

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4445862号
(P4445862)

(45) 発行日 平成22年4月7日(2010.4.7)

(24) 登録日 平成22年1月22日(2010.1.22)

(51) Int. Cl.		F I	
BO1D 63/02	(2006.01)	BO1D 63/02	Z A B
BO1D 63/04	(2006.01)	BO1D 63/04	
CO2F 1/44	(2006.01)	CO2F 1/44	A

請求項の数 9 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2004-539556 (P2004-539556)	(73) 特許権者	000006035
(86) (22) 出願日	平成15年9月26日 (2003. 9. 26)		三菱レイヨン株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2003/012335		東京都港区港南一丁目6番4 1号
(87) 国際公開番号	W02004/028672	(74) 代理人	100064908
(87) 国際公開日	平成16年4月8日 (2004. 4. 8)		弁理士 志賀 正武
審査請求日	平成18年9月25日 (2006. 9. 25)	(74) 代理人	100108578
(31) 優先権主張番号	特願2002-283715 (P2002-283715)		弁理士 高橋 詔男
(32) 優先日	平成14年9月27日 (2002. 9. 27)	(74) 代理人	100089037
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 渡邊 隆
		(74) 代理人	100101465
			弁理士 青山 正和
		(74) 代理人	100094400
			弁理士 鈴木 三義
		(74) 代理人	100107836
			弁理士 西 和哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中空糸膜モジュール、中空糸膜モジュールユニット及びこれを用いた膜濾過装置と、その運転方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のシート状中空糸膜(1)と、
 該複数のシート状中空糸膜(1)を、その端部の少なくとも一方を開口状態に保持したまま、概略平行に固定する固定部材(2)とを備え、
 該固定部材(2)の中空糸膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、該固定部材(2)の中空糸膜が開口する側の端面形状が概略円形である中空糸膜モジュールであって、
 該固定部材(2)は、中空糸膜が露出する側に、形状が概略直方体である直方体部(3)と、中空糸膜が開口する側に、形状が概略円筒である円筒部(4)とを有し、
 該直方体部(3)の、中空糸膜が露出する端面の長辺部の長さをW(mm)とし、該円筒部(4)の直径をD(mm)としたとき、次式を満足する中空糸膜モジュール。

$$1.0 \leq W/D \leq 2.0$$

【請求項 2】

前記円筒部(4)の直径をD(mm)、長さをL(mm)としたとき、以下の式を満足する請求項1に記載の中空糸膜モジュール。

$$0.2 \leq L/D \leq 1.0$$

【請求項 3】

請求項1又は2に記載の中空糸膜モジュールが複数個配置されてなると共に、シート状中空糸膜(1)のシート面に垂直な側面に、前記円筒部(4)が貫通する穴を有する板状

部材(5)を設け、該板状部材(5)により中空系膜モジュールが位置固定されてなる中空系膜モジュールユニット。

【請求項4】

前記円筒部(4)と、これに係合する集水キャップ(6)とで、前記板状部材(5)を挟み込んで固定してなる請求項3に記載の中空系膜モジュールユニット。

【請求項5】

前記円筒部(4)と、前記集水キャップ(6)とが、ねじ係合により固定されてなる請求項4に記載の中空系膜モジュールユニット。

【請求項6】

請求項4に記載の中空系膜モジュールユニットが複数個、鉛直方向に重ねて配置されると共に、

前記シート状中空系膜(1)のシート面が鉛直方向となるように配置され、

かつ鉛直方向に隣接する前記集水キャップ(6)同士が、鉛直方向に伸びる集水部材(7)によって連結され、

前記シート状中空系膜(1)のシート面に平行な側面に、サイドフレーム(21)が配置されてなる中空系膜モジュールユニット。

【請求項7】

鉛直方向に隣接する中空系膜モジュールのシート状中空系膜(1)同士の鉛直方向の間隔が、70mm以下である請求項6に記載の中空系膜モジュールユニット。

【請求項8】

膜モジュールユニットを水槽内に配置した膜濾過装置であって、

該膜モジュールユニットは、複数の中空系膜モジュールからなり、

該中空系膜モジュールは、複数のシート状中空系膜(1)と、該複数のシート状中空系膜(1)を、その端部の少なくとも一方を開口状態に保持したまま、概略平行に固定する固定部材(2)とを備え、該固定部材(2)が、中空系膜が露出する側に、形状が概略直方体である直方体部(3)と、中空系膜が開口する側に、形状が概略円筒である円筒部(4)とを有する中空系膜モジュールからなり、

