

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-167339

(P2010-167339A)

(43) 公開日 平成22年8月5日(2010.8.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
BO1D 53/26 (2006.01)	BO1D 53/26 Z	4D006
BO1D 53/22 (2006.01)	BO1D 53/22	4D052
BO1D 63/08 (2006.01)	BO1D 63/08	
BO1D 71/10 (2006.01)	BO1D 71/10	
BO1D 69/12 (2006.01)	BO1D 53/26 1O1Z	

審査請求 未請求 請求項の数 4 OL (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-10449 (P2009-10449)
 (22) 出願日 平成21年1月21日 (2009.1.21)

(71) 出願人 501367200
 真鍋 征一
 福岡県北九州市若松区二島1丁目2-26-801
 (71) 出願人 500553372
 株式会社クロサキ
 福岡県北九州市八幡西区築地町2番1号
 (72) 発明者 真鍋征一
 北九州市若松区二島一丁目2-26-801
 (72) 発明者 安田善一
 北九州市八幡西区築地町2番1号

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気体中の水分除去装置および水分除去方法

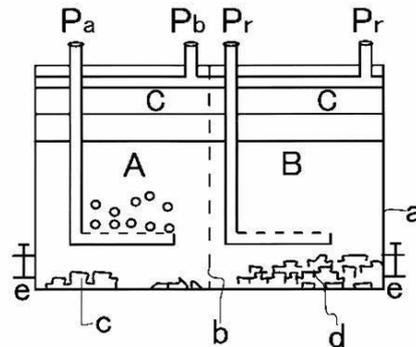
(57) 【要約】

【課題】

- (1) 目的とする空間中の水分率の制御を熱エネルギーを使うことなく実施しつつ水分を除去する,
- (2) 気体状態の水分子は潜熱エネルギーを持つがこれを顕熱エネルギーとして回収する,
- (3) 水分の除去速度と除去後の水分率の到達可能域を大気中の水分率での制限を緩和しかつ(4) 水分を除去すべき空間部が大気に隣接していない位量の場合でも適用される気体中からの水分除去方法を提供する, ことを課題とした。

【解決方法】

高湿で湿った気体より水分を除去する装置において、筒状の多孔性平膜モジュールの内部に湿った高温の気体(気体A)を流す回路を有し、該筒状平膜の外側を該気体より絶対湿度の低い気体(気体B)を流す回路を形成する二重筒で構成された装置で、多孔性の平膜は2種以上の親水性高分子材料で構成されていることを特徴とする装置であり水分の平膜透過機構が拡散の寄与が中心であることを特徴とする水分除去方法。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高温で湿った気体より水分を除去する装置において筒状の多孔性平膜モジュールの内部に湿った高温の気体（これを気体 A と略称）を流す回路を有し該筒状平膜の外側を該気体より絶対湿度の低い気体（これを気体 B と略称）を流す回路を形成する二重筒で構成された装置で多孔性の平膜は 2 種以上の親水性高分子の材料で構成されていることを特徴とする装置であり水分の膜透過機構において拡散の寄与が中心であることを特徴とする水分除去方法。

【請求項 2】

請求項 1 において平膜の平均孔径は 300 nm 以下で 5 nm 以上で空孔率は 30% 以上であり、気体 B 側の膜面の平均孔径が湿った高温の気体 A に接する膜表面の平均孔径より大きく、親水性高分子材料として再生セルロースで、再生セルロース不織布と再生セルロース多孔膜との複合体であることを特徴とする装置であり、気体 B 側の圧力が湿った高温の気体 A の圧力より大きく圧力を設定することを特徴とする水分除去方法。

10

【請求項 3】

請求項 2 において再生セルロース多孔膜として膜厚が 100 μm 以上であり、膜構造として多層構造膜であることが特徴である水分除去装置および水分除去方法。

【請求項 4】

請求項 3 において平膜での拡散機構での水分除去後の気体 A および膜による水分移動前の気体 B を乾燥剤で吸着処理することを特徴とする水分除去方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は湿った高温気体（この気体を気体 A と略称）中に含まれる水分を膜を利用して除去し、かつ水蒸気の持つ蒸発潜熱を顕熱の形で回収する方法および該方法を適用した装置に関する。より詳しくは連結可能な多重円筒状の形状を持つ装置を用いて水分濃度の勾配に沿った水分子の拡散機構を利用した物質輸送と吸着熱を利用した潜熱回収の方法に関する。

