

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5758096号
(P5758096)

(45) 発行日 平成27年8月5日 (2015.8.5)

(24) 登録日 平成27年6月12日 (2015.6.12)

(51) Int.Cl.

F I

BO1D 61/36 (2006.01)

BO1D 61/58 (2006.01)

BO1D 61/36

BO1D 61/58

請求項の数 4 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2010-201860 (P2010-201860)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成22年9月9日 (2010.9.9)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2012-55833 (P2012-55833A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公開日	平成24年3月22日 (2012.3.22)	(74) 代理人	100099623
審査請求日	平成25年9月5日 (2013.9.5)		弁理士 奥山 尚一
		(74) 代理人	100096769
			弁理士 有原 幸一
		(74) 代理人	100107319
			弁理士 松島 鉄男
		(74) 代理人	100114591
			弁理士 河村 英文
		(74) 代理人	100118407
			弁理士 吉田 尚美
		(74) 代理人	100125380
			弁理士 中村 綾子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 脱水装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被処理流体から水を分離する脱水装置であって、
水を分離する前の前記被処理流体を貯留する第1のタンクと、
水を分離した後の前記被処理流体が流入する第2のタンクと、
前記被処理流体から水を分離するための分離膜を有し、前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間において前記被処理流体の流れ方向に沿って並列に配設された複数の膜容器ユニットとを備え、

前記被処理流体が、前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間を往復するように構成され、前記被処理流体が、前記複数の膜容器ユニットを複数回通過するようになっており

10

、
前記被処理流体を前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間で往復させる第1のラインを備え、

前記複数の膜容器ユニットが、前記第1のラインにおいて並列に配設され、

前記被処理流体が、前記第1のライン上の前記複数の膜容器ユニットを通過して前記第1のタンクから前記第2のタンクへ流れ、前記第1のタンク内の前記被処理流体が空になった後に、前記被処理流体が、前記第1のライン上の前記複数の膜容器ユニットを通過して前記第2のタンクから前記第1のタンクへ流れるようになっていることを特徴とする脱水装置。

【請求項 2】

20

被処理流体から水を分離する脱水装置であって、
水を分離する前の前記被処理流体を貯留する第１のタンクと、
水を分離した後の前記被処理流体が流入する第２のタンクと、
前記被処理流体から水を分離するための分離膜を有し、前記第１のタンクと前記第２のタンクとの間において前記被処理流体の流れ方向に沿って並列に配設された複数の膜容器ユニットとを備え、

前記被処理流体が、前記第１のタンクと前記第２のタンクとの間を往復するように構成され、前記被処理流体が、前記複数の膜容器ユニットを複数回通過するようになっており、

前記被処理流体を前記第１のタンクから前記第２のタンクへ流すための第１のラインと
、
前記被処理流体を前記第２のタンクから前記第１のタンクへ流すための第２のラインとを備え、

前記複数の膜容器ユニットが、前記第１のラインにおいて並列に配設され、

前記被処理流体が、前記第１のライン上の前記複数の膜容器ユニットを通して前記第１のタンクから前記第２のタンクへ流れ、前記第１のタンク内の前記被処理流体が空になった後に、前記被処理流体が、前記第２のラインを通して前記第２のタンクから前記第１のタンクへ流れるようになっていることを特徴とする脱水装置。

【請求項３】

被処理流体から水を分離する脱水装置であって、
水を分離する前の前記被処理流体を貯留する第１のタンクと、
水を分離した後の前記被処理流体が流入する第２のタンクと、
前記被処理流体から水を分離するための分離膜を有し、前記第１のタンクと前記第２のタンクとの間において前記被処理流体の流れ方向に沿って並列に配設された複数の膜容器ユニットとを備え、

前記被処理流体が、前記第１のタンクと前記第２のタンクとの間を往復するように構成され、前記被処理流体が、前記複数の膜容器ユニットを複数回通過するようになっており、

前記被処理流体を前記第１のタンクから前記第２のタンクへ流すための第１のラインと
、
前記被処理流体を前記第２のタンクから前記第１のタンクへ流すための第２のラインとを備え、

前記複数の膜容器ユニットが、前記第１のラインにおいて並列に配設された第１のユニット群と、前記第２のラインにおいて並列に配設された第２のユニット群とに分割され、

前記被処理流体が、前記第１のライン上の前記第１のユニット群を通して前記第１のタンクから前記第２のタンクへ流れ、前記第１のタンク内の前記被処理流体が空になった後に、前記被処理流体が、前記第２のライン上の前記第２のユニット群を通して前記第２のタンクから前記第１のタンクへ流れるようになっていることを特徴とする脱水装置。

【請求項４】

被処理流体から水を分離する脱水装置であって、
水を分離する前の前記被処理流体を貯留する第１のタンクと、
水を分離した後の前記被処理流体が流入する第２のタンクと、
前記被処理流体から水を分離するための分離膜を有し、前記第１のタンクと前記第２のタンクとの間に配置された複数の膜容器ユニットとを備え、

前記被処理流体が、前記第１のタンクと前記第２のタンクとの間を往復するように構成され、前記被処理流体が、前記複数の膜容器ユニットを複数回通過するようになっており、

前記被処理流体を前記第１のタンクから前記第２のタンクへ流すための第１のラインと
、
前記被処理流体を前記第２のタンクから前記第１のタンクへ流すための第２のラインと

、
前記第 1 のタンクと前記第 2 のタンクとの間に配置され、前記第 1 のラインと前記第 2 のラインとの両方に接続された少なくとも 1 つの中間タンクとを備え、

前記第 1 のラインが、前記中間タンクを間に挟むように複数の第 1 流体ラインに分割されるとともに、前記第 2 のラインが、前記中間タンクを間に挟むように複数の第 2 流体ラインに分割され、

前記複数の膜容器ユニットが、前記複数の第 1 流体ライン及び前記複数の第 2 流体ラインの総数と同じ数のユニット群に分割され、

前記各ユニット群は、前記複数の第 1 流体ラインのそれぞれに配置されると共に前記複数の第 2 流体ラインのそれぞれに配置され、

それぞれの前記ユニット群を構成する各膜容器ユニットは、前記被処理流体の流れ方向に沿って並列に配設されており、

前記被処理流体が、前記第 1 のライン上の各ユニット群と前記中間タンクとを順次通過して前記第 1 のタンクから前記第 2 のタンクへ流れ、前記被処理流体が、前記第 2 のライン上の各ユニット群と前記中間タンクとを順次通過して前記第 2 のタンクから前記第 1 のタンクへ流れるようになっており、

前記第 2 のラインは、少なくとも 1 つのバイパスラインを備え、該バイパスラインは、前記第 2 のライン上のユニット群のうち 1 つ以上のユニット群を迂回して前記被処理流体を前記中間タンク又は前記第 1 のタンクへ戻すようになっていることを特徴とする脱水装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水との共沸組成を持つエタノールと水との混合物（被処理流体）を脱水する脱水装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、石油燃料を代替する燃料源としてエタノールが注目されている。しかしながら、エタノールを燃料として採用するためには、トウモロコシ等のバイオ原料から得た粗製物を蒸留精製し、少なくとも 99.5wt% 以上の濃度に脱水しなければならない。

【0003】

従来、脱水の方法としては、水分離膜を用いたパーバレーション法（PV法）によって被処理流体から水を分離する方法が知られている（例えば、特許文献 1）。

特許文献 1 の脱水装置においては、複数の水分離膜がシェル部の内部において直列になるように配置されている。この脱水装置では、水を含む被処理流体が、直列配置された水分離膜を順次通過し、これにより、水が被処理流体から分離されるようになっている。

【0004】

図 7 は、従来の脱水装置の全体を示した模式図である。

図 7 に示すように、脱水装置 31 は、被処理流体（粗エタノール水溶液）が供給される第 1 のタンク 32 と、脱水処理後の製品エタノールが流入する第 2 のタンク 33 と、被処理流体を第 1 のタンク 2 から第 2 のタンク 3 へ流すためのライン 34 と、第 1 のタンク 2 と第 2 のタンク 3 との間に配置された複数の水分離膜ユニット 35A, 35B, 35C, 35D, …, 35J と、被処理流体から分離された水が流入する第 3 のタンク 36 とを備えている。

【0005】

図 7 に示すように、複数の水分離膜ユニット 35A, 35B, 35C, 35D, …, 35J は、直列に接続されており、各水分離膜ユニット 35A, 35B, 35C, 35D, …, 35J の間には、熱交換器 37A, 37B, 37C, 37D, …, 37J がそれぞれ配置されている。また、複数の水分離膜ユニット 35A, 35B, 35C, 35D, …, 35J のそれぞれには、水分離膜ユニット 35A, 35B, 35C, 3

10

20

30

40

50

5 D , . . . , 3 5 J を迂回するためのバイパスライン 3 8 A , 3 8 B , 3 8 C , 3 8 D , . . . , 3 8 J がそれぞれ設けられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2010-115596号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述の図7や特許文献1の従来の構成において、第1の問題点は、水分離膜ユニットが直列に配置されていることである。

10

例えば、水分離膜ユニットが直列に配置されていると、水分離膜ユニットのうち上流側の水分離膜ユニットで不具合が生じた場合、その影響が下流側の水分離膜ユニットまで波及することになる。つまり、上流側の水分離膜ユニットで不具合が生じると、脱水装置全体を停止してメンテナンスを行わなければならない、脱水装置の安定運転ができないという問題があった。また、バイパスラインを設けることで脱水装置の運転は継続できるが、水分離膜ユニットを通過する回数が少なくなり、所定の濃度まで脱水できない可能性もある。

【0008】

また、第2の問題点としては、図7や特許文献1のような水分離膜を用いる構成では、被処理流体の流速によって水の分離性能が大きく変化してしまうことである。

20

【0009】

図8は、水分離膜を透過した物質（水及びエタノール）の透過量に対する水の透過量の比を示している。

図8に示すように、流速が約0.6 m/sでは水の透過量の比が約1になっているが、被処理流体の流速が小さくなるほど、水分離膜を透過した物質における水の透過量の割合が小さくなる。このように、水分離膜を用いる場合、被処理流体の流速が小さい場合には、水分離膜における水の透過量の割合が小さくなり、水の分離性能が低下することになる。

【0010】

30

また、被処理流体の流速が小さいと、水分離膜の近傍で濃度分極が生じるという問題もある。濃度分極とは、水分離膜の近傍で発生する現象であり、水分離膜に透過されない溶質（ここでは、水）が水分離膜に垂直な方向に濃度の勾配を作る現象である。

【0011】

図9は、濃度分極が発生した場合と濃度分極が発生していない場合とを示しており、（a）は被処理流体の流速が小さい場合であり、（b）は被処理流体の流速が大きい場合を示している。