該直方体部(3)の、中空系膜が露出する端面の長辺部の長さを W (mm)、該円筒部(4)の直径を D (mm)としたとき、次式を満足し、

$$1.0 \leq W/D \leq 2.0$$

該膜モジュールユニットの膜面積を S (m^2)、該膜モジュールユニットの投影面積を A (m^2)、該膜モジュールユニットの容積を V' (m^3)、該水槽の容積を V (m^3)としたとき、以下の3つの関係式を満足する膜濾過装置。

$$1000 \leq S/A \leq 2000 \quad \dots \text{式(1)}$$

$$500 \leq S/V' \leq 800 \quad \dots \text{式(2)}$$

$$0.70 \leq V'/V \leq 0.99 \quad \dots \text{式(3)}$$

【請求項9】

膜モジュールユニットを水槽内に配置した膜濾過装置の運転方法であって、

該膜モジュールユニットを複数の中空系膜モジュールで構成し、

該中空系膜モジュールを、複数のシート状中空系膜(1)が、その端部の少なくとも一方が開口状態を保持したまま、固定部材(2)により概略平行に固定されると共に、該固定部材(2)が、中空系膜が露出する側に、形状が概略直方体である直方体部(3)と、中空系膜が開口する側に、形状が概略円筒である円筒部(4)とを有する中空系膜モジュールからなるように構成し、

前記直方体部(3)の、中空系膜が露出する端面の長辺部の長さ W (mm)、前記円筒部(4)の直径 D (mm)が次式を満足しており、

$$1.0 \leq W/D \leq 2.0$$

該膜モジュールユニットの膜面積を S (m^2)、濾過流束を J (m/d)、濾過時間を T (h)、排水サイクル数を N (回)、排水量を D (m^3)、逆洗流束を J' (m/d)、逆洗時間を T' (h)としたとき、以下の関係式を満足する膜面積 S 、濾過流束 J 、濾

10

20

30

40

50

過時間 T , 排水サイクル数 N , 排水量 D , 逆洗流束 J' , 逆洗時間 T' を設定して前記膜濾過装置を運転する膜濾過装置の運転方法。

$$N = 22.8 D / \{ S (0.05 J T - J' T') \} \dots \dots \text{式 (4)}$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、上水の浄化、下排水の浄化、工業プロセス等に用いられる中空系膜モジュール、中空系膜モジュールユニット、膜濾過装置（膜濾過システム）及びその運転方法に関するものである。

【背景技術】

10

【0002】

膜モジュールを用いた水の濾過は、分離性能に優れ、コンパクトな装置構成で大量かつ連続的な処理ができることから、様々な用途で行われている。

膜モジュールには、精密濾過モジュールや限外濾過モジュール、逆浸透モジュールなどがあり、分離対象物質に合わせ適宜選定され使用されている。例えば、精密濾過モジュールは、 $10 \mu\text{m}$ 以下、特に $1 \mu\text{m}$ 以下の微粒子や微生物を効率よく除去することができ、上水や下排水の浄化に多く用いられている。

精密濾過モジュールは、膜面積を増やし且つ取り扱いを容易にするため、中空系膜を円筒状やスクリーン状に配置した中空系膜モジュールや、平膜をブリーツ状に折り、円筒状に配置したブリーツ型膜モジュールや、平膜をスクリーン状に配置した平型膜モジュールとして用いられている。

20

なかでも、中空系膜モジュールは単位容積当りの膜面積を大きくすることができ、好ましく用いられている。

【0003】

中空系精密濾過膜モジュールを用いて濾過を行うと、膜の微細孔により水中の懸濁物質や細菌類等が除去され、清澄な濾過水が得られる。しかしながら、長時間連続して濾過を行うと、微細孔が閉塞し濾過水量の低下や濾過圧力の上昇が起こり、膜モジュールを頻繁に交換する必要を生じ、経済性に問題があった。

そこで、水中の膜面閉塞物質による膜モジュールの早期目詰まりを防止するために、例えば外圧式中空系膜モジュールの場合、中空系膜の内部から外部に濾過水を逆通水する逆洗や、中空系膜の外部にエアを供給し膜を揺動させるスクラビング洗浄や、それらを組み合わせた洗浄等を定期的の実施し、中空系膜の外部に付着した膜面閉塞物質を剥離させることにより、濾過性能を回復させる操作が行われる。