【背景技術】

【0002】

産業界での乾燥工程、家庭での洗濯後の乾燥は製品としてあるいは生活用品の使用可能状態にするのに不可欠な工程である。生活空間での快適性を維持するのにビルの空調での調湿、閉空間での除湿など気体中での水分除去は不可欠な要求である。また機器、機械類の保持管理上、空気中の水分が液体の水に液化して錆発生の原因となるので気体中の水分を除去して露点を低く維持することが必要である。気体中からの水分除去の方法として、気体の露点以下に温度を下げ水蒸気を液体の水として系外へ除去する方法が一般的である。除去後の気体を再び加熱することにより、結果的に気体中の水分のみを除去したことになる。この方法では冷却用と加熱用との両者の機能を持つ装置が必要であり、この方法での除湿は閉空間用に適する。

30

【0003】

小規模での水分除去方法として乾燥剤を利用する方法がある。吸湿剤として再生利用が可能なシリカゲルや塩化カルシウムなどの固体乾燥剤あるいは活性炭などで調湿することが可能である。乾燥剤を用いれば小規模で閉鎖系で空気中の湿度を 0% まで低下させることは可能であり、特別な装置を必要としない簡便な除湿方法である。ただし蒸発潜熱はほとんど回収されないし、また乾燥剤の再生には熱エネルギーが必要である。

40

【0004】

従来より提案された高分子膜を利用した水分の除去は膜を介した水分子の溶解拡散機構を利用している。（特許文献 1）除去対象の気体中の水分子は膜に溶解し、膜を構成する高分子素材の自由体積を利用して水分子は拡散する。膜への溶解度はヘンリー則に従うと考えられており、気体中の水分子の場合には水蒸気圧が膜への溶解をもたらす駆動力で

50

ある。水分子の膜中での拡散の見掛けの活性化エネルギーは 15 Kcal/mole 以上である。拡散係数は $10^{-10} \sim 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$ と小さく、そのため水分除去の工業的規模での適用に際しては大きな膜間差圧と膜面積とを必要とする。この方法は気体を構成するすべての成分分子に対しても適用されるのでこれからの分子に対して開放系といえる。そのためこの方法での水分移動では気体 A の持つ熱エネルギーを系外へ消失する。

【0005】

平均孔径が 10 nm 以上で空孔率が 30% 以上の高分子多孔膜の素材を親水性高分子で作製し、これでシート状物を作製する。このシート状物の片側に気体 A を流し、もう一方の側の側に気体 A よりも絶対湿度が低い気体あるいは大気（この気体を気体 B と略称）を流して気体 A 中の水分を気体 B 中へ輸送させる方法が提案された（特許文献 2）。すなわち気体 A と気体 B との流動量の和、シート状物に負荷される膜間差圧、シート状物の厚さ、シート状物の平均孔径と空孔率、シート状物の面積の 6 種の特性値間で一定の条件を満足させれば、気体 A より水分を除去し、しかも気体 A の持つエンタルピーの消失を極小化できる。この技術はシート状物を介して気体 A あるいは気体 B の体積の流れ（バルク流れ）の速度が気体 A と気体 B との流れ速度の和の一定比率以下でなくてはならないことを指摘している。

10

【0006】

特許文献 2 の技術を実際に工業的規模で実施した場合に膜を介した水分の移動の律速は気体 B 側の膜面での水分子の蒸発速度にあることが明らかとなった。水分の蒸発速度を高めるための工夫が特許文献 3 に与えられた。すなわち特許文献 2 の問題点を解消する技術として気体 B に接する膜面に凹凸の激しい構造体を配することにより水分の膜移動速度が上昇し、蒸発潜熱の一部が回収された。膜の孔特性を設計し、気体中の成分分子にとっては膜を介しての出入は自由（拡散、対流等の出入）で、特定された大きさ以上の微生物や微粒子に対しては膜を介した移動は不可能である閉鎖系が完成する。しかしこの技術では（イ）気体 B としては常に大気でありこの空気が自然の流れにまかせられそのため水分の移動速度の制御が出来なく、しかも大気の影響も強く受ける。すなわち膜を介した水分の移動速度は時間差、日差、季節差が生じ、回収される気体 A 中の水分濃度は制御されていない。（ロ）気体 B の体積が気体 A の体積より大きく設計しなくてはならないため本技術を実現させた装置として大型化され、かつ大気に接する膜面積が大きくなり装置形状が制限される。（ハ）膜の裏面（気体 B に接する側の膜面）の構造が複雑なため膜モジュールの作製が困難である。（ニ）湿熱空気の持つ顕熱エネルギー（温度、圧力や運動エネルギーの形での流体としての速度など）は利用されていない、等の問題点を持つ。