図9（a）の（1）のグラフに示すように、被処理流体の流速が小さいと、水分離膜の近傍ほど水の濃度が低く、水分離膜に対して垂直な方向（断面方向）に水分離膜から離れるほど水の濃度が高くなる。このような濃度分極が生じる結果、図9（a）の（2）のグラフに示すように、被処理流体の流れ方向に水の濃度の変化を見ると、水の濃度がほとんど小さくならず、水の分離性能に問題があることがわかる。

40

一方、図9（b）の（1）に示すように、被処理流体の流速が十分にある場合、水分離膜において水が透過し、濃度分極が発生しない。その結果、図9（b）の（2）のグラフに示すように、被処理流体の流れ方向に水の濃度の変化を見ると、水の濃度が徐々に小さくなっており、十分な水の分離性能が得られることになる。

【0012】

このように、水分離膜を用いる構成では、被処理流体の流速が小さくなる場合には十分な水の分離性能が得られないため、被処理流体を所定の濃度まで脱水できない可能性がある。したがって、水分離膜を用いる構成において、被処理流体を所定の濃度まで確実に脱

50

水するための何らかの対策が必要となる。

【 0 0 1 3 】

本発明はこのような実情に鑑みてなされたものであって、その目的は、水分離膜ユニットに不具合が生じた場合でも安定して運転することができ、被処理流体を所定の濃度まで確実に脱水することが可能な脱水装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

上記従来技術の有する課題を解決するために、本発明は、被処理流体から水を分離する脱水装置であって、水を分離する前の前記被処理流体を貯留する第1のタンクと、水を分離した後の前記被処理流体が流入する第2のタンクと、前記被処理流体から水を分離するための分離膜を有し、前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間において前記被処理流体の流れ方向に沿って並列に配設された複数の膜容器ユニットとを備え、前記被処理流体が、前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間を往復するように構成され、前記被処理流体が、前記複数の膜容器ユニットを複数回通過するようになっており、前記被処理流体を前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間で往復させる第1のラインを備え、前記複数の膜容器ユニットが、前記第1のラインにおいて並列に配設され、前記被処理流体が、前記第1のライン上の前記複数の膜容器ユニットを通過して前記第1のタンクから前記第2のタンクへ流れ、前記第1のタンク内の前記被処理流体が空になった後に、前記被処理流体が、前記第1のライン上の前記複数の膜容器ユニットを通過して前記第2のタンクから前記第1のタンクへ流れるようになっている。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の別の態様によれば、被処理流体から水を分離する脱水装置であって、水を分離する前の前記被処理流体を貯留する第1のタンクと、水を分離した後の前記被処理流体が流入する第2のタンクと、前記被処理流体から水を分離するための分離膜を有し、前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間において前記被処理流体の流れ方向に沿って並列に配設された複数の膜容器ユニットとを備え、前記被処理流体が、前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間を往復するように構成され、前記被処理流体が、前記複数の膜容器ユニットを複数回通過するようになっており、前記被処理流体を前記第1のタンクから前記第2のタンクへ流すための第1のラインと、前記被処理流体を前記第2のタンクから前記第1のタンクへ流すための第2のラインとを備え、前記複数の膜容器ユニットが、前記第1のラインにおいて並列に配設され、前記被処理流体が、前記第1のライン上の前記複数の膜容器ユニットを通過して前記第1のタンクから前記第2のタンクへ流れ、前記第1のタンク内の前記被処理流体が空になった後に、前記被処理流体が、前記第2のラインを通過して前記第2のタンクから前記第1のタンクへ流れるようになっている。

【 0 0 1 7 】

また、本発明の別の態様によれば、被処理流体から水を分離する脱水装置であって、水を分離する前の前記被処理流体を貯留する第1のタンクと、水を分離した後の前記被処理流体が流入する第2のタンクと、前記被処理流体から水を分離するための分離膜を有し、前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間において前記被処理流体の流れ方向に沿って並列に配設された複数の膜容器ユニットとを備え、前記被処理流体が、前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間を往復するように構成され、前記被処理流体が、前記複数の膜容器ユニットを複数回通過するようになっており、前記被処理流体を前記第1のタンクから前記第2のタンクへ流すための第1のラインと、前記被処理流体を前記第2のタンクから前記第1のタンクへ流すための第2のラインとを備え、前記複数の膜容器ユニットが、前記第1のラインにおいて並列に配設された第1のユニット群と、前記第2のラインにおいて並列に配設された第2のユニット群とに分割され、前記被処理流体が、前記第1のライン上の前記第1のユニット群を通過して前記第1のタンクから前記第2のタンクへ流れ、前記第1のタンク内の前記被処理流体が空になった後に、前記被処理流体が、前記第2のライン上の前記第2のユニット群を通過して前記第2のタンクから前記第1のタンクへ流れるようになっている。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の別の態様によれば、被処理流体から水を分離する脱水装置であって、水を分離する前の前記被処理流体を貯留する第1のタンクと、水を分離した後の前記被処理流体が流入する第2のタンクと、前記被処理流体から水を分離するための分離膜を有し、前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間に配置された複数の膜容器ユニットとを備え、前記被処理流体が、前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間を往復するように構成され、前記被処理流体が、前記複数の膜容器ユニットを複数回通過するようになっており、前記被処理流体を前記第1のタンクから前記第2のタンクへ流すための第1のラインと、前記被処理流体を前記第2のタンクから前記第1のタンクへ流すための第2のラインと、前記第1のタンクと前記第2のタンクとの間に配置され、前記第1のラインと前記第2のラインとの両方に接続された少なくとも1つの中間タンクとを備え、前記第1のラインが、前記中間タンクを間に挟むように複数の第1流体ラインに分割されるとともに、前記第2のラインが、前記中間タンクを間に挟むように複数の第2流体ラインに分割され、前記複数の膜容器ユニットが、前記複数の第1流体ライン及び前記複数の第2流体ラインの総数と同じ数のユニット群に分割され、前記各ユニット群は、前記複数の第1流体ラインのそれぞれに配置されると共に前記複数の第2流体ラインのそれぞれに配置され、それぞれの前記ユニット群を構成する各膜容器ユニットは、前記被処理流体の流れ方向に沿って並列に配設されており、前記被処理流体が、前記第1のライン上の各ユニット群と前記中間タンクとを順次通過して前記第1のタンクから前記第2のタンクへ流れ、前記被処理流体が、前記第2のライン上の各ユニット群と前記中間タンクとを順次通過して前記第2のタンクから前記第1のタンクへ流れるようになっており、前記第2のラインは、少なくとも1つのバイパスラインを備え、該バイパスラインは、前記第2のライン上のユニット群のうち1つ以上のユニット群を迂回して前記被処理流体を前記中間タンク又は前記第1のタンクへ戻すようになっている。

10

20

【 発明の効果 】

【 0 0 1 9 】

本発明に係る脱水装置によれば、複数の膜容器ユニットが並列に配設されているので、水分離膜ユニットで不具合が生じた場合、脱水装置全体を停止せずに、不具合が生じた水分離膜ユニットのみをメンテナンス及び交換を行うことができる。したがって、脱水装置の安定運転が可能となる。

30

【 0 0 2 0 】

また、複数の膜容器ユニットを並列に配置した場合は、被処理流体の流速が低下し、膜容器ユニットにおける水の分離性能が低下する可能性もあるが、被処理流体を第1のタンクと第2のタンクとの間で往復させて、被処理流体を膜容器ユニットに繰り返し通過させることによって、被処理流体を所定の濃度まで確実に脱水することができる。

【 0 0 2 1 】

また、本発明に係る脱水装置によれば、第2のラインが、少なくとも1つのバイパスラインを備え、該バイパスラインが、第2のライン上のユニット群のうち1つ以上のユニット群を迂回して被処理流体を中間タンク又は第1のタンクへ戻すようになっているので、被処理流体を膜容器ユニットに通過させる回数を適宜変更することができ、被処理流体の濃度を細かく調整することができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 2 】

【 図 1 】 本発明の第1実施形態に係る脱水装置の全体を示した模式図である。

【 図 2 】 本発明の第1実施形態に係る脱水装置を用いて粗エタノール水溶液の脱水を行った場合のエタノール濃度の推移を試算した図である。

【 図 3 】 本発明の第2実施形態に係る脱水装置の全体を示した模式図である。

【 図 4 】 本発明の第3実施形態に係る脱水装置の全体を示した模式図である。

【 図 5 】 本発明の第4実施形態に係る脱水装置の全体を示した模式図である。

50

【図 6】本発明の第 5 実施形態に係る脱水装置の全体を示した模式図である。

【図 7】従来の脱水装置の全体を示した模式図である。

【図 8】水分離膜を透過した物質（水及びエタノール）の透過量に対する水の透過量の比を示した図である。

【図 9】（a）は、被処理流体の流速が小さいために濃度分極が発生した場合を示した図であり、（b）は、被処理流体の流速が大きいために濃度分極が発生していない場合を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

[第 1 実施形態]

以下、本発明の第 1 実施形態に係る脱水装置を、図面を参照しながら説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る脱水装置の全体を示した模式図である。

【0024】

本実施形態に係る脱水装置 1 は、被処理流体として、粗エタノール水溶液を脱水するものである。この粗エタノール水溶液の濃度としては、エタノール濃度約 91 wt % を想定している。脱水装置 1 は、有機成分としてエタノールを含む粗エタノールを処理し、最終的には、エタノール濃度が 99.5 wt % ~ 99.8 wt % の範囲の製品エタノール（無水エタノール）を精製するものである。

【0025】

図 1 に示すように、脱水装置 1 は、被処理流体（粗エタノール水溶液）が供給される第 1 のタンク 2 と、脱水処理後の製品エタノールが流入する第 2 のタンク 3 と、被処理流体を第 1 のタンク 2 と第 2 のタンク 3 との間で往復させる第 1 のライン 41 と、第 1 のライン 41 に配設された複数（本実施形態では、10 個）の水分離膜ユニット 101, 102, 103, 104, …, 110 と、被処理流体から分離された水が流入する第 3 のタンク 4 と、脱水装置 1 の全体の動作を制御するための制御手段 5 とを備えている。

【0026】

図 1 に示すように、第 1 のタンク 2 には、第 1 のエタノール濃度計 2a が設けられており、第 2 のタンク 3 には、第 2 のエタノール濃度計 3a が設けられている。第 1 のエタノール濃度計 2a 及び第 2 のエタノール濃度計 3a は、制御手段 5 に接続されており、第 1 のエタノール濃度計 2a 及び第 2 のエタノール濃度計 3a の検出信号が、制御手段 5 に送信されるようになっている。