30

【0004】

中空系膜モジュールは、単位容積あたりの中空系膜本数を増やして膜面積を増やすことができるが、中空系膜を円筒状に集束配置して膜面積を増やすと、洗浄の際にスクラビングエアや逆洗水が通過し難く、洗浄が効き難い。そこで、中空系膜をシート状に配列し、中空系膜に間隔を設けて均一に配置すると、膜表面を均一に洗浄することができ、高汚濁水の濾過にも適用が可能となる。

中空系膜モジュールは、例えば上水の浄化においては処理量が $1 \text{万 m}^3 / \text{d}$ を超えるような大規模な処理施設にも用いられている。この場合、膜面積を増やすため、多数の中空系膜モジュールが使用されるが、例えば中空系膜モジュールを並べて配置し、ユニット化する場合、各中空系膜モジュールの端部に配された固定部材、集水部の大きさや形状によって、どこまで近接して配置できるかが規制される。

40

例えば、中空系膜の片端部或いは両端部がハウジング内の固定部材で開口状態を保ちつつ固定されており、中空系膜が固定部材より露出する側の固定部材面の面積を A 、中空系膜が開口している固定部材端面の面積を B としたとき、 $100 \leq A / B \leq 1.2$ を満たす中空系膜モジュールが提案されている（特許文献1参照）。

このモジュールは、シート状の中空系膜を、細長い矩形に成型された固定部材に固定している。このとき、中空系膜が露出する側の固定部材の幅が、集水管の外径や接続部よ

50

り大きく、集水管等が互いに干渉しないことから、固定部材の側面同士が接するようにモジュールを並列配置することができるため、中空系膜の集積度をさほど低下させずに、中空系膜全体を均等にスクラビング洗浄することが可能である。

【0005】

一つの固定部材に固定するシート状中空系膜は、多いほど全体の中空系膜の集積度は向上し、かつ中空系膜面積あたりの加工コストが低下する。しかしながら、細長い矩形に形成された固定部材に固定できる中空系膜の量は限られる。その一方、固定できる中空系膜量を増やすため、固定部材の矩形の幅を広げて大きくすると、耐圧性が極端に低下する問題がある。

また、複数のシート状中空系膜を並べて、一つの円筒状ハウジング端部に固定部材で固定することにより、中空系膜の集積度を高めつつ、シート状中空系膜間の間隔を保って洗浄性を良好にした中空系膜モジュールが知られている（例えば特許文献2参照）。

しかしながらこのモジュールは、円筒形状のハウジング内部にシート状中空系膜を並べているため、円筒の中央部に比べて、端部に固定されるシート状中空系膜の幅が短くなり、中空系膜の集積度が低下するきらいがあった。

また、中空系膜束を複数に分割し、両端のポッティング部の中間付近で支持体により拡幅固定し、洗浄性を向上させた中空系膜モジュールが知られている（例えば特許文献3参照）。

しかしながらこのモジュールは、両端のポッティング部の中間付近で支持体により拡幅固定しているため、中空系膜の集積度が低下し、またポッティング部付近の洗浄性が不足する場合があった。

【0006】

次に、中空系膜モジュールが大規模な処理施設に用いられる場合には、膜面積を増やすため、浸漬水槽内に多数の中空系膜モジュールを設置して使用される。中空系膜モジュールは、浸漬水槽内を有効に利用するため、複数列、複数段に設置される。

しかしながら、この場合、かなり多くの配管スペースや作業スペースが必要となり、有効に利用できないスペースが生じる問題があった。そのため、定期的な洗浄により発生する洗浄排水が必要以上に多くなり、水回収率が低下する問題があった。

【特許文献1】

特開平7-178320号公報

【特許文献2】

特開2000-51670号公報

【特許文献3】

特開平6-99038号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は前記課題を解決するためになされたもので、洗浄性に優れるシート状中空系膜を用いたモジュールにおいて、膜面積を増やした場合でも、中空系膜固定部の耐圧性が低下することのない中空系膜モジュール及び中空系膜の集積度を向上させた中空系膜モジュールユニットを提供することを目的とする。また、前記中空系膜モジュールユニットを用いた膜濾過装置及びその運転方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

