフロー図である。

【0023】

深冷空気分離システム1は、吸入フィルタ10を介して吸込まれた空気を圧縮して原料空気として供給する空気圧縮機11と、冷却水と原料空気を接触させることで原料空気の冷却及び除塵を行う水洗冷却塔12と、水洗冷却塔12を通過した原料空気から水と二酸化炭素を除去するMS(Molecular Sieve)吸着器13と、原料空気を所定の温度まで冷却する主熱交換器14と、原料空気から製品酸素と製品窒素とアルゴン原料ガスに分離する精留塔15と、精留塔で分離されたアルゴン原料ガスから粗アルゴンガスを生成する粗アルゴン塔16と、を有している。

30

【0024】

精留塔15は高圧塔15aと低圧塔15bを有している。高圧塔15aは、低圧塔15bの下方に配置されている。また、高圧塔15aと低圧塔15bの間には、主凝縮器15cが設けられている。MS吸着器13と主熱交換器14と高圧塔15aは、原料空気管20により直列に接続されている。原料空気管20には主熱交換器14の上流側で原料空気の一部を分岐する、分岐管20aが設けられている。分岐管20aは、低圧塔15bの中段付近に接続されており、分岐管20aと低圧塔15bの間には膨張タービン21が設けられている。膨張タービン21には、同軸でコンプレッサ21aが設けられている。そして、分岐管20aにより低圧塔15bに送られる原料空気は、先ずコンプレッサ21aにより圧縮される。コンプレッサ21aで圧縮された原料空気は、分岐管20aに設けられた冷却器20bにより冷却された後に、主熱交換器14によりさらに冷却される。そして、膨張タービン21により断熱膨張させることにより低温低圧になる。このように、一旦コンプレッサ21aで圧縮した後に膨張タービン21で膨張させて膨張比を大きくすることで、より多くの寒冷を精留塔15に補充することができる。

40

【0025】

高圧塔15a、低圧塔15b及び粗アルゴン塔16の内部には、気体と液体との接触面積を確保するための充填物を収容した棚(図示せず)が複数設けられている。そして、高圧塔15a、低圧塔15b及び粗アルゴン塔16の内部では、各塔15a、15b、16の上部から供給する低温の液体と、各塔15a、15b、16の下部から供給する、前記

50

液体よりも温度の高い気体とを気液接触させることで、気体と液体の熱交換が行われる。

【0026】

低圧塔15bの底部と主凝縮器15cとの間は、液体酸素管22により接続されており、低圧塔15b底部の液体酸素は液体酸素管22を介して主凝縮器15cに流れ込む。主凝縮器15cの内部には、高圧塔15aの頂部に接続された頂部窒素管23を介して高圧塔15aから供給された窒素と、主凝縮器15c内の液体酸素との熱交換を行う熱交換器24が設けられている。熱交換器24で熱交換して冷却された窒素は、高圧塔15aに還流すると共に、高圧塔15aの頂部に接続された頂部還流管25を介して低圧塔15bの上部にも還流する。また、熱交換器24での熱交換により蒸発した液体酸素は、主凝縮器15cの頂部に接続された酸素導入管28を介して低圧塔15bの底部近傍に導入されて
10
上昇ガスとなる。なお、図1では、低圧塔15bの外部に主凝縮器15cが配置されている精留塔15を描図しているが、精留塔15としては、低圧塔15bの内部に主凝縮器15cが配置されたものであってもよい。

【0027】

高圧塔15aにおける頂部還流管25よりも下方の位置には、低圧塔15bにおける頂部還流管25が接続された位置より下方に連通する中部還流管26が接続されている。この中部還流管26により、高圧塔15aの中段部の気体が低圧塔15bに導入される。

【0028】

また、高圧塔15aの底部には、当該高圧塔15aの底部に溜まった液体空気を低圧塔15bにおける中部還流管26よりも下方の位置に導入する第1の液体空気管29が接続
20
されている。また、第1の液体空気管29には、粗アルゴン塔16の上部に設けられた後述するコンデンサ40に、液体空気を供給する第2の液体空気管30が分岐して設けられている。また、頂部還流管25、中部還流管26及び第1の液体空気管29における低圧塔15bの近傍、並びに第2の液体空気管30における粗アルゴン塔16の近傍には、図示しない膨張弁がそれぞれ設けられ、各管25、26、29、30内を流れる流体は当該膨張弁により断熱膨張されて低圧塔15b又は粗アルゴン塔16に導入される。