20

30

【0007】

扇の開閉の頻度が少なく空気の流れのない室内においても大気温度の日間変動に伴って室内の相対湿度が高まり、露点以下となり水滴が生じる場合もある。電源ボックス内、変電室内、あるいは山間部での電源関連施設内での水滴の発生は絶縁性の低下など電気的トラブルの原因ともなり得る。水滴発生の防止策として高温の発熱体を設置する。一時的な対策としてこの方法は効果を発揮するが大気の流れのない空間内では絶対湿度は高まっており、空間温度の低下に伴って水滴が生じる。この水滴発生を防止の基本策は水分を室内から外気へ移動させることである。密閉に近い状態にある空間部内での水分除去は遠隔地にある無人の施設にとっては重要な技術課題であるが現在まで有効な解決手段はない。

40

【0008】

【特許文献 1】特開 昭 54 - 152679 号

【特許文献 2】特公 平 4 - 13006 号

【特許文献 3】特公 第 3891808

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明では膜を介した水分の時間内の移動量（移動速度）の制御が可能な装置でか

50

つ下記の課題を解決しようとする。すなわち(1)気体A中の水分を熱エネルギーを使うことなく除去し、(2)気体Aの水蒸気が持つ潜熱エネルギーを顕熱エネルギーの形で回収し、(3)気体Aおよび気体B中の成分分子(酸素、窒素、炭酸ガス、水)に対しては膜を介して移動が可能な開空間であるが気体中に分散する粒子(ウイルス、細菌、マイコプラズマ等の感染性微粒子やナノ微粒子)に対しては気体Aと気体B間での相互の移動ができない閉空間をつくり、(4)利用とする膜として作製の容易な構造体であるという4種の課題である。

【0010】

気体(本発明では気体A)中の水分を熱エネルギーを使うことなく系外へ除去する方法として吸着剤(吸湿剤も含む)による方法と膜を介した除去とがある。吸着剤を用いる場合には閉空間内の水分除去には適するが水分を吸着した吸着剤より水分を除去するのに熱エネルギーを要するために吸着剤を繰り返し使用を前提とする限り結果的には熱エネルギーを使うことになる。一方、膜を介して水分を除去する技術では水分移動の駆動力として圧力差が利用される。この場合には膜の平均孔径が大きくなると圧力差によって発生する膜濾過によって水分を系外へ移動されることになる。膜濾過での水分子の系外への移動は同時に気体中の他の成分分子(酸素や窒素など)も系外へ流出される。大気成分分子の流出は気体の持つ熱エネルギーの流失になる。そのため膜濾過機構による物質輸送の寄与を可能な限り少なくする必要がある。

10

【0011】

膜の平均孔径を5nm以下にすることにより、膜中での水分子を溶解拡散機構にもとづく輸送が期待できる。この方法では水分子のみを系外へ除去することも、膜素材の選択により可能となるが物質移動速度の絶対値が小さすぎるため工業的には利用できない。溶解拡散機構にもとづく水分の膜除去技術では、水分子の透過の選択性を高め、しかも水分子の膜移動速度を高める新しい膜透過機構を加える必要がある。

20

【0012】

気体中(本発明では気体A中)の水分子の持つ潜熱エネルギーとは液体状態にある水分子が蒸発して気体の水分子(水蒸気)に変化するのに際し、蒸発熱を得て気相の水分子となる。したがって気相の水分子は液相の水分子に比較して蒸発熱の分だけエンタルピーは増加している。この増加分が潜熱エネルギーである。潜熱エネルギーを顕熱エネルギーとして変換し、これを回収するには再び相変化を起こさせ、そこで発生するエネルギーを温度上昇の形で顕熱エネルギーとする必要がある。この顕熱エネルギーを気体A中に蓄える方法を検討する必要がある。