即ち本発明の第一の要旨は、複数のシート状中空系膜(1)と、該複数のシート状中空系膜(1)を、その端部の少なくとも一方を開口状態に保持したまま、概略平行に固定する固定部材(2)とを備え、該固定部材(2)の中空系膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、該固定部材(2)の中空系膜が開口する側の端面形状が概略円形である中空系膜モジュールであって、該固定部材(2)は、中空系膜が露出する側に、形状が概略直方体である直方体部(3)と、中空系膜が開口する側に、形状が概略円筒である円

10

20

30

40

50

筒部(4)とを有し、該直方体部(3)の、中空系膜が露出する端面の長辺部の長さをW(m)とし、該円筒部(4)の直径をD(m)としたとき、 $1.0 < W/D < 2.0$ の関係式を満足する中空系膜モジュール、である。

このように、本発明の第一の要旨による中空系膜モジュールは、固定部材(2)の中空系膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、固定部材(2)の中空系膜が開口する側の端面形状が概略円形であるため、洗浄性に優れるシート状中空系膜を用いたモジュールにおいて膜面積を大きくした場合でも、中空系膜固定部の耐圧性が低下することがない。また、前記固定部材(2)が、中空系膜が露出する側に、形状が概略直方体である直方体部(3)と、中空系膜が開口する側に、形状が概略円筒である円筒部(4)とを有するため、耐圧性、洗浄性、中空系膜の集積度をいずれも良好とできる。

10

また、前記円筒部(4)の直径をD(m)、円筒の長さをL(m)としたとき、 $0.2 < L/D < 1.0$ の関係式を満足すると、より好ましい。

【0010】

本発明の第二の要旨は、前記中空系膜モジュールが複数個配置されてなると共に、シート状中空系膜(1)のシート面に垂直な側面に、前記円筒部(4)が貫通する穴を有する板状部材(5)を設け、該板状部材(5)により中空系膜モジュールが位置固定されてなる中空系膜モジュールユニット、にある。

このように、本発明の第二の要旨による中空系膜モジュールユニットは、円筒部(4)が貫通する穴を有する板状部材(5)を設け、板状部材(5)により中空系膜モジュールが位置固定されているので、簡便かつ確実に固定することができると共に、中空系膜の集積度を向上させることができる。

20

また、前記円筒部(4)と、これに係合する集水キャップ(6)とで、前記板状部材(5)を挟み込んで固定すると、簡便かつ確実に固定できるため好ましい。

前記円筒部(4)と、前記集水キャップ(6)とが、ねじ係合により固定されてなると、より簡便に取り外しできるため好ましい。

また、前記中空系膜モジュールユニットが複数個、鉛直方向に重ねて配置されると共に、前記シート状中空系膜(1)のシート面が鉛直方向となるように配置され、かつ鉛直方向に隣接する前記集水キャップ(6)同士が、鉛直方向に伸びる集水部材(7)によって連結され、前記シート状中空系膜(1)のシート面に平行な側面に、サイドフレーム(21)が配置されていると、少ない設置面積で中空系膜の集積度を上げることができるため好ましい。

30

このとき、鉛直方向に隣接する中空系膜モジュールのシート状中空系膜(1)同士の鉛直方向の間隔が、70mm以下であると、中空系膜の洗浄効率が良好となるため好ましい。

【0011】

本発明の第三の要旨は、膜モジュールユニットを水槽内に配置した膜濾過装置であって、該膜モジュールユニットは、複数の中空系膜モジュールからなり、該中空系膜モジュールは、複数のシート状中空系膜(1)と、該複数のシート状中空系膜(1)を、その端部の少なくとも一方を開口状態に保持したまま、概略平行に固定する固定部材(2)とを備え、該固定部材(2)が、中空系膜が露出する側に、形状が概略直方体である直方体部(3)と、中空系膜が開口する側に、形状が概略円筒である円筒部(4)とを有する中空系膜モジュールからなり、該直方体部(3)の、中空系膜が露出する端面の長辺部の長さをW(m)、該円筒部(4)の直径をD(m)としたとき、 $1.0 < W/D < 2.0$ の関係式を満足し、該膜モジュールユニットの膜面積をS(m²)、該膜モジュールユニットの投影面積をA(m²)、該膜モジュールユニットの容積をV'(m³)、該水槽の容積をV(m³)としたとき、以下の3つの関係式を満足する膜濾過装置である。

40

$1.000 < S/A < 2.000$ 式(1)

$5.00 < S/V' < 8.00$ 式(2)

$0.70 < V'/V < 0.99$ 式(3)