【0029】

低圧塔15bでは、高圧塔15aで粗精留された原料空気がさらに精留され、低圧塔15bの上部には窒素が溜まる。このとき、低圧塔15bの上部ほど窒素の純度が高くなる。また、低圧塔15bの下部には製品酸素が溜まる。そして、低圧塔15bの頂部には、
30
低圧塔15bから純度の高い製品窒素を抽出する製品窒素抽出管31が設けられている。製品窒素抽出管31により抽出された製品窒素は主熱交換器14に送られ、主熱交換器14で原料空気と熱交換を行う。

【0030】

また、低圧塔15bの下部には、低圧塔15bから製品酸素を抽出する製品酸素抽出管32が設けられている。製品酸素抽出管32により抽出された製品酸素も主熱交換器14に送られ、主熱交換器14で原料空気と熱交換を行う。主熱交換器14で熱交換後の製品窒素及び製品酸素は、例えば製鉄所内へ供給される。

【0031】

また、低圧塔15bの製品窒素抽出管31より下方には、製品窒素より純度の低い廃窒素を抽出する廃窒素抽出管33が設けられている。廃窒素抽出管33により抽出された廃窒素は、主熱交換器14で原料空気と熱交換を行った後、さらにMS吸着器13に送られる。MS吸着器13では、当該MS吸着器13に吸着した二酸化炭素や水分を廃窒素により除去する再生工程が行われる。
40

【0032】

また、低圧塔15bの中間部には、アルゴンガスの濃度が比較的高い部分が生じる。低圧塔15bのかかる部分には、当該部分からアルゴン原料ガスを抽出して粗アルゴン塔16に供給するアルゴン原料ガス管34が設けられている。アルゴン原料ガス管34は、粗アルゴン塔16の下部に供給される。粗アルゴン塔16に供給された粗アルゴンガスの一部は、粗アルゴン塔16の底部に液体空気として滞留する。
50

【 0 0 3 3 】

粗アルゴン塔 1 6 の底部に滞留した液体空気は、粗アルゴン塔 1 6 の底部に接続された第 3 の液体空気管 3 5 により、例えば低圧塔 1 5 b におけるアルゴン原料ガス管 3 4 の下方に導入される。また、粗アルゴン塔 1 6 の上部には、粗アルゴン塔 1 6 内のアルゴン原料ガスを冷却して凝縮させるコンデンサ 4 0 が設けられている。コンデンサ 4 0 で凝縮したアルゴン原料ガスは、粗アルゴン塔 1 6 の下部に向けて還流し、当該粗アルゴン塔 1 6 内を上昇するアルゴン原料ガスとの間で熱交換が行われる。

【 0 0 3 4 】

コンデンサ 4 0 の上部には、コンデンサ 4 0 で気化した液体空気を低圧塔 1 5 b の中段に導入する空気導入管 4 1 が接続されている。空気導入管 4 1 には図示しない調節弁が設けられ、空気導入管 4 1 を流れる空気の流量を制御することで、粗アルゴン塔 1 6 内の圧力が制御される。

10

【 0 0 3 5 】

第 1 の液体空気管 2 9 の、例えば高圧塔 1 5 a の近傍には、当該第 1 の液体空気管 2 9 内を流れる液体空気中の酸素濃度を測定する酸素濃度測定機構 5 0 が設けられている。酸素濃度測定機構 5 0 による測定値は、後述する制御装置 1 0 0 に入力される。なお、酸素濃度測定機構 5 0 の配置は本実施の形態の内容に限定されるものではなく、原料空気中の窒素濃度の増加（酸素濃度の低下）を検出できれば、その配置は任意に設定が可能であり、例えば図 1 に示すように、原料空気管 2 0 における高圧塔 1 5 a の上流の位置に酸素濃度測定機構 6 0 を設けるようにしてもよい。