30

【0013】

気体中の成分分子(酸素や窒素で水分子以外の成分)に対しては開空間で、気体中に分散する微粒子(感染性の微生物あるいはナノサイズの無機粒子で水の微粒子を除く)に対しては閉空間にするためには両空間を隔てる膜に特別な孔構造を持たせるか、あるいは物質を移動させるための駆動力に特種な工夫がある。特別な孔構造としては孔径分布が非常に鋭いかあるいは層状構造で表現される多層構造膜のいずれかが物質(微粒子)の除去の点では最適と考えられる。ここで多層構造膜とは、膜の縦断面を透過型電子顕微鏡で観察した際、厚さ約0.2 μ mの薄膜の積層構造が観察される膜である。この薄膜の積層数が20以上である膜を多層構造膜と定義される。水に対して特別な性質を持たせるには膜を構成する素材も特定しなくてはならない。

40

【0014】

膜を介しての水分子の除去速度を高めるには特許文献3に述べるように膜の裏面側に特別な構造体を持たせる必要性が明らかにされている。このように膜の構造体としての最適設計の他に膜の裏面での水の蒸発速度を高める必要がある。水の蒸発速度を高めるには膜表面で生じる境界膜の厚みを薄くし、外部からの熱エネルギーの供給速度が高まれば膜を介した熱エネルギーの消失を極小化することも可能であろう。この種の工夫については現在まで具体的な提案はない。

【0015】

50

膜を介した水分の移動速度を制御できれば気体 A 中の水分濃度（したがって湿度）を制御することが可能となる。膜を介した水分の移動の機構が明らかになれば原理的には水分の移動速度を制御できる。例えば水分移動が膜内部での拡散機構のみでなされる場合には水分の移動速度は利用した膜の特性 P_m と膜の表面での水分濃度差 C と気体 A および気体 B の温度の平均 $T_{a,v}$ を用いて (1) 式で表現される。

$$\text{水分の移動速度} = P_m \cdot C \cdot T_{a,v} \quad (1)$$

P_m は膜面積 A と膜の水分拡散係数 D と膜厚 d を用いると

$$P_m = D \cdot (A / d) \quad (2)$$

(1) で表現される水分の移動速度を実際実現するための膜のモジュール化と水分除去のための回路を含めた装置化とか重要であるが現在までにそのような提案は見当たらない。

10

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明では乾燥機より出てくる湿度（絶対湿度）が高い気体（気体 A）より水分を制御された速度で除去し、気体 A の温度をほとんど低下させない気体 A として乾燥機の出口からの気体、電源室内の気体、動物舎の気体、密閉された室内（ビルの室内）の気体、乗物内の気体、溶室内の気体、台所内の気体などである。気体 A に接する気体 B の流速は制御されていることが本発明方法の第 1 の特徴である。

【0017】

本発明方法の第 1 の特徴を実現する膜モジュールは平膜モジュールの内部に気体 A を流す回路を有し、さらに平膜は筒状に設置されその外側を気体 B を流す回路を形成する二重筒で構成する特徴を持つ。二重筒のためこの平膜モジュールを直列に連結することが可能となり、外気に接していない空間についても水分除去が可能となる。二重筒の内筒（この内筒を平膜が構成している）を回転させる機構を取り入れるとさらに安定に水分除去が可能となる。二重筒にすることにより顕熱として大気中に消失するエネルギーを小さくできる。

20

【0018】

本発明方法の第 2 の特徴は膜を介した水分の輸送機構として孔拡散、表面拡散、および溶解拡散の 3 種の拡散機構を利用する点にある。本発明ではさらに濾過機構を加えてエネルギーの回収率を高めることも可能である。たとえば気体 B 側の圧力が気体 A 側の圧力よりわずかに高め気体 B の一部が気体 A に混入させる。顕熱として膜の気体 A に接する裏面の温度が上昇し、この顕熱を気体 B の加熱に効率的に利用できる。