【0027】

図 1 に示すように、第 1 のライン 41 は、第 1 のタンク 2 の近傍の位置に配置された第 1 のポンプ 61 と、第 2 のタンク 3 の近傍の位置に配置された第 2 のポンプ 62 とを備えている。第 1 のポンプ 61 及び第 2 のポンプ 62 は、制御手段 5 に接続されている。第 1 のポンプ 61 は、制御手段 5 の制御に基づいて第 1 のタンク 2 内の被処理流体を第 2 のタンク 3 に向かって流すようになっている。第 2 のポンプ 62 もまた、制御手段 5 の制御に基づいて第 2 のタンク 3 内の被処理流体を第 1 のタンク 2 に向かって流すようになっている。

このような構成から、被処理流体が、第 1 のタンク 2 と第 2 のタンク 3 の間で第 1 のライン 41 を往復するようになっている。

【0028】

図 1 に示すように、複数の水分離膜ユニット 101, 102, 103, 104, …, 110 は、第 1 のライン 41 上において並列に配設されている。各水分離膜ユニット 101, 102, 103, 104, …, 110 の第 1 のタンク 2 側の部分には、第 1 の開閉弁 201, 202, 203, 204, …, 210 が設けられている。また、各水分離膜ユニット 101, 102, 103, 104, …, 110 の第 2 のタンク 3 側の部分には、第 2 の開閉弁 301, 302, 303, 304, …, 310 が設けられている。

図 1 に示すように、第 1 の開閉弁 201, 202, 203, 204, …, 210 及

10

20

30

40

50

び第2の開閉弁301, 302, 303, 304, . . . , 310は、制御手段5に接続されており、制御手段5の制御に基づいて開閉動作を行うようになっている。

【0029】

各水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, . . . , 110は、後述する膜容器（図示せず）を備えており、供給側が液相で透過側が気相となるパーバレーション法によって水を分離するものである。ここで、水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, . . . , 110の膜容器においては、被処理流体の流路を供給側と呼び、膜容器の外側を透過側と呼ぶ。

【0030】

本実施形態において、膜容器は、チューブラー型の水分離膜を複数組み込んだものや、あるいはモノリス型の水分離膜からなり、円柱状に形成されている。膜容器の材質としては、無機材でナノオーダー又はそれより小さい孔径が精密に制御された微細孔多孔膜を用いることができる。微細孔多孔膜は、小分子ガスを通し、大分子ガスを排除する分子ふるい効果を発現し、その透過係数は、温度上昇とともに増加する活性化拡散の挙動を示す。微細孔多孔膜の例としては、炭素膜、シリカ膜、ゼオライト膜が挙げられる。

【0031】

また、特許第2808479号記載の無機水分離膜も適用可能である。該特許第2808479号の無機水分離膜は、無機多孔体の細孔内に、エトキシ基又はメトキシ基を含むアルコキシシランの加水分解を経て得られたシリカゲルを担持することによって得られる耐酸性複合分離膜である。なお、無機水分離膜が担持される多孔質基材としては、アルミナ、シリカ、ジルコニア、チタニアのようなセラミック基材が一般的であり、筒型形状であって、長手方向に複数の断面円形の流路（内管）を持つものが好適である。無機水分離膜は、このような内管の内部壁を被覆するように形成される。

【0032】

また、水分離膜としては、無機水分離膜以外に、ポリビニルアルコール膜、ポリイミド膜、ポリアミド膜といった有機膜を用いることもできる。なお、膜容器の材質やサイズ、流路の直径及び数等は、使用目的に応じて当業者が適宜選択することができる。

【0033】

膜容器における脱水処理は、減圧装置（図示）を用いて行われ、膜容器の透過側を減圧装置で減圧することによって、膜容器の流路を通過する被処理流体の中の水が水蒸気となって透過側に引き抜かれる。

図1に示すように、各水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, . . . , 110は、蒸気弁401, . . . , 410を介して第3のタンク4に接続されており、各水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, . . . , 110において引き抜かれた水蒸気は、第3のタンク4に流入するようになっている。

【0034】

図1に示すように、第1のライン41には、第1のポンプ61と複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, . . . , 110との間に第1の熱交換器71が配設されている。また、第1のライン41には、第2のポンプ62と複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, . . . , 110との間に第2の熱交換器72が配設されている。第1の熱交換器71及び第2の熱交換器72は、水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, . . . , 110に流入する被処理流体の温度を加熱し、被処理流体の温度低下を防止するものである。

【0035】

図1に示すように、第1のライン41には、第1のポンプ61及び第1の熱交換器71を迂回するための第1のバイパス管81が設けられている。この第1のバイパス管81の両端部と第1のライン41とは、分岐弁（図示せず）を介して接続されている。

また、第1のライン41には、第2のポンプ62及び第2の熱交換器72を迂回するための第2のバイパス管82が設けられている。この第2のバイパス管82の両端部と第1のライン41とは、分岐弁（図示せず）を介して接続されている。

なお、分岐弁は、制御手段 5 に接続されており、制御手段 5 の制御に基づいて開閉動作を行うようになっている。

【0036】

図 1 に示すように、各水分離膜ユニット 101, 102, 103, 104, …, 110 は、膜容器の不具合を検出するための検出器 101a, …, 110a を備えている。

検出器 101a, …, 110a は、膜容器の状態を連続監視し、オンラインで不具合を検出するようになっている。例えば、膜容器の閉塞などで透過量が低下した場合、検出器 101a, …, 110a は、供給側の出口温度の低下が小さいことを検出する。また、膜容器に不具合が生じて透過量が増加した場合、検出器 101a, …, 110a は、透過側の温度低下が大きくなったことを検出する。また、検出器 101a, …, 110a は、透過量の変動によって、供給側の出口濃度が変動したことも検出するようになっている。

10

【0037】

図 1 に示すように、検出器 101a, …, 110a は、制御手段 5 に接続されており、検出器 101a, …, 110a の検出信号は、制御手段 5 に送信されるようになっている。制御手段 5 は、膜容器に不具合が生じたことを示す検出信号を受信すると、不具合が生じた水分離膜ユニット 101, 102, 103, 104, …, 110 に対応する第 1 の開閉弁 201, 202, 203, 204, …, 210 及び第 2 の開閉弁 301, 302, 303, 304, …, 310 の両方を閉めるように制御する。このよう

20

【0038】

次に、本実施形態に係る脱水装置 1 の動作を、図面を参照しながら説明する。

【0039】

図 1 に示すように、まず、第 1 のタンク 2 には、被処理流体（粗エタノール水溶液）が供給される。この被処理流体の供給は、間欠的に行われ、第 1 のタンク 2 が満量になった時点で一旦終了する。

次に、制御手段 5 は、第 1 のライン 41 と第 1 のバイパス管 81 との間の分岐弁を制御し、被処理流体が、第 1 のライン 41 を流れるようにする。その後、第 1 のポンプ 61 によって、被処理流体が第 1 のタンク 2 から第 2 のタンク 3 へ向かって流される。

30

第 1 のライン 41 を流れる被処理流体は、第 1 の熱交換器 71 によって加熱され、並列に配置された複数の水分離膜ユニット 101, 102, 103, 104, …, 110 に流れる。この際、各水分離膜ユニット 101, 102, 103, 104, …, 110 において引き抜かれた水蒸気は、第 3 のタンク 4 に流入する。

次に、制御手段 5 は、第 1 のライン 41 と第 2 のバイパス管 82 との間の分岐弁を制御し、被処理流体が、第 2 のバイパス管 82 を流れるようにする。そして、第 2 のバイパス管 82 を通過した被処理流体は、第 2 のタンク 3 に流れることになる。

【0040】

第 1 のタンク 2 内の全ての被処理流体が第 2 のタンク 3 に流れた後、制御手段 5 は、第 2 のタンク 3 の第 2 のエタノール濃度計 3a によって測定された濃度を受信する。そして、第 2 のエタノール濃度計 3a によって測定された濃度が所定の濃度に達していない場合には、制御手段 5 は、以下のように被処理流体を第 2 のタンク 3 から第 1 のタンク 2 へ流すように制御する。

40

まず、制御手段 5 は、第 1 のライン 41 と第 2 のバイパスライン 82 との間の分岐弁を制御し、被処理流体が、第 1 のライン 41 を流れるようにする。そして、第 2 のポンプ 62 によって、被処理流体が第 2 のタンク 3 から第 1 のタンク 2 へ向かって流される。

第 1 のライン 41 を流れる被処理流体は、第 2 の熱交換器 72 によって加熱され、並列に配置された複数の水分離膜ユニット 101, 102, 103, 104, …, 110 に流れる。この際、各水分離膜ユニット 101, 102, 103, 104, …, 11

50

0において引き抜かれた水蒸気は、第3のタンク4に流入する。

次に、制御手段5は、第1のライン41と第1のバイパス管81との間の分岐弁を制御し、被処理流体が、第1のバイパス管81を流れるようにする。そして、第1のバイパス管81を通過した被処理流体は、第1のタンク2に流れることになる。

その後、第2のタンク3内の全ての被処理流体が第1のタンク2に流れた後、制御手段5は、第1のタンク2の第1のエタノール濃度計2aによって測定された濃度を受信する。そして、制御手段5は、第1のエタノール濃度計2aによって測定された濃度が所定の濃度に達しているかを検知する。濃度が所定の濃度に達していない場合には、制御手段5は、再び、被処理流体を第1のタンク2から第2のタンク3へ流すように制御する。

以上のような動作を、被処理流体が所定の濃度に達するまで繰り返し行う。そして、最終的に所定の濃度に達した被処理流体は、製品エタノールとして第2のタンク3から回収される。

【0041】

図2は、本発明の第1実施形態に係る脱水装置1を用いて粗エタノール水溶液の脱水を行った場合のエタノール濃度の推移を試算した図である。

図2の横軸の「段数」は、被処理流体を複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110に通した回数に対応している。例えば、段数1とは、本実施形態では、被処理流体が第1のタンク2から第2のタンク3へ1回流れた時点を示し、段数2とは、被処理流体が第2のタンク3で折り返して再び第1のタンク2まで流れた時点を示している。

図2に示すように、本実施形態に係る脱水装置1によれば、複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110を通過するごとにエタノール濃度が上昇し、製品エタノールの所定の濃度に近づいていくことがわかる。

【0042】

本発明の第1実施形態に係る脱水装置1によれば、複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110は、第1のライン41上において並列に配設されているので、水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110で不具合が生じた場合、脱水装置1全体を停止せずに、不具合が生じた水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110のみをメンテナンス及び交換を行うことができる。したがって、脱水装置1の安定運転が可能となる。

【0043】

また、例えば、複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110を並列に配置した構成では、従来の直列に配置した構成で使用されているポンプをそのまま使用すると、被処理流体の流速が低下し、水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110における水の分離性能が低下する可能性がある。また、複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110を並列に配置した構成において第1のポンプ61や第2のポンプ62の容量を大きくして被処理流体の流速を上げたとしても、従来の直列に配置した構成に比べて、被処理流体が膜容器に接触する時間が小さくなるため、被処理流体を所定の濃度まで確実に脱水できない可能性もある。