20

【 0 0 3 6 】

また、主凝縮器 1 5 c における、液体酸素の液面よりも下方の位置には、当該主凝縮器 1 5 c 内から液体酸素を引き抜く液体酸素管 5 1 が接続されている。液体酸素管 5 1 の主凝縮器 1 5 c と反対側の端部は、高圧塔 1 5 a 底部の液体空気の液面より下方の位置に接続されている。液体酸素管 5 1 には、液体酸素を高圧塔 1 5 a 内に圧送する液体酸素ポンプ 5 2 と、液体酸素の供給量を調整する酸素流量制御機構としての酸素流量調節弁 5 3 が、上流側から下流側に向けてこの順で設けられている。なお、酸素流量調節弁 5 3 は必ずしも設ける必要はなく、例えばインバータなどを用いて液体酸素ポンプ 5 2 の回転数を制御することで液体酸素ポンプ 5 2 からの吐出量、即ち液体酸素の供給量を制御するようにしてもよい。かかる場合、液体酸素ポンプ 5 2 が酸素流量制御機構として機能する。

30

【 0 0 3 7 】

なお、本実施の形態にかかる深冷空気分離装置は、精留塔 1 5、即ち高圧塔 1 5 a と低圧塔 1 5 b、主凝縮器 1 5 c 及び粗アルゴン塔 1 6、並びに高圧塔 1 5 a、低圧塔 1 5 b、主凝縮器 1 5 c、粗アルゴン塔 1 6 との間を接続する各種管により構成されている。

【 0 0 3 8 】

以上の深冷空気分離システムには、図 1 に示すように、制御装置 1 0 0 が設けられている。制御装置 1 0 0 は、例えば CPU やメモリなどを備えたコンピュータにより構成され、酸素濃度測定機構 5 0、6 0 での測定結果や、酸素流量調節弁 5 3、液体酸素ポンプ 5 2 といった各種機器の動作状態を監視すると共に、各種機器の動作の制御を行うことにより、深冷空気分離システム 1 における深冷空気分離方法が実現される。

40

【 0 0 3 9 】

本実施の形態にかかる深冷空気分離システム 1 は以上のように構成されており、次に、深冷空気分離システム 1 における深冷空気分離方法について説明する。

【 0 0 4 0 】

空気圧縮機 1 1 で圧縮されて高温高圧となった原料空気は、先ず水洗冷却塔 1 2 に供給される。水洗冷却塔 1 2 では、原料空気の冷却及び除塵が行われ、次いで MS 吸着器 1 3 に供給される。MS 吸着器 1 3 では精留塔 1 5 での氷の発生を防止するために、原料空気から水と二酸化炭素が除去される。

【 0 0 4 1 】

MS 吸着器 1 3 を通過した原料空気は主熱交換器 1 4 に供給されて、主熱交換器 1 4 に

50

より例えば約 - 170 程度まで冷却される。冷却された原料空気は一部液化した状態で高圧塔 15 a に供給され、高圧塔 15 a の底部には液体空気が徐々に溜まっていく。この際、高圧塔 15 a 内の圧力は概ね 0.4 ~ 0.5 MPa 程度に維持される。また、MS 吸着器 13 を通過した原料空気の一部は分岐管 20 a により膨張タービン 21 に導かれ、膨張タービン 21 で断熱膨張した原料空気が低圧塔 15 b に供給されると共に、精留塔 15 に寒冷が補充される。この際、低圧塔 15 b 内の圧力は概ね 0.04 MPa 程度に維持される。

【0042】

高圧塔 15 a の底部に溜まった液体空気は、第 1 の液体空気管 29 及び第 1 の液体空気管 29 に設けられた図示しない膨張弁を介して気液混合状態で低圧塔 15 b の中間部に供給される。これにより、窒素よりも沸点の高い酸素が、液体酸素として低圧塔 15 b の底部に徐々に溜まっていく。それと共に、第 2 の液体空気管 30 から粗アルゴン塔 16 のコンデンサ 40 に供給される。

10

【0043】

低圧塔 15 b の底部に溜まった液体酸素は液体酸素管 22 を介して主凝縮器 15 c へと流下し、主凝縮器 15 c 内に溜まっていく。主凝縮器 15 c では、頂部窒素管 23 を介して高圧塔 15 a から熱交換器 24 に供給される窒素と、主凝縮器 15 c 内の液体酸素とが熱交換され、蒸発した酸素は酸素導入管 28 を介して低圧塔 15 b に導入される。また、主凝縮器 15 c で冷却された窒素は、高圧塔 15 a と低圧塔 15 b との圧力差により、頂部還流管 25 及び頂部還流管 25 に設けられた図示しない膨張弁を介して低圧塔 15 b の上部に導入されると共に、冷却により液化して高圧塔 15 a 内の気体と熱交換が行われる。