30

【0019】

孔拡散とは膜の孔中での水分子の拡散で、その拡散係数はほぼ分子量の 1 / 2 乗に反比例する。孔拡散は膜の平均孔径が約 100 nm 以下で 40 nm がかつ気体の圧力が低いほど起りやすい。表面拡散は膜中の孔壁表面に水分子が吸着し、吸着後の水分子が二次元的液体面を形成し、この液体面での拡散を意味し、平均孔径が 5 ~ 80 nm の膜で起りやすい。溶解拡散は多孔膜を形成する素材高分子に水分子が溶解し、溶解した水分子の素材高分子実体内部での拡散を意味する。孔拡散による水分子の移動速度は空孔率に比例し、表面拡散による水分子の移動速度は単位膜面積当りの孔数および平均孔径に比例し、溶解拡散による水分子の移動速度は (1 - 空孔率) に比例する。これらの拡散により水分子の膜中での拡散速度が早くなる。拡散機構を利用することにより気体中の水分を熱エネルギーを使うことなく水分子を除去できる。

40

【0020】

本発明では気体 B から気体 A 中への物質移動を圧力差を駆動力として起こさせることが特徴となる。この濾過による物質移動は膜表面で起る吸着熱の発生を効率良く気体 A の顕熱エネルギーとして回収するのに利用する。濾過による物質移動速度は拡散による水分子の移動速度に匹敵する程度に設定する。両者の物質移動の方向は逆である。濾過による移動速度は膜間差圧 P に比例する。この際の P は気体 B の圧力と気体 A の圧力の差である。

【0021】

50

拡散機構にもとづく膜中での物質移動は濾過機構に比較して（イ）微粒子による孔の目詰まりがない，（ロ）微粒子の除去性能が大，（ハ）物質移動に必要なエネルギーを加える必要がない（すなわち水分の除去に必要なエネルギーが極小化できる）等の特徴を持つが、一方では物質移動速度が小さい問題点を持つ。本発明で利用される膜中での水分移動の機構は拡散であるため、水分除去に限れば原理上 P の負の値は不要である。

【0022】

本発明方法の第2の特徴を生かす装置としては平膜の膜面積を大きくするブリーツ型で、しかも拡散のために P に耐える支持体を必要としない膜モジュールである。気体 A および気体 B の流れに伴う圧力損失を少なくする膜モジュールが望ましい。平膜円筒モジュールの内筒には6～12角形の星型に折りたたまれた平膜が設置されている。内筒部分に風車の機構を持つ羽根を加えることにより気体 A の流れの力で内筒を回転させることも可能である。

10

【0023】

本発明方法および装置の第3の特徴は、膜として親水性多孔性平膜を用いる点にある。親水性とは溶解度パラメータの水素結合の成分量が $8 \text{ (cal}^{1/2} \text{cm}^{-3/2})$ 以上である物質を意味する。例えばセルロース（再生セルロースを含む）、ポリビニールアルコールなどである。多孔性とは空孔率が30%以上で膜の表裏面を電子顕微鏡で観察した場合に5nm以上の孔の存在が認められる膜である。平膜と膜厚10 μm ～1mmで膜平面として幅1cm以上でかつ長さ1cm以上の大きさを持つ膜で形態的に平面状の膜を意味する。平均孔径を異にする平膜や不織布等の2種以上の組み合わせで構成される2種以上の組み合わせにより膜間差圧の負荷も可能となり、さらに微粒子に対する閉空間の完全度が高まる。

20

【0024】

親水性膜は空気中の水分を吸着し吸着熱を発生する。吸着によって空気中の水分濃度は低下し同時に吸着熱によって空気の温度および膜表面の温度が上昇する。すなわち潜熱を顕熱に変えるのが吸着である。水分の吸着性能は膜の素材を水分子との間の親和力の結果でもある。製膜の容易さと親水性の強さから再生セルロースが特に望ましい。セルロースの場合、相対湿度が60%の気体に対してセルロース1kg当り約300kJの微分吸着熱が発生する。

【0025】

平膜の平均孔径は300nm以下で5nm以上で空孔率は30%以上であり、気体 B 側の膜面の平均孔径（電子顕微鏡観察で決定）が湿った高温の気体 A に接する膜表面の平均孔径より大きく、親水性高分子の材料として再生セルロースでかつ再生セルロース不織布と再生セルロース多孔膜との複合体であることが膜間差圧を負荷する場合には膜の変形を防ぎかつ微粒子除去性を高めるのに好ましい。