本発明の第1実施形態に係る脱水装置1は、このような問題を解決するものであり、被処理流体を第1のタンク2と第2のタンク3との間で往復させて、被処理流体を水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110に繰り返し通過させることによって、被処理流体を所定の濃度まで確実に脱水することができる。

【0044】

[第2実施形態]

以下、本発明の第2実施形態に係る脱水装置1を、図面を参照しながら説明する。図3は、本発明の第2実施形態に係る脱水装置の全体を示した模式図である。なお、前述した実施形態で説明したものと同様の部分については、同一の符号を付して重複する説明は省略する。

【0045】

この第2実施形態においては、図3に示すように、脱水装置1は、被処理流体を第1のタンク2から第2のタンク3へ流すための第1のライン41と、被処理流体を第2のタンク3から第1のタンク2へ流すための第2のライン42とを備えている。

【0046】

図3に示すように、第1のライン41は、第1のタンク2の近傍の位置に配置された第1のポンプ61を備え、第2のライン42は、第2のタンク3の近傍の位置に配置された第2のポンプ62を備えている。

第1のポンプ61及び第2のポンプ62は、制御手段5に接続されている。第1のポンプ61は、制御手段5の制御に基づいて第1のタンク2内の被処理流体を第2のタンク3に向かって流すようになっている。第2のポンプ62もまた、制御手段5の制御に基づいて第2のタンク3内の被処理流体を第1のタンク2に向かって流すようになっている。

10

【0047】

図3に示すように、複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110は、第1のライン41上において並列に配設されている。また、第1のライン41には、第1のポンプ61と複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110との間に第1の熱交換器71が配設されている。

一方、本実施形態において、第2のライン42は、水分離膜ユニットや熱交換器を配設しておらず、第2のライン42は、被処理流体を第2のタンク3から第1のタンク2へ戻す専用のラインとなっている。

【0048】

20

なお、図3において図示を省略しているが、上述の第1実施形態と同様に、各水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110は、膜容器の不具合を検出するための検出器を備えている。

検出器は、制御手段5に接続されており、検出器の検出信号は、制御手段5に送信されるようになっている。制御手段5は、膜容器に不具合が生じたことを示す検出信号を受信すると、不具合が生じた水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110に対応する第1の開閉弁201, 202, 203, 204, ..., 210及び第2の開閉弁301, 302, 303, 304, ..., 310の両方を閉めるように制御する。このような構成により、不具合が生じた水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110だけをメンテナンス及び交換することが可能となる。

30

【0049】

次に、本実施形態に係る脱水装置1の動作を、図面を参照しながら説明する。

【0050】

図3に示すように、まず、第1のタンク2には、被処理流体（粗エタノール水溶液）が供給される。この被処理流体の供給は、間欠的に行われ、第1のタンク2が満量になった時点で一旦終了する。

その後、第1のポンプ61によって、被処理流体が第1のタンク2から第2のタンク3へ向かって流される。

第1のライン41を流れる被処理流体は、第1の熱交換器71によって加熱され、並列に配置された複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110に流れる。この際、各水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110において引き抜かれた水蒸気は、第3のタンク4に流入する。

40

そして、複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110を通過した被処理流体は、第2のタンク3に流れることになる。

【0051】

第1のタンク2内の被処理流体が、全て第2のタンク3に流れた後、制御手段5は、第2のタンク3の第2のエタノール濃度計3aによって測定された濃度を受信する。

そして、第2のエタノール濃度計3aによって測定された濃度が所定の濃度に達していない場合には、制御手段5は、第2のポンプ62を制御する。これにより、被処理流体は、第2のライン42を通過して第2のタンク3から第1のタンク2へ向かって流れることに

50

なる。

その後、第2のタンク3内の全ての被処理流体が第1のタンク2に流れた後、制御手段5は、再び、被処理流体を第1のタンク2から第2のタンク3へ流すように制御する。

以上のような動作を、被処理流体が所定の濃度に達するまで繰り返し行う。そして、最終的に所定の濃度に達した被処理流体は、製品エタノールとして第2のタンク3から回収される。

【0052】

本発明の第2実施形態に係る脱水装置1によれば、複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, …, 110は、第1のライン41上において並列に配設されているので、水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, …, 110で不具合が生じた場合、脱水装置1全体を停止せずに、不具合が生じた水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, …, 110のみをメンテナンス及び交換を行うことができる。したがって、脱水装置1の安定運転が可能となる。

10

【0053】

また、本発明の第2実施形態に係る脱水装置1によれば、被処理流体を第2のタンク3から第1のタンク2へ戻すための第2のライン42を備えているので、被処理流体を水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, …, 110に繰り返し通過させることによって、被処理流体を所定の濃度まで確実に脱水することができる。

また、本発明の第2実施形態に係る脱水装置1によれば、第1のライン41と第2のライン42の2つのラインを設けることで被処理流体の流れが一方向となるので、装置の構成をより簡略化することができる。また、第1のタンク2の被処理流体が流れ終わる前に、第2のライン42を用いて被処理流体を第2のタンク3から第1のタンク2へ向かって流せるので、1つのラインだけで被処理流体を往復させる構成に比べて第2のタンク3の容量を小さくすることができる。

20

【0054】

[第3実施形態]

以下、本発明の第3実施形態に係る脱水装置1を、図面を参照しながら説明する。図4は、本発明の第3実施形態に係る脱水装置1の全体を示した模式図である。なお、前述した実施形態で説明したものと同様の部分については、同一の符号を付して重複する説明は省略する。

30

【0055】

この第3実施形態においては、図4に示すように、脱水装置1は、被処理流体を第1のタンク2から第2のタンク3へ流すための第1のライン41と、被処理流体を第2のタンク3から第1のタンク2へ流すための第2のライン42とを備えている。

【0056】

図4に示すように、第1のライン41は、第1のタンク2の近傍の位置に配置された第1のポンプ61を備え、第2のライン42は、第2のタンク3の近傍の位置に配置された第2のポンプ62を備えている。

第1のポンプ61及び第2のポンプ62は、制御手段5に接続されている。第1のポンプ61は、制御手段5の制御に基づいて第1のタンク2内の被処理流体を第2のタンク3に向かって流すようになっている。第2のポンプ62もまた、制御手段5の制御に基づいて第2のタンク3内の被処理流体を第1のタンク2に向かって流すようになっている。

40

【0057】

図4に示すように、本実施形態においては、複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, …, 110が、第1のユニット群101, 102, …, 105と、第2のユニット群106, 107, …, 110とに分割されている。そして、第1のユニット群101, 102, …, 105が、第1のライン41において並列に配設され、第2のユニット群106, 107, …, 110が、第2のライン42において並列に配設されている。

【0058】

50

図4に示すように、第1のライン41には、第1のポンプ61と第1のユニット群101, 102, ..., 105との間に第1の熱交換器71が配設されている。一方、第2のライン42には、第2のポンプ62と第2のユニット群106, 107, ..., 110との間に第2の熱交換器72が配設されている。

【0059】

なお、図4において図示を省略しているが、上述の第1実施形態と同様に、各水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110は、膜容器の不具合を検出するための検出器を備えている。

検出器は、制御手段5に接続されており、検出器の検出信号は、制御手段5に送信されるようになっている。制御手段5は、膜容器に不具合が生じたことを示す検出信号を受信すると、不具合が生じた水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110に対応する第1の開閉弁201, 202, 203, 204, ..., 210及び第2の開閉弁301, 302, 303, 304, ..., 310の両方を閉めるように制御する。このような構成により、不具合が生じた水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110だけをメンテナンス及び交換することが可能となる。

【0060】

次に、本実施形態に係る脱水装置1の動作を、図面を参照しながら説明する。

【0061】

図4に示すように、まず、第1のタンク2には、被処理流体（粗エタノール水溶液）が供給される。この被処理流体の供給は、間欠的に行われ、第1のタンク2が満量になった時点で一旦終了する。

その後、第1のポンプ61によって、被処理流体が第1のタンク2から第2のタンク3へ向かって流される。

第1のライン41を流れる被処理流体は、第1の熱交換器71によって加熱され、並列に配置された第1のユニット群101, 102, ..., 105に流れる。この際、第1のユニット群101, 102, ..., 105において引き抜かれた水蒸気は、第3のタンク4に流入する。

そして、第1のユニット群101, 102, ..., 105を通過した被処理流体は、第2のタンク3に流れることになる。

【0062】

第1のタンク2内の全ての被処理流体が第2のタンク3に流れた後、制御手段5は、第2のタンク3の第2のエタノール濃度計3aによって測定された濃度を受信する。

そして、第2のエタノール濃度計3aによって測定された濃度が所定の濃度に達していない場合には、制御手段5は、第2のポンプ62を制御する。これにより、被処理流体は、第2のライン42を通過して第2のタンク3から第1のタンク2へ向かって流れることになる。

第2のライン42を流れる被処理流体は、第2の熱交換器72によって加熱され、並列に配置された第2のユニット群106, 107, ..., 110に流れる。この際、第2のユニット群106, 107, ..., 110において引き抜かれた水蒸気は、第3のタンク4に流入する。

そして、第2のユニット群106, 107, ..., 110を通過した被処理流体は、第1のタンク2に流れることになる。

以上のような動作を、被処理流体が所定の濃度に達するまで繰り返し行う。そして、最終的に所定の濃度に達した被処理流体は、製品エタノールとして第2のタンク3から回収される。

【0063】

本発明の第3実施形態に係る脱水装置1によれば、複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110が、第1のユニット群101, 102, ..., 105と、第2のユニット群106, 107, ..., 110とに分割され、第1のユニット群101, 102, ..., 105が、第1のライン41において並列に配設され、

10

20

30

40

50

第2のユニット群106, 107, ..., 110が、第2のライン42において並列に配設されているので、水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110で不具合が生じた場合、脱水装置1全体を停止せずに、不具合が生じた水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110のみをメンテナンス及び交換を行うことができる。したがって、脱水装置1の安定運転が可能となる。

【0064】

また、本発明の第2実施形態に係る脱水装置1によれば、被処理流体を第2のタンク3から第1のタンク2へ戻すための第2のライン42を備えているので、被処理流体を水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110に繰り返し通過させることによって、被処理流体を所定の濃度まで確実に脱水することができる。

10

また、本発明の第2実施形態に係る脱水装置1によれば、複数の水分離膜ユニット101, 102, 103, 104, ..., 110を2つのユニット群に分割しているため、被処理流体の流速の低下が抑制され、膜容器において水の分離性能の低下を抑えることができる。

【0065】

[第4実施形態]

以下、本発明の第4実施形態に係る脱水装置1を、図面を参照しながら説明する。図5は、本発明の第4実施形態に係る脱水装置1の全体を示した模式図である。なお、前述した実施形態で説明したものと同様の部分については、同一の符号を付して重複する説明は省略する。