20

【0044】

また、高圧塔 15 a の中間部近傍の気体は、中部還流管 26 を介して低圧塔 15 b の中間部近傍に導入される。そして、この状態が継続すると、高圧塔 15 a 及び低圧塔 15 b の内部が平衡状態となり、例えば高圧塔 15 a 底部の液体空気が概ね - 175 、低圧塔 15 b 底部の液体酸素が概ね - 180 で維持される。そして、製品酸素及び製品窒素が随時製品酸素抽出管 32 及び製品窒素抽出管 31 から需要先へ供給されると共に、低圧塔 15 b の中段からは、アルゴン原料ガス管 34 を介してアルゴン原料ガスが粗アルゴン塔 16 に供給される。この際、廃窒素抽出管 33 に設けられた図示しない調節弁から排出する廃窒素の流量を制御することで、低圧塔 15 b 内の圧力が、概ね 0.04 MPa 程度に維持される。

30

【0045】

粗アルゴン塔 16 では、アルゴン原料ガス管 34 から供給されたアルゴン原料ガスがコンデンサ 40 で冷却され、凝縮したアルゴン原料ガスは粗アルゴン塔 16 の底部へと還流する。そして、粗アルゴン塔 16 の底部に溜まった液体酸素は、第 3 の液体空気管 35 を介して低圧塔 15 b の中段に導入される。また、コンデンサ 40 での熱交換により気化した液体空気は、空気導入管 41 を介して低圧塔 15 b の中段に導入される。これにより粗アルゴン塔 16 も平衡状態に達し、粗アルゴン塔で精留された粗アルゴンガスが、アルゴンの最終生成装置（図示せず）に導入される。この状態においては、粗アルゴン塔 16 の下部に滞留するアルゴン原料ガスは概ね - 180 、粗アルゴン塔 16 で精留される粗アルゴンガスは概ね - 184 程度となる。この際、酸素流量調節弁 53 は全閉、また、液体酸素ポンプ 52 は停止した状態となっている。なお、液体酸素ポンプ 52 については、図示しないミニマムフロー系統を用いてミニマムフロー運転の状態としてもよい。

40

【0046】

その後、何らかの理由により空気圧縮機 11 から供給される原料空気中の酸素濃度が低下、即ち原料空気中の窒素濃度が増加すると、低圧塔 15 b 内の窒素量も増加する。そうすると、低圧塔 15 b 内の窒素濃度の上昇及び酸素濃度の低下に伴い、酸素濃度測定機構 50 での酸素の測定値が低下する。

【0047】

50

これにより、制御装置 100 では、高圧塔 15 a 内の窒素濃度が上昇したことを検知する。そこで制御装置 100 は、液体酸素ポンプ 52 を起動させると共に、酸素流量調節弁 53 を所定開度まで開操作する。この際の所定開度とは、酸素濃度測定機構 50 での測定結果により、不足することが想定される酸素を高圧塔 15 a に供給できる程度の開度である。これにより、主凝縮器 15 c 内の液体酸素が高圧塔 15 a に供給され、高圧塔 15 a 内の酸素濃度が直ちに上昇する。その結果、低圧塔 15 b 内の酸素濃度も直ちに上昇し、粗アルゴン塔 16 に供給されるアルゴン原料ガス中の酸素濃度も所望の値に維持される。

【0048】

その後、酸素流量調節弁 53 の開度は酸素濃度測定機構 50 の測定値が所望の値に維持されるように制御される。そして、空気圧縮機 11 から供給される原料空気内の酸素濃度が回復すると、酸素濃度測定機構 50 での測定値が徐々に上昇するため、制御装置 100 により酸素流量調節弁 53 の開度が徐々に閉じられて全閉状態となる。これにより、深冷空気分離システム 1 は通常の運転状態に復帰し、そのまま運転が継続される。