30

【0026】

平膜として再生セルロース多孔膜を用いると結晶化度は30%以下となり親水性がより高まる。また膜厚を100 μm 以上にするにより平均孔径を異にする2種の膜を重ね合わせることが容易となる。また多孔膜の孔構造としては多層構造膜にすることにより、孔の目詰りに対する水分の輸送速度の低下の程度を緩和されるし、また平膜の微粒子除去性能を高める。ここで多層構造膜とは膜の断面を透過型電子顕微鏡で観察した際に幅約0.2 μm の筋状物が膜表面に沿って存在することによって確認できる膜である。この筋が膜厚方向で20本以上観察される膜を多層構造膜と定義する。

40

【0027】

二重筒で構成させた装置で膜間での圧力勾配をわずかに加え平膜の表裏面に強制的に気体 A と気体 B とを流すことによって回収される気体 A 中の水分濃度を制御することが可能となる。ただし制御される水分濃度としては、気体 B として大気を利用すると大気中の水分濃度以下にすることは不可能である。この欠点をなくするには水分除去の気体 A および膜による水分移動前の気体 B を乾燥剤で吸着処理すれば良い。

【0028】

50

吸着処理の方法として例えば金属塩の飽和水溶液が利用できる。飽和状態にある水溶液の気相内の水蒸気圧は一定に保持される。利用できる塩の種類としては目標とする気体 A 中の水分濃度によって定められる。例えば塩化カルシウムの 6 水塩の飽和水溶液では 25 ではその水溶液からの水蒸気圧で達成される相対湿度は 29% である。もし気体 A に接する側に塩化カルシウムの 6 水塩の飽和水溶液であれば気体 A の湿度を 25 での相対湿度 29% に到達できる。

【発明の効果】

【0029】

本発明方法および装置によって(1)極小化されたエネルギーを用いて除湿が可能となり乾燥空気のリサイクルと回収された気体中の水分濃度と水分除去速度を制御することが可能となり、(2)蒸発潜熱を顕熱としてエネルギー回収が可能となり、(3)大気に平膜が直接接する必要がなくなり、(4)気体 A 中の水分濃度を大幅に低下でき、(5)除湿工程の小型軽量化が達成され、(6)大気中の炭素ガス、酸素、窒素に対しては充分な換気が自然になされ、ウイルスや細菌等の感染性微粒子に対しては隔離状態となる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

酢酸セルロース(酢酸の置換度 2.4)をアセトンに溶解後、公知の方法でマイクロ相分離を起こし、多孔性平膜を作製する。この多孔性平膜は多層構造で構成される。平膜の平均孔径はレトロウイルスやマイコプラズマの移動を防止する目的で 80 nm に設定し、空孔率は 80% に膜厚を 400 μm とする。図 1 に示す二重円筒のモジュールの内筒部分を該平膜 2 を多重に折りまげて装着する。この際平膜の内側を再生セルロース不織布で重ね合わせて装置すると膜としての力学的強度を増すことができる。平膜はモジュールの両端に包埋剤 8 で埋込まれ円筒状平膜の内部 11 には気体 A の流れ 6 用の空間部が確保されている。包埋剤 8 によって内筒の円形状枠 7 も平膜と同時に埋め込まれている。

20

【0031】

図 1 の内筒は図 2 の円筒状外筒に固定される。図 2 には外筒の横断面図と外筒の下側より観察した正面図を示す。円筒の筒面 1 の両端にはつば状のひざし 10 と 10' とを持つ。10 および 10' は複数の外筒を連結するために締め付け具 4 と共に必要である。締め付け具 4 によって複数の外筒は連結されるが 10 と 10' との間にはパッキング用リング 3 を挿入し、円形状枠 7 と 7' 間には変形可能なゴムあるいはスポンジのパッキングを挿入する。つば状物質 10' のより内筒側には気体 B の流路 13 の連結のために空間部 9 が確保されている。図 3 に 2 台の二重内筒装置を直列に連結した部分の断面図を示す。