20

【0066】

この第4実施形態においては、図5に示すように、脱水装置1は、第1のタンク2と第2のタンク3との間に配置された中間タンク9を備えている。中間タンク9は、被処理流体を第1のタンク2から第2のタンク3へ流すための第1のライン41と、被処理流体を第2のタンク3から第1のタンク2へ流すための第2のライン42との両方に接続されている。

図5に示すように、第1のライン41は、被処理流体を第1のタンク2から中間タンク9へ流すための上流側流体ライン41Aと、被処理流体を中間タンク9から第2のタンク3へ流すための下流側流体ライン41Bとから構成されている。

また、第2のライン42は、被処理流体を第2のタンク3から中間タンク9へ流すための上流側流体ライン42Aと、被処理流体を中間タンク9から第1のタンク2へ流すための下流側流体ライン42Bとから構成されている。

30

なお、図5には、1つの中間タンク9を設置した実施形態が示されているが、中間タンクを2つ以上設置してもよい。中間タンクを2つ以上設置した場合には、それぞれの中間タンクの間に水分離膜ユニットを並列に設置できる。

【0067】

図5に示すように、第1のライン41の上流側流体ライン41Aは、第1のタンク2の近傍の位置に配置された第1のポンプ61を備え、第1のライン41の下流側流体ライン41Bは、中間タンク9の近傍の位置に配置された第2のポンプ62を備えている。

また、第2のライン42の上流側流体ライン42Aは、第2のタンク3の近傍の位置に配置された第3のポンプ63を備え、第2のライン42の下流側流体ライン42Bは、中間タンク9の近傍の位置に配置された第4のポンプ64を備えている。

40

【0068】

この第4実施形態においては、図5に示すように、脱水装置1は、20個の水分離膜ユニット101, ..., 120を備えている。複数の水分離膜ユニット101, ..., 120は、第1のユニット群101, 102, ..., 105と、第2のユニット群106, 107, ..., 110と、第3のユニット群111, 112, ..., 115と、第4のユニット群116, 117, ..., 120とに分割されている。

【0069】

図5に示すように、第1のユニット群101, 102, ..., 105が、第1のライ

50

ン４１の上流側流体ライン４１Ａにおいて並列に配設され、第２のユニット群１０６，１０７，・・・，１１０が、第１のライン４１の下流側流体ライン４１Ｂにおいて並列に配設されている。

また、第３のユニット群１１１，１１２，・・・，１１５が、第２のライン４２の下流側流体ライン４２Ｂにおいて並列に配設され、第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０が、第２のライン４２の上流側流体ライン４２Ａにおいて並列に配設されている。

【００７０】

図５に示すように、第１のライン４１の上流側流体ライン４１Ａには、第１のポンプ６１と第１のユニット群１０１，１０２，・・・，１０５との間に第１の熱交換器７１が配設されている。また、第１のライン４１の下流側流体ライン４１Ｂには、第２のポンプ６２と第２のユニット群１０６，１０７，・・・，１１０との間に第２の熱交換器７２が配設されている。

10

また、第２のライン４２の上流側流体ライン４２Ａには、第３のポンプ６３と第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０との間に第３の熱交換器７３が配設されている。また、第２のライン４２の下流側流体ライン４２Ｂには、第４のポンプ６４と第３のユニット群１１１，１１２，・・・，１１５との間に第４の熱交換器７４が配設されている。

【００７１】

図５に示すように、脱水装置１は、被処理流体から分離された水が流入する第３のタンク４Ａ及び第４のタンク４Ｂを備えている。

20

図５に示すように、第１のユニット群１０１，１０２，・・・，１０５及び第３のユニット群１１１，１１２，・・・，１１５は、蒸気弁を介して第３のタンク４Ａに接続されており、第１のユニット群１０１，１０２，・・・，１０５及び第３のユニット群１１１，１１２，・・・，１１５において引き抜かれた水蒸気は、第３のタンク４Ａに流入するようになっている。

また、第２のユニット群１０６，１０７，・・・，１１０及び第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０は、蒸気弁を介して第４のタンク４Ｂに接続されており、第２のユニット群１０６，１０７，・・・，１１０及び第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０において引き抜かれた水蒸気は、第４のタンク４Ｂに流入するようになっている。

30

【００７２】

この第４実施形態においては、図５に示すように、第２のライン４２は、バイパスライン１０を備えている。バイパスライン１０は、第２のライン４２の上流側流体ライン４２Ａに分岐弁（図示せず）を介して連結されている。

図５に示すように、バイパスライン１０は、第２のライン４２の上流側流体ライン４２Ａと第１のタンク２とを接続するものである。バイパスライン１０は、第３のユニット群１１１，１１２，・・・，１１５及び第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０の２つのユニット群を迂回して、第２のタンク３から流れた被処理流体を直接第１のタンク２へ流すようになっている。

40

なお、本実施形態では、中間タンクが１つであるため、バイパスライン１０を第２のライン４２上の２つのユニット群を迂回するように設けている。一方、中間タンクを複数設けた場合には、バイパスラインは、第２のライン４２上の１つ以上のユニット群を迂回して中間タンクに接続するように設けることができる。

【００７３】

なお、図５において図示を省略しているが、上述の第１実施形態と同様に、脱水装置１は、脱水装置１の全体の動作を制御するための制御手段を備えている。制御手段は、第１ないし第４のポンプ６１，６２，６３，６４と、第１の開閉弁２０１，・・・，２２０と、第２の開閉弁３０１，・・・，３２０とを制御するようになっている。

また、図示を省略しているが、各水分離膜ユニット１０１，・・・，１２０は、膜容器

50

の不具合を検出するための検出器を備えており、検出器は、制御手段に接続されている。制御手段は、膜容器に不具合が生じたことを示す検出信号を受信すると、不具合が生じた水分離膜ユニット１０１，・・・，１２０に対応する第１の開閉弁２０１・・・，２２０及び第２の開閉弁３０１，・・・，３２０の両方を閉めるように制御する。このような構成により、不具合が生じた水分離膜ユニット１０１，・・・，１２０だけをメンテナンス及び交換することが可能となる。

【００７４】

次に、本実施形態に係る脱水装置１の動作を、図面を参照しながら説明する。

【００７５】

まず、第１のタンク２には、被処理流体（粗エタノール水溶液）が供給される。この被
10 処理流体の供給は、連続的に行われる。

図５に示すように、その後、第１のポンプ６１によって、被処理流体が第１のタンク２から中間タンク９に向かって流される。

第１のライン４１の上流側流体ライン４１Ａを流れる被処理流体は、第１の熱交換器７１によって加熱され、並列に配置された第１のユニット群１０１，１０２，・・・，１０５に流れる。この際、第１のユニット群１０１，１０２，・・・，１０５において引き抜かれた水蒸気は、第３のタンク４Ａに流入する。

そして、第１のユニット群１０１，１０２，・・・，１０５を通過した被処理流体は、中間タンク９に流れることになる。

【００７６】

次に、第２のポンプ６２によって、被処理流体が中間タンク９から第２のタンク３に向
20 かって流される。

第１のライン４１の下流側流体ライン４１Ｂを流れる被処理流体は、第２の熱交換器７２によって加熱され、並列に配置された第２のユニット群１０６，１０７，・・・，１１０に流れる。この際、第２のユニット群１０６，１０７，・・・，１１０において引き抜かれた水蒸気は、第４のタンク４Ｂに流入する。

そして、第２のユニット群１０６，１０７，・・・，１１０を通過した被処理流体は、第２のタンク３に流れることになる。

【００７７】

次に、制御手段は、第２のタンク３の第２のエタノール濃度計（図示せず）によって測
30 定された濃度を受信する。そして、第２のエタノール濃度計によって測定された濃度が所定の濃度に達していない場合には、制御手段は、第３のポンプ６３を制御する。ここで、例えば、制御手段が、現在の濃度に基づいて各ユニット群を何回通過すれば所定の濃度に到達するかを判定する。現在の濃度に基づいて２つのユニット群（第３及び第４のユニット群１１１，・・・，１２０）を迂回してもよいと判定した場合、制御手段は、バイパスライン１０と第２のライン４２の上流側流体ライン４２Ａとの間の分岐弁を制御し、被処理流体が、バイパスライン１０を流れるようにする。そうでない場合は、制御手段は、被処理流体が第２のライン４２の上流側流体ライン４２Ａを流れるようにする。以下は、被
40 処理流体が第２のライン４２の上流側流体ライン４２Ａを流れる場合の動作である。

第２のライン４２の上流側流体ライン４２Ａを流れる被処理流体は、第３の熱交換器７
40 ３によって加熱され、並列に配置された第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０に流れる。この際、第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０において引き抜かれた水蒸気は、第４のタンク４Ｂに流入する。

そして、第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０を通過した被処理流体は、中間タンク９に流れることになる。

【００７８】

次に、第４のポンプ６４によって、被処理流体が中間タンク９から第１のタンク２に向
50 かって流される。

第２のライン４２の下流側流体ライン４２Ｂを流れる被処理流体は、第４の熱交換器
4 ４によって加熱され、並列に配置された第３のユニット群１１１，１１２，・・・，１１

5 に流れる。この際、第 3 のユニット群 1 1 1 , 1 1 2 , . . . , 1 1 5 において引き抜かれた水蒸気は、第 3 のタンク 4 A に流入する。

そして、第 3 のユニット群 1 1 1 , 1 1 2 , . . . , 1 1 5 を通過した被処理流体は、第 1 のタンク 2 に流れることになる。

以上のような動作を、被処理流体が所定の濃度に達するまで繰り返し行う。そして、最終的に所定の濃度に達した被処理流体は、製品エタノールとして第 2 のタンク 3 から回収される。

【 0 0 7 9 】

本発明の第 4 実施形態に係る脱水装置 1 によれば、複数の水分離膜ユニット 1 0 1 , . . . , 1 2 0 は、第 1 のユニット群 1 0 1 , 1 0 2 , . . . , 1 0 5 と、第 2 のユニット群 1 0 6 , 1 0 7 , . . . , 1 1 0 と、第 3 のユニット群 1 1 1 , 1 1 2 , . . . , 1 1 5 と、第 4 のユニット群 1 1 6 , 1 1 7 , . . . , 1 2 0 とに分割され、第 1 のユニット群 1 0 1 , 1 0 2 , . . . , 1 0 5 が、第 1 のライン 4 1 の上流側流体ライン 4 1 A において並列に配設され、第 2 のユニット群 1 0 6 , 1 0 7 , . . . , 1 1 0 が、第 1 のライン 4 1 の下流側流体ライン 4 1 B において並列に配設され、第 3 のユニット群 1 1 1 , 1 1 2 , . . . , 1 1 5 が、第 2 のライン 4 2 の下流側流体ライン 4 2 B において並列に配設され、第 4 のユニット群 1 1 6 , 1 1 7 , . . . , 1 2 0 が、第 2 のライン 4 2 の上流側流体ライン 4 2 A において並列に配設されているので、水分離膜ユニット 1 0 1 , 1 0 2 , 1 0 3 , 1 0 4 , . . . , 1 2 0 で不具合が生じた場合、脱水装置 1 全体を停止せずに、不具合が生じた水分離膜ユニット 1 0 1 , 1 0 2 , 1 0 3 , 1 0 4 , . . . , 1 2 0 のみをメンテナンス及び交換を行うことができる。したがって、脱水装置 1 の安定運転が可能となる。