【0049】

なお、酸素流量調節弁 53 の開度の調整にあたっては、酸素濃度測定機構 60 の測定値を用いてもよいし、酸素濃度測定機構 50 と酸素濃度測定機構 60 を併用して、酸素濃度測定機構 50 での酸素濃度低下の検出により酸素流量調節弁 53 をフィードフォワード制御により開操作し、その後は酸素濃度測定機構 60 の測定値に基づいて酸素流量調節弁 53 の開度をフィードフォワード制御するようにしてもよい。

【0050】

以上の実施の形態によれば、高圧塔 15 a の底部に主凝縮器 15 c 内の液体酸素を供給する液体酸素ポンプ 52 と、液体酸素の供給量を制御する酸素流量調節弁 53 を有し、酸素濃度測定機構 50 の測定結果に基づいて、制御装置 100 により酸素流量調節弁 53 を制御するので、例えば空気圧縮機 11 から供給される原料空気中の窒素濃度が上昇した場合であっても、直ちに高圧塔 15 a 内の酸素濃度を上昇させることができる。その結果、低圧塔 15 b から粗アルゴン塔 16 に供給されるアルゴン原料ガス中の窒素濃度の上昇を防止し、粗アルゴン塔 16 において適正に粗アルゴンガスの生成を行うことができる。また、精留塔 15 内の酸素濃度を所望の状態に維持するために、従来のように空気圧縮機 11 から大量の原料空気を供給する必要がなくなるため、深冷空気分離システム 1 を効率的に運用することができる。

【0051】

なお、以上の実施の形態では、主凝縮器 15 c を液体酸素供給源として用いたが、通常、例えば製鉄所のような設備には液体酸素の貯留設備が設けられている。したがって、例えば図 2 に示すように外部に設けられた液体酸素の貯留設備を液体酸素供給源 70 として用いてもよい。

【0052】

また、図 3 に示すように、液体酸素供給源 70 から主凝縮器 15 c 内に液体酸素を供給するようにしてもよい。主凝縮器 15 c 内の液体酸素を長時間使用すると、主凝縮器 15 c 内の液体酸素の液面が徐々に低下するため、深冷空気分離システム 1 に対して何らかの方法で酸素を供給する必要がある。かかる場合、空気圧縮機 11 からの原料空気の供給量を増やすことも考えられるが、既述の通り、空気圧縮機 11 からの原料空気による酸素の供給にはロスが多い。この点、外部の液体酸素供給源 70 から液体酸素の状態の主凝縮器 15 c 内に液体酸素を供給することで、極めて効率的な酸素の補充を行うことができる。

【0053】

なお、以上の実施の形態のように、高圧塔 15 a 内に液体酸素を供給すると、精留塔 15 内に持ち込まれる寒冷が過剰となり、精留塔 15 内のバランスが崩れる場合がある。具体的には、高圧塔 15 a 内の液体空気の温度が液体酸素の供給により低下し、高圧塔 15 a から低圧塔 15 b の間の第 1 の液体空气管 29 を流れる液体空気の温度が低下する可能性がある。したがって、精留塔 15 内のバランスを維持するために、例えば図 4 に示すように、分岐管 20 a を流れる流体と、第 1 の液体空气管 29 を流れる流体の間で熱交換を

10

20

30

40

50

行う熱交換器 80、81 を、それぞれ分岐管 20 a と第 1 の液体空気管 29 に設け、第 1 の液体空気管 29 を流れる流体を加熱するようにしてもよい。かかる場合、分岐管 20 a に設ける熱交換器 80 は、膨張タービン 21 へ流入する前の原料空気と熱交換を行うように配置することが好ましく、より好ましい配置としては、図 4 に示すように、コンプレッサ 21 a で圧縮されて主熱交換器 14 で冷却された後であって膨張タービン 21 へ流入する前の位置である。これにより、低圧塔 15 b 及び粗アルゴン塔 16 に持ち込まれる寒冷が維持されるので、精留塔 15 や粗アルゴン塔 16 におけるバランスが崩れることを防止できる。