30

【0032】

気体 A を流路 12 を通し内筒内の空間部 11 を流入させ平膜 2 の膜表面に接触させる。気体 B を流路 13 を通して平膜 2 の膜裏面に接触させる。この際気体 B の圧力は気体 A よりわずかに大きくする。この膜間差圧 P としては(1)式を満足させる。

$$P = 1 \times 10^{-4} J_A \cdot d / (P_r \cdot r_f^2 \cdot A) \quad (1)$$

ここで P の単位は mmHg, J_A は気体 A の流速 (ml/min), d は平膜の厚さ (cm), P_r は空孔率 (%), A は平膜の有効濾過面積 (cm²) である。 r_f は平膜の孔半径 (平均) である。

40

【0033】

気体 A 中の水分を最終的に 25 の相対湿度で 30% にしたい場合には図 4 の装置を用いる。水槽 a の内部が多孔膜 b で 2 槽 A, B とに仕切られる。多層膜 b の平均孔径は 80 nm でレトロウイルス, マイコプラズマ, 細菌は該膜を通過できないが水や溶解した金属塩類は自由に通過できる。水槽 a 中に水をいれ $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ を過剰にそそぎ水溶液を飽和状態に保つ。気体 A はパイプ Pa を通して飽和水液中で泡を発生させ、再びこの泡より気体 A を回収し、Pb より気体 A を流出させる。Pb より流出される気体 A 中の相対湿度 (25 精算) は約 30% である。気体 A 中の水分は槽 A 側の水として回収され、この水分の増加量が濾過と拡散機構との両者により槽 B 側へ移動する。大気中の湿度が

50

槽 B 中の飽和水溶液の蒸気圧より低ければ大気をパイプ P r を通して起こさせ水分を大気中に放出する。逆に大気中の湿度が高い場合には槽 a は水分の貯蔵をする。

【実施例 1】

【0034】

公知の方法（上出、真鍋、松井、坂本、梶田、高分子論文集、34巻、205頁（1977）で酢酸セルロース（平均置換度 2.40，平均重合度 205）の多孔膜をポリエステル不織布と再生セルロース不織布上に作製したこの膜を 0.1 規定の苛性ソーダ水溶液（25）中に浸漬し、ケン化反応を行い再生セルロースの多孔性で多層構造膜を作製した。水の濾過速度法で決定した平均孔径は 80 nm、空孔率 85%、不織布部分を除去した多孔膜部分の膜厚 400 μm の孔特性を持つ乾燥した膜を作製した。乾燥法はアセトン / 水系の溶媒置換法であった。

10

【0035】

図 1 に示す内筒を 8 角の星型に膜を折り込み、内筒の星の角部分の直径を 8 cm にして有効膜面積を 0.10 m² とした内筒の長さは 30 cm であった。膜の両端を円筒状枠と共にウレタン樹脂で包埋した。ただし円筒の全体の形の維持のための枠（図 1 の 7, 7' と 6）をアルミニウムの作製し、この枠の両端 7, 7' をウレタン樹脂内に同時に包埋された。この内筒を 10 個をポリ塩化ビニールで作製した外筒（図 2）10 個によって図 3 に示すパッキング 3, 5 を用いて直列に連結する。外筒の連結部を締め付け金具によって固定する。外筒間のパッキングのためには耐熱性を持つ O リングを用い内筒間のパッキングには耐熱性を持つスポンジ状の素材（例、発泡状のポリウレタン）が適する。

20

【0036】

気体 A として温度 80 における相対湿度 80% の気体を大気圧より 0.2 気圧高い圧力（絶対値としての圧力は 1.2 気圧）で加圧状態で内筒内を 20 リットル / 分で流した。気体 B として大気の温度 15 で相対湿度 30% でこの気体 B を外筒内を 80 リットル / 分で流した圧力は 0.05 気圧であった。装置の出口での気圧 A は温度 75 で 30% となり湿度としては半分以下となった。したがって本装置の水分除去速度は 3.5 g / 分であった。

【0037】

図 4 の装置に CaCl₂ · 6H₂O を飽和状態の水溶液の状態と溶解された。図中の A 側のパイプ P a を通して除湿後の気体 A を泡状で通過させた後の気体 A は温度 76 で相対湿度 20% であった。結果的には水分除去速度は 6.1 g / 分であった。気体 A の湿度を低く下げ、しかも気体 B の湿度に左右されないで目的とする湿度と設定可能である。図 4 に用いる膜 b の平均孔径を 20 nm にすると気体 A は気体 B あるいは大気に対して微生物の隔離された状態が維持できる。