【 0 0 8 0 】

また、本発明の第 4 実施形態に係る脱水装置 1 によれば、第 2 のライン 4 2 は、バイパスライン 1 0 を備え、バイパスライン 1 0 は、第 3 のユニット群 1 1 1 , 1 1 2 , . . . , 1 1 5 及び第 4 のユニット群 1 1 6 , 1 1 7 , . . . , 1 2 0 の 2 つのユニット群を迂回して、第 2 のタンク 3 から流れた被処理流体を直接第 1 のタンク 2 へ流すようになっているので、被処理流体を膜容器ユニットに通過させる回数を適宜変更することができ、被処理流体の濃度を細かく調整することができる。

【 0 0 8 1 】

また、本発明の第 4 実施形態に係る脱水装置 1 によれば、複数の水分離膜ユニット 1 0 1 , . . . , 1 2 0 を 4 つのユニット群に分割しているため、被処理流体の流速の低下が抑制され、膜容器において水の分離性能の低下を抑えることができる。

また、本発明の第 4 実施形態に係る脱水装置 1 によれば、脱水装置 1 は、第 1 のタンク 2 と第 2 のタンク 3 との間に配置された中間タンク 9 を備えている。これにより、被処理流体を中間タンク 9 でも貯留できるので、被処理流体を第 1 のタンク 2 に連続して供給して脱水装置 1 全体の運転を行うことができる。

本発明の第 4 実施形態に係る脱水装置 1 によれば、原料のエタノール水溶液を脱水装置 1 に連続的に供給し、製品エタノールを連続的に回収することができる。

【 0 0 8 2 】

[第 5 実施形態]

以下、本発明の第 5 実施形態に係る脱水装置 1 を、図面を参照しながら説明する。図 6 は、本発明の第 5 実施形態に係る脱水装置 1 の全体を示した模式図である。なお、前述した実施形態で説明したものと同様の部分については、同一の符号を付して重複する説明は省略する。

【 0 0 8 3 】

この第 5 実施形態においては、図 6 に示すように、脱水装置 1 は、第 1 のタンク 2 と第 2 のタンク 3 との間に第 1 の中間タンク 9 A 及び第 2 の中間タンク 9 B を備えている。第 1 の中間タンク 9 A 及び第 2 の中間タンク 9 B は、被処理流体を第 1 のタンク 2 から第 2 のタンク 3 へ流すための第 1 のライン 4 1 と、被処理流体を第 2 のタンク 3 から第 1 のタ

ンク 2 へ流すための第 2 のライン 4 2 との両方に接続されている。また、第 1 の中間タンク 9 A 及び第 2 の中間タンク 9 B は、被処理流体のエタノール濃度を測定するためのエタノール濃度計（図示せず）を備えている。

【 0 0 8 4 】

図 6 に示すように、第 1 のライン 4 1 は、被処理流体を第 1 のタンク 2 から第 1 の中間タンク 9 A へ流すための上流側流体ライン 4 1 A と、被処理流体を第 1 の中間タンク 9 A から第 2 の中間タンク 9 B へ流すための中間流体ライン 4 1 B と、被処理流体を第 2 の中間タンク 9 B から第 2 のタンク 3 へ流すための下流側流体ライン 4 1 C とから構成されている。

【 0 0 8 5 】

また、第 2 のライン 4 2 は、被処理流体を第 2 のタンク 3 から第 2 の中間タンク 9 B へ流すための上流側流体ライン 4 2 A と、被処理流体を第 2 の中間タンク 9 B から第 1 の中間タンク 9 A へ流すための中間流体ライン 4 2 B と、被処理流体を第 1 の中間タンク 9 A から第 1 のタンク 2 へ流すための下流側流体ライン 4 2 C とから構成されている。

なお、図 6 には、2 つの中間タンク（第 1 の中間タンク 9 A 及び第 2 の中間タンク 9 B）を設置した実施形態が示されているが、中間タンクを 3 つ以上設置してもよい。中間タンクを 3 つ以上設置した場合には、それぞれの中間タンクの間に水分離膜ユニットを並列に設置できる。

【 0 0 8 6 】

図 6 に示すように、第 1 のライン 4 1 の上流側流体ライン 4 1 A は、第 1 のタンク 2 の近傍の位置に配置された第 1 のポンプ 6 1 を備え、第 1 のライン 4 1 の中間流体ライン 4 1 B は、第 1 の中間タンク 9 A の近傍の位置に配置された第 2 のポンプ 6 2 を備え、第 1 のライン 4 1 の下流側流体ライン 4 1 C は、第 2 の中間タンク 9 B の近傍の位置に配置された第 2 のポンプ 6 3 を備えている。

【 0 0 8 7 】

また、第 2 のライン 4 2 の上流側流体ライン 4 2 A は、第 2 のタンク 3 の近傍の位置に配置された第 4 のポンプ 6 4 を備え、第 2 のライン 4 2 の中間流体ライン 4 2 B は、第 2 の中間タンク 9 B の近傍の位置に配置された第 5 のポンプ 6 5 を備え、第 2 のライン 4 2 の下流側流体ライン 4 2 C は、第 1 の中間タンク 9 A の近傍の位置に配置された第 6 のポンプ 6 6 を備えている。

【 0 0 8 8 】

この第 5 実施形態においては、図 6 に示すように、脱水装置 1 は、30 個の水分離膜ユニット 1 0 1, . . . , 1 3 0 を備えている。複数の水分離膜ユニット 1 0 1, . . . , 1 3 0 は、第 1 のユニット群 1 0 1, 1 0 2, . . . , 1 0 5 と、第 2 のユニット群 1 0 6, 1 0 7, . . . , 1 1 0 と、第 3 のユニット群 1 1 1, 1 1 2, . . . , 1 1 5 と、第 4 のユニット群 1 1 6, 1 1 7, . . . , 1 2 0 と、第 5 のユニット群 1 2 1, 1 2 2, . . . , 1 2 5 と、第 6 のユニット群 1 2 6, 1 2 7, . . . , 1 3 0 とに分割されている。

【 0 0 8 9 】

図 6 に示すように、第 1 のユニット群 1 0 1, 1 0 2, . . . , 1 0 5 が、第 1 のライン 4 1 の上流側流体ライン 4 1 A において並列に配設され、第 2 のユニット群 1 0 6, 1 0 7, . . . , 1 1 0 が、第 1 のライン 4 1 の中間流体ライン 4 1 B において並列に配設され、第 3 のユニット群 1 1 1, 1 0 7, . . . , 1 1 5 が、第 1 のライン 4 1 の下流側流体ライン 4 1 C において並列に配設されている。

また、第 4 のユニット群 1 1 6, 1 1 7, . . . , 1 2 0 が、第 2 のライン 4 2 の下流側流体ライン 4 2 C において並列に配設され、第 5 のユニット群 1 2 1, 1 2 2, . . . , 1 2 5 が、第 2 のライン 4 2 の中間流体ライン 4 2 B において並列に配設され、第 6 のユニット群 1 2 6, 1 2 7, . . . , 1 3 0 が、第 2 のライン 4 2 の上流側流体ライン 4 2 A において並列に配設されている。

【 0 0 9 0 】

図6に示すように、第1のライン41の上流側流体ライン41Aには、第1のポンプ61と第1のユニット群101, 102, ..., 105との間に第1の熱交換器71が配設されている。また、第1のライン41の中間流体ライン41Bには、第2のポンプ62と第2のユニット群106, 107, ..., 110との間に第2の熱交換器72が配設されている。また、第1のライン41の下流側流体ライン41Cには、第3のポンプ63と第3のユニット群111, 112, ..., 115との間に第3の熱交換器73が配設されている。

また、第2のライン42の上流側流体ライン42Aには、第3のポンプ63と第6のユニット群126, 127, ..., 130との間に第4の熱交換器74が配設されている。また、第2のライン42の中間流体ライン42Bには、第5のポンプ65と第5のユニット群121, 122, ..., 125との間に第5の熱交換器75が配設されている。また、第2のライン42の下流側流体ライン42Cには、第6のポンプ66と第4のユニット群116, 117, ..., 120との間に第6の熱交換器76が配設されている。
【0091】

この第5実施形態においては、図6に示すように、第2のライン42は、第1のバイパスライン11と、第2のバイパスライン12とを備えている。

第1のバイパスライン11は、第2のライン42の中間流体ライン42Bに分岐弁（図示せず）を介して連結されている。図6に示すように、第1のバイパスライン11は、第2のライン42の中間流体ライン42Bと第1のタンク2とを接続するものである。第1のバイパスライン11は、第4のユニット群116, 117, ..., 120及び第5のユニット群121, 122, ..., 125の2つのユニット群を迂回して、第2の中間タンク9Bから流れた被処理流体を直接第1のタンク2へ流すようになっている。

第2のバイパスライン12は、第2のライン42の上流側流体ライン42Aに分岐弁（図示せず）を介して連結されている。図6に示すように、第2のバイパスライン12は、第2のライン42の上流側流体ライン42Aと第1の中間タンク9Aとを接続するものである。第2のバイパスライン12は、第5のユニット群121, 122, ..., 125及び第6のユニット群126, 127, ..., 130の2つのユニット群を迂回して、第2のタンク3から流れた被処理流体を直接第1の中間タンク9Aへ流すようになっている。

なお、本実施形態では、第1及び第2のバイパスライン11, 12が、第2のライン42上の2つのユニット群を迂回するようになっているが、中間タンクを複数設けた場合には、バイパスラインは、第2のライン42上の1つ以上のユニット群を迂回して中間タンクに接続するように設けることができる。

【0092】

さらに、図6において図示を省略しているが、上述の第4実施形態と同様に、脱水装置1は、被処理流体から分離された水が流入する複数のタンクを備えている。各水分離膜ユニット101, ..., 130は、これら複数のタンクに接続されており、各水分離膜ユニット101, ..., 130において引き抜かれた水蒸気は、これらのタンクに流入するようになっている。

【0093】

さらに、図6において図示を省略しているが、上述の第1実施形態と同様に、脱水装置1は、脱水装置1の全体の動作を制御するための制御手段を備えている。制御手段は、第1ないし第6のポンプ61, 62, 63, 64, 65, 66と、第1の開閉弁201, ..., 230と、第2の開閉弁301, ..., 330とを制御するようになっている。