【産業上の利用可能性】

【0054】

10

本発明は、深冷空気分離システムにおける操業の安定に有用である。

【符号の説明】

【0055】

1 深冷空気分離システム

10 吸入フィルタ

11 原料空気圧縮機

12 水洗冷却塔

13 MS 吸着器

14 主熱交換器

15 精留塔

20

15 a 高压部

15 b 低压部

15 c 主凝縮器

16 粗アルゴン塔

20 原料空気管

20 a 分岐管

21 膨張タービン

21 a コンプレッサ

22 液体酸素管

23 頂部窒素管

30

24 熱交換器

25 頂部還流管

26 中部還流管

28 酸素導入管

29 第 1 の液体空気管

30 第 2 の液体空気管

31 製品窒素抽出管

32 製品酸素抽出管

33 廃窒素抽出管

34 アルゴン原料ガス管

40

35 第 3 の液体空気管

40 コンデンサ

41 空気導入管

50 酸素濃度測定機構

51 液体酸素管

52 液体酸素ポンプ

53 酸素流量調節弁

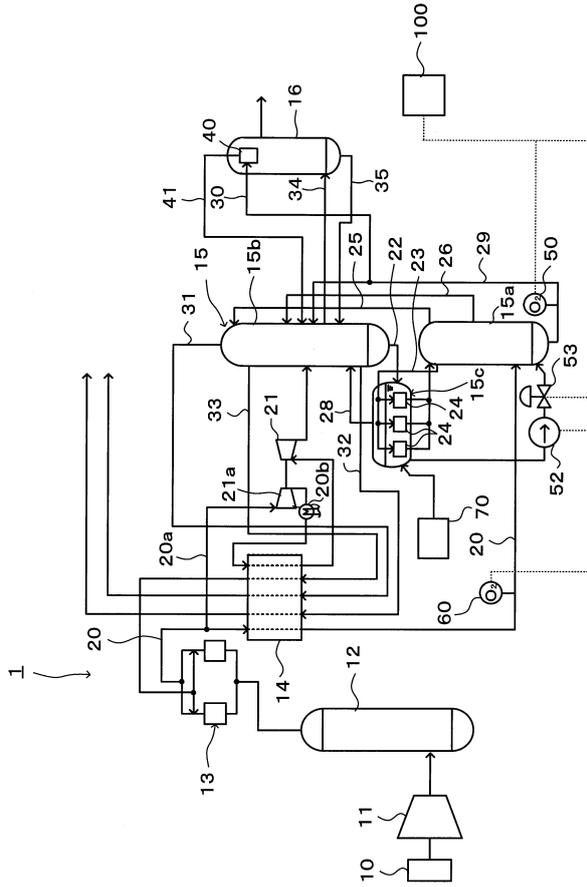
60 酸素濃度測定機構

70 液体酸素供給源

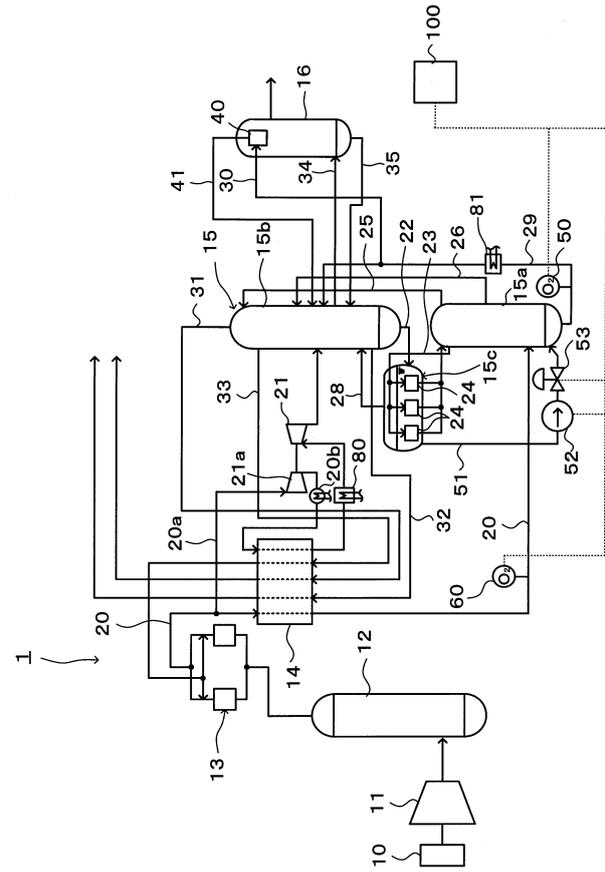
80、81 熱交換器

50

【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-066056(JP,A)
特開2002-340478(JP,A)
特開昭53-106673(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F25J 3/00