30

【産業上の利用可能性】

【0038】

一般的な産業において乾燥工程を必要とする分野すべてに適用できる。乾燥に必要なエネルギーコストを本技術によって低下させることも可能である。しかも得られた気体の湿度が制御できるようになるので室内における住空間の快適性設計に利用できる。その他病院などでの感染源の隔離、動物実験施設、家庭のバスルームや乾燥機に設置される。

40

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図 1】本発明の 2 重円筒形状を持つ一単位装置の内部を構成する内筒の外観図

【図 2】外筒の断面図（上）と下部から観めた本装置の概略図

【図 3】本発明装置（単位）を 2 個連結した際の断面図

【図 4】気体 A の湿度を一定にするための付属装置

【符号の説明】

【0040】

1：外筒：両末端につば状のリムを有する

2：平膜

3：複数の装置を連結する際の外筒間を密閉に連結するためのパッキング

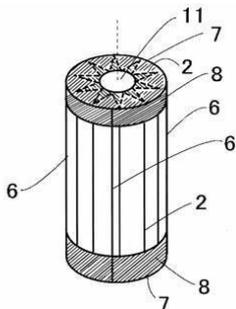
50

- 4 : 外筒間を連結するための締め付け具
 5 : 内筒間を連結する際に気体 A と気体 B との混合を防止するためのスポンジ状パッキング
- 6 : 内筒の円形状枠を支える支持棒
 7 , 7' : 円筒を形成する円形状枠
 8 : 平膜と外枠 (6 , 7 , 7') とを埋め込むための包埋剤 (ウレタン樹脂など)
 9 : 気体 B の流路連結用の空間部
 10 : 外筒の出口部ある締め付け用のツバ状のリム
 10' : 外筒の出口部にある締め付け用のツバで 10 よりも内部のツバの幅が広い
 11 : 内筒の内部の気体 A の流路
 12 : 気体 A の流れの方向
 13 : 気体 B の流れの方向
 a : 樹脂製の水槽で、A、B の 2 室に区切られている
 b : A、B 室に隔離するための平膜でイオンと水とは膜の出入可能であるが微粒子の出入は不能、ポリエステル不織布を基布として、平均孔径 300 nm の酢酸セルロース多孔性膜
 c : A 室側の底部に存在する未溶解の金属塩
 d : B 室内の底部に残留する金属塩
 e : A、B 室中の液体の流出入口
 A : 気体 A 側に連結する室
 B : 気体 B 側に連結する室
 C : 不織布と平膜とで構成する水粒子および金属塩の微粒子の分離層
 Pa : 気体 A が流入するパイプで底部が気泡発生用小孔を持つ
 Pb : 気体 A の流出口
 Pr : 気体 B または大気の流出入口

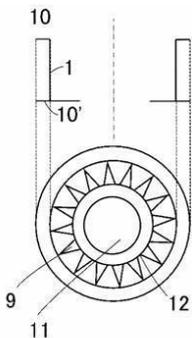
10

20

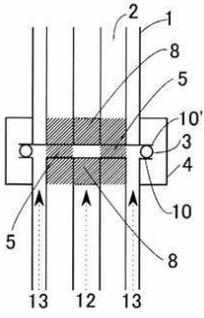
【 図 1 】



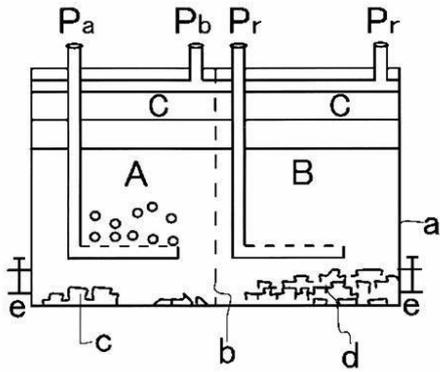
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

B 0 1 D 69/12

Fターム(参考) 4D006 GA41 HA41 HA74 KB12 MA03 MA09 MA22 MA24 MA25 MA31
MB09 MC12 MC18X MC33 PA01 PB17 PB65 PC72
4D052 AA08 AA10 CF01 EA02 GA04 GB13 GB14 HA12 HB01

【要約の続き】

【選択図】 図4