また、図示を省略しているが、各水分離膜ユニット101, ..., 130は、膜容器の不具合を検出するための検出器を備えており、検出器は、制御手段に接続されている。制御手段は、膜容器に不具合が生じたことを示す検出信号を受信すると、不具合が生じた水分離膜ユニット101, ..., 130に対応する第1の開閉弁201, ..., 230及び第2の開閉弁301, ..., 330の両方を閉めるように制御する。このような構成により、不具合が生じた水分離膜ユニット101, ..., 130だけをメンテナンス

10

20

30

40

50

及び交換することが可能となる。

【 0 0 9 4 】

次に、本実施形態に係る脱水装置 1 の動作を、図面を参照しながら説明する。

【 0 0 9 5 】

まず、第 1 のタンク 2 には、被処理流体（粗エタノール水溶液）が供給される。この被処理流体の供給は、連続的に行われる。

図 6 に示すように、その後、第 1 のポンプ 6 1 によって、被処理流体が第 1 のタンク 2 から第 1 の中間タンク 9 A に向かって流される。

第 1 のライン 4 1 の上流側流体ライン 4 1 A を流れる被処理流体は、第 1 の熱交換器 7 1 によって加熱され、並列に配置された第 1 のユニット群 1 0 1 , 1 0 2 , . . . , 1 0 5 に流れる。そして、第 1 のユニット群 1 0 1 , 1 0 2 , . . . , 1 0 5 を通過した被処理流体は、第 1 の中間タンク 9 A に流れることになる。

10

【 0 0 9 6 】

次に、第 2 のポンプ 6 2 によって、被処理流体が第 1 の中間タンク 9 A から第 2 の中間タンク 9 B に向かって流される。

第 1 のライン 4 1 の中間流体ライン 4 1 B を流れる被処理流体は、第 2 の熱交換器 7 2 によって加熱され、並列に配置された第 2 のユニット群 1 0 6 , 1 0 7 , . . . , 1 1 0 に流れる。そして、第 2 のユニット群 1 0 6 , 1 0 7 , . . . , 1 1 0 を通過した被処理流体は第 2 の中間タンク 9 B に流れることになる。

【 0 0 9 7 】

20

次に、第 3 のポンプ 6 3 によって、被処理流体が第 2 の中間タンク 9 B から第 2 のタンク 3 に向かって流される。

第 1 のライン 4 1 の下流側流体ライン 4 1 C を流れる被処理流体は、第 3 の熱交換器 7 3 によって加熱され、並列に配置された第 3 のユニット群 1 1 1 , 1 1 2 , . . . , 1 1 5 に流れる。そして、第 3 のユニット群 1 1 1 , 1 1 2 , . . . , 1 1 5 を通過した被処理流体は第 2 のタンク 3 に流れることになる。

【 0 0 9 8 】

次に、制御手段は、第 2 のタンク 3 の第 2 のエタノール濃度計（図示せず）によって測定された濃度を受信する。そして、第 2 のエタノール濃度計によって測定された濃度が所定の濃度に達していない場合には、制御手段は、第 4 のポンプ 6 4 を制御する。ここで、例えば、制御手段が、現在の濃度に基づいて各ユニット群を何回通過すれば所定の濃度に到達するかを判定する。現在の濃度に基づいて 2 つのユニット群（第 5 及び第 6 のユニット群 1 2 1 , . . . , 1 3 0 ）を迂回してもよいと判定した場合、制御手段は、第 2 のバイパスライン 1 2 と第 2 のライン 4 2 の上流側流体ライン 4 2 A との間の分岐弁を制御し、被処理流体が、第 2 のバイパスライン 1 2 を流れるようにする。そうでない場合は、制御手段は、被処理流体が第 2 のライン 4 2 の上流側流体ライン 4 2 A を流れるようにする。以下は、被処理流体が第 2 のライン 4 2 の上流側流体ライン 4 2 A を流れる場合の動作である。

30

第 2 のライン 4 2 の上流側流体ライン 4 2 A を流れる被処理流体は、第 4 の熱交換器 7 4 によって加熱され、並列に配置された第 6 のユニット群 1 2 6 , 1 2 7 , . . . , 1 3 0 に流れる。そして、第 6 のユニット群 1 2 6 , 1 2 7 , . . . , 1 3 0 を通過した被処理流体は、第 2 の中間タンク 9 B に流れることになる。

40

【 0 0 9 9 】

次に、制御手段は、第 2 の中間タンク 9 B の第 2 のエタノール濃度計によって測定された濃度を受信し、その後、第 5 のポンプ 6 5 を制御する。ここで、制御手段が、現在の濃度に基づいて各ユニット群を何回通過すれば所定の濃度に到達するかを判定する。現在の濃度に基づいて 2 つのユニット群（第 4 及び第 5 のユニット群 1 1 6 , . . . , 1 2 5 ）を迂回してもよいと判定した場合、制御手段は、第 1 のバイパスライン 1 1 と第 2 のライン 4 2 の中間流体ライン 4 2 B との間の分岐弁を制御し、被処理流体が、第 1 のバイパスライン 1 1 を流れるようにする。そうでない場合は、制御手段は、被処理流体が第 2 のラ

50

イン４２の中間流体ライン４２Ｂを流れるようにする。以下は、被処理流体が第２のライン４２の中間流体ライン４２Ｂを流れる場合の動作である。

第２のライン４２の中間流体ライン４２Ｂを流れる被処理流体は、第５の熱交換器７５によって加熱され、並列に配置された第５のユニット群１２１，１２２，・・・，１２５に流れる。そして、第５のユニット群１２１，１２２，・・・，１２５を通過した被処理流体は、第１の中間タンク９Ａに流れることになる。

【０１００】

次に、第６のポンプ６６によって、被処理流体が第１の中間タンク９Ａから第１のタンク２に向かって流される。

第２のライン４２の下流側流体ライン４２Ｃを流れる被処理流体は、第６の熱交換器７６によって加熱され、並列に配置された第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０に流れる。そして、第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０を通過した被処理流体は、第１のタンク２に流れることになる。

以上のような動作を、被処理流体が所定の濃度に達するまで繰り返し行う。そして、最終的に所定の濃度に達した被処理流体は、製品エタノールとして第２のタンク３から回収される。

【０１０１】

本発明の第５実施形態に係る脱水装置１によれば、複数の水分離膜ユニット１０１，・・・，１３０は、第１のユニット群１０１，１０２，・・・，１０５と、第２のユニット群１０６，１０７，・・・，１１０と、第３のユニット群１１１，１１２，・・・，１１５と、第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０と、第５のユニット群１２１，１２２，・・・，１２５と、第６のユニット群１２６，１２７，・・・，１３０とに分割され、第１のユニット群１０１，１０２，・・・，１０５が、第１のライン４１の上流側流体ライン４１Ａにおいて並列に配設され、第２のユニット群１０６，１０７，・・・，１１０が、第１のライン４１の中間流体ライン４１Ｂにおいて並列に配設され、第３のユニット群１１１，１１２，・・・，１１５が、第１のライン４１の下流側流体ライン４１Ｃにおいて並列に配設され、第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０が、第２のライン４２の下流側流体ライン４２Ｃにおいて並列に配設され、第５のユニット群１２１，１２２，・・・，１２５が、第２のライン４２の中間流体ライン４２Ｂにおいて並列に配設され、第６のユニット群１２６，１２７，・・・，１３０が、第２のライン４２の上流側流体ライン４２Ａにおいて並列に配設されているので、水分離膜ユニット１０１，１０２，１０３，１０４，・・・，１３０で不具合が生じた場合、脱水装置１全体を停止せず、不具合が生じた水分離膜ユニット１０１，１０２，１０３，１０４，・・・，１３０のみをメンテナンス及び交換を行うことができる。したがって、脱水装置１の安定運転が可能となる。

【０１０２】

また、本発明の第５実施形態に係る脱水装置１によれば、第２のライン４２は、第１のバイパスライン１１と、第２のバイパスライン１２とを備え、第１のバイパスライン１１は、第４のユニット群１１６，１１７，・・・，１２０及び第５のユニット群１２１，１２２，・・・，１２５の２つのユニット群を迂回して、第２の中間タンク４Ｂから流れた被処理流体を直接第１のタンク２へ流すようになっており、第２のバイパスライン１２は、第５のユニット群１２１，１２２，・・・，１２５及び第６のユニット群１２６，１２７，・・・，１３０の２つのユニット群を迂回して、第２のタンク３から流れた被処理流体を直接第１の中間タンク４Ａへ流すようになっているので、被処理流体を膜容器ユニットに通過させる回数を適宜変更することができ、被処理流体の濃度を細かく調整することができる。

【０１０３】

また、本発明の第５実施形態に係る脱水装置１によれば、複数の水分離膜ユニット１０１，・・・，１３０を６つのユニット群に分割しているため、被処理流体の流速の低下が抑制され、膜容器において水の分離性能の低下を抑えることができる。

10

20

30

40

50

また、本発明の第 5 実施形態に係る脱水装置 1 によれば、脱水装置 1 は、第 1 のタンク 2 と第 2 のタンク 3 との間に第 1 の中間タンク 9 A 及び第 2 の中間タンク 9 B を備えている。これにより、被処理流体を第 1 の中間タンク 9 A 及び第 2 の中間タンク 9 B でも貯留できるので、被処理流体を第 1 のタンク 2 に連続して供給して脱水装置 1 全体の運転を行うことができる。

本発明の第 5 実施形態に係る脱水装置 1 によれば、原料のエタノール水溶液を脱水装置 1 に連続的に供給し、製品エタノールを連続的に回収することができる。

【 0 1 0 4 】

以上、本発明の実施の形態につき述べたが、本発明は既述の実施形態に限定されるものでなく、本発明の技術的思想に基づいて各種の変形及び変更が可能である。

10

【 0 1 0 5 】

第 1 ないし第 3 実施形態では、10 個の水分離膜ユニットを使用し、第 4 実施形態では、20 個の水分離膜ユニットを使用し、第 5 実施形態では、30 個の水分離膜ユニットを使用しているが、この数に限定されず、水分離膜ユニットの数は被処理流体の流量などに合わせて適宜変更してよい。

【 0 1 0 6 】

第 4 及び第 5 実施形態では、流体ラインごとに熱交換器を設置しているが、被処理流体の温度変化が小さい場合には、全ての流体ラインに熱交換器を設置する必要はない。

【 0 1 0 7 】

第 5 実施形態では、第 1 のバイパスライン 1 1 及び第 2 のバイパスライン 1 2 は、水分離膜ユニットの 2 つのユニット群を迂回するように設けられているが、このようなバイパスラインだけに限定されず、3 つのユニット群を迂回して被処理流体を第 2 のタンク 3 から第 1 のタンク 2 へ直接流すようなバイパスラインを設けてもよい。

20

【 符号の説明 】

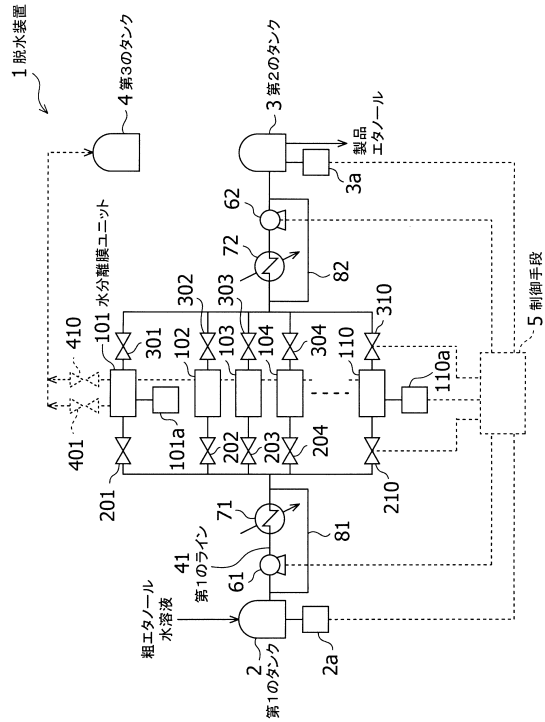
【 0 1 0 8 】

- 1 脱水装置
- 2 第 1 のタンク
- 3 第 2 のタンク
- 2 a , 3 a エタノール濃度計
- 4 第 3 のタンク
- 5 制御手段
- 9 , 9 A , 9 B 中間タンク
- 1 0 , 1 1 , 1 2 バイパスライン
- 4 1 第 1 のライン
- 4 2 第 2 のライン
- 4 1 A , 4 1 B , 4 1 C 第 1 のラインの流体ライン (第 1 流体ライン)
- 4 2 A , 4 2 B , 4 2 C 第 2 のラインの流体ライン (第 2 流体ライン)
- 6 1 , 6 2 , 6 3 , 6 4 , 6 5 , 6 6 ポンプ
- 7 1 , 7 2 , 7 3 , 7 4 , 7 5 , 7 6 熱交換器
- 8 1 , 8 2 バイパス管
- 1 0 1 , . . . , 1 3 0 水分離膜ユニット (膜容器ユニット)
- 1 0 1 a , . . . , 1 1 0 a 検出器
- 2 0 1 , . . . , 2 3 0 第 1 の開閉弁
- 3 0 1 , . . . , 3 3 0 第 2 の開閉弁

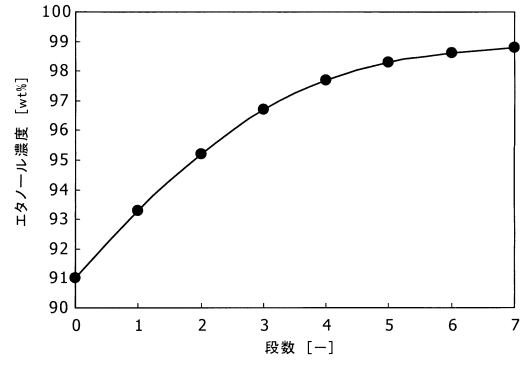
30

40

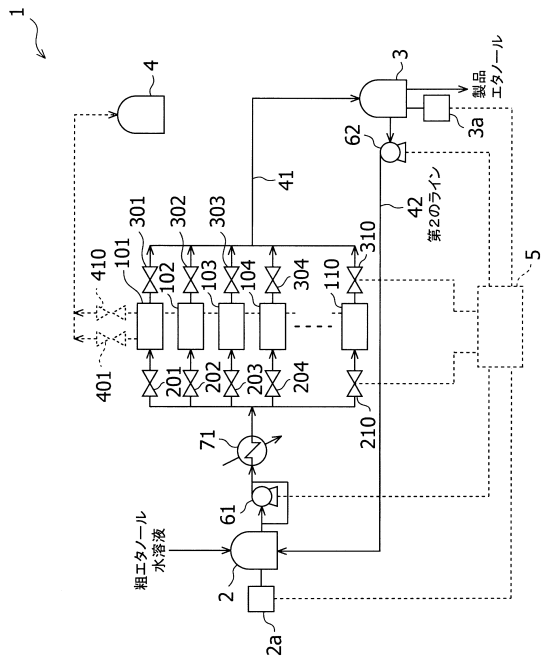
【 図 1 】



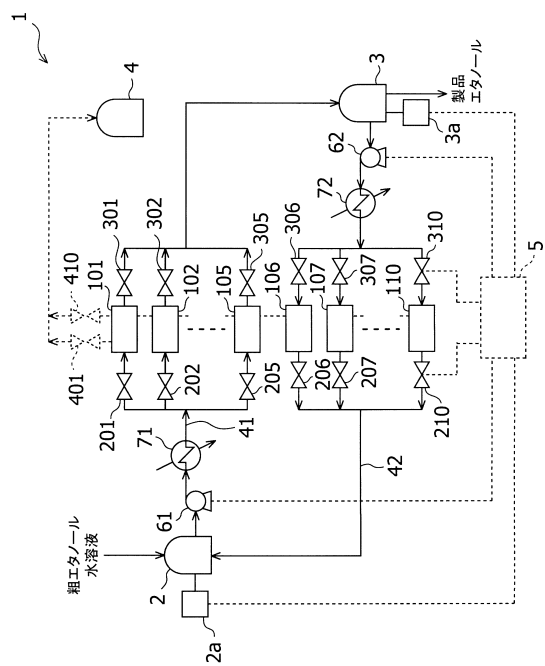
【 図 2 】



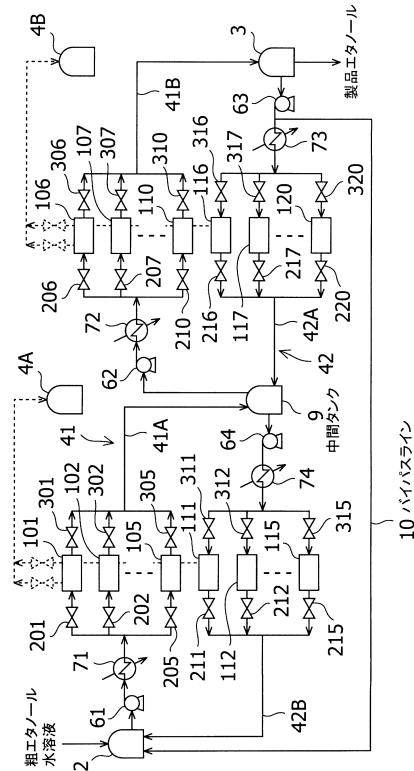
【 図 3 】



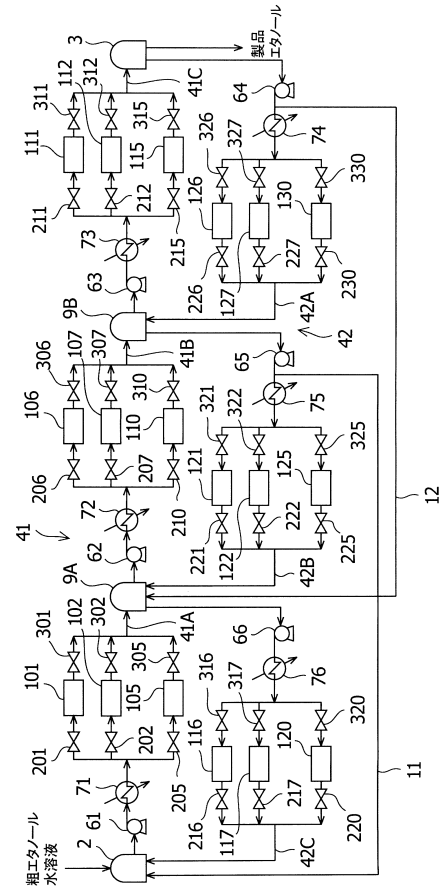
【 図 4 】



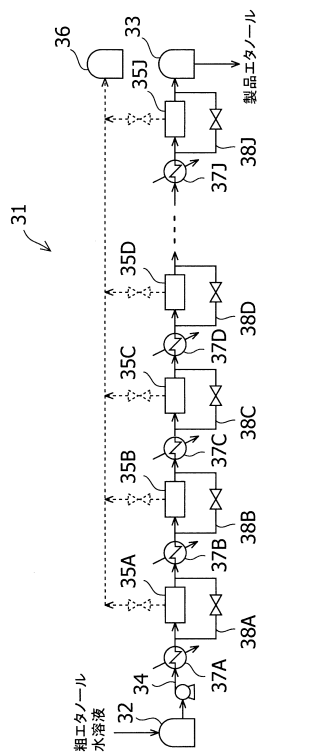
【図 5】



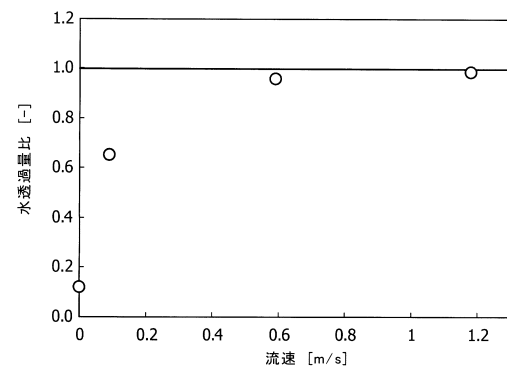
【図 6】



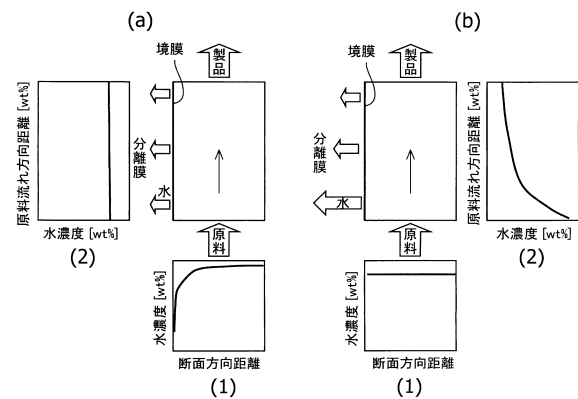
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (74)代理人 100125036
弁理士 深川 英里
- (74)代理人 100142996
弁理士 森本 聡二
- (74)代理人 100154298
弁理士 角田 恭子
- (74)代理人 100162330
弁理士 広瀬 幹規
- (72)発明者 立花 晋也
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 田中 幸男
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 大空 弘幸
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 平山 晴章
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 團野 克也

- (56)参考文献 特開昭61-149206(JP,A)
特開平08-229365(JP,A)
国際公開第2009/084521(WO,A1)
特開2008-253982(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
IPC B01D53/22, 61/00-71/82,
C02F1/44
DB Thomson Innovation