【0012】

50

また、本発明の第四の要旨は、膜モジュールユニットを水槽内に配置した膜濾過装置の運転方法であって、該膜モジュールユニットを複数の中空系膜モジュールで構成し、該中空系膜モジュールを、複数のシート状中空系膜（１）が、その端部の少なくとも一方が開口状態を保持したまま、固定部材（２）により概略平行に固定されると共に、該固定部材（２）が、中空系膜が露出する側に、形状が概略直方体である直方体部（３）と、中空系膜が開口する側に、形状が概略円筒である円筒部（４）とを有する中空系膜モジュールからなるように構成し、前記直方体部（３）の、中空系膜が露出する端面の長辺部の長さW（mm）、前記円筒部（４）の直径D（mm）が次式を満足しており、

$$1.0 \leq W/D \leq 2.0$$

該膜モジュールユニットの膜面積を S （ m^2 ）、濾過流束を J （ m/d ）、濾過時間を T （ h ）、排水サイクル数を N （回）、排水量を D （ m^3 ）、逆洗流束を J' （ m/d ）、逆洗時間を T' （ h ）としたとき、以下の関係式を満足する膜面積 S 、濾過流束 J 、濾過時間 T 、排水サイクル数 N 、排水量 D 、逆洗流束 J' 、逆洗時間 T' を設定して前記膜濾過装置を運転する膜濾過装置の運転方法である。

$$N \geq 2.8 D / \{ S (0.05 J T - J' T') \} \dots \dots \text{式(4)}$$

【0013】

こうした本発明の膜濾過装置及びこうした運転方法が適用される膜濾過装置は、非常にコンパクトでありながら膜面積が大きく、しかも洗浄性に優れているため、長期に亘って安定して濾過を行うことができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、洗浄性に優れるシート状中空系膜を用いたモジュールにおいて、膜面積を増やした場合でも、中空系膜固定部の耐圧性が低下することのない中空系膜モジュール及び中空系膜の集積度を向上させた中空系膜モジュールユニットを提供することができる。また、前記中空系膜モジュールユニットを用いた膜濾過装置及びその運転方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、図面を元に本発明について詳しく説明する。

図1は、本発明の中空系膜モジュールの一例を示す斜視図である。

中空系膜モジュール（A）は、シート状中空系膜（１）、固定部材（２）、集水キャップ（６）とから概略構成される。シート状中空系膜（１）が等間隔で複数平行に配置され、その両端部が、開口状態を保ったまま固定部材（２）により固定され、固定部材（２）には集水キャップ（６）が装着されている。

【0017】

図2は、本発明の中空系膜モジュールの中空系膜固定部の一例を示す図であり、シート状中空系膜のシート面に垂直な方向における断面図である。

シート状中空系膜（１）は、等間隔で複数平行に配置されており、その端部は固定部材（２）により固定されている。

【0018】

固定部材（２）は、シート状中空系膜（１）の露出側の端面形状が概略矩形であり、中空系膜開口端側の形状が概略円形となっている。シート状中空系膜（１）が開口する側の固定部材（２）の端面形状が円筒形である場合、直方体である場合よりもたわみが小さく、応力が分散することから、その耐圧性能は格段に高くなる。従ってこのような形状とすることにより、シート状中空系膜を数多く配した場合であっても、中空系膜の集積度、洗浄性、耐圧性をいずれも良好にすることが可能になる。

この際、固定部材（２）の形状は、例えばシート状中空系膜（１）が露出する側から開口端面側に向かって連続的に変化するような形状であっても構わない。しかし、図1、図2に示すように、固定部材（２）は、中空系膜が露出する側に、形状が概略直方体である直方体部（３）と、中空系膜が開口する側に、形状が概略円筒である円筒部（４）とを有

10

20

30

40

50

するようになると、以下の3点の優れた効果を同時に得ることが可能となる。

1. 一つの固定部材(2)の直方体部(3)に、多数のシート状中空系膜(1)を、間隔を保ちつつ固定することができるため、洗浄性に優れる。

2. 複数の中空系膜モジュール(A)を並べるにあたって、直方体部(3)の側面同士を重ね合わせるにより、無駄な空間を使用することなく、中空系膜の集積度を極めて高い状態にすることができる。

3. 固定部材(2)の中空系膜が開口する側が、円筒部(4)となっているため、耐圧性を極めて高くすることができる。

【0019】

固定部材(2)の円筒部(4)は、円筒の中心軸に垂直な断面形状が完全な円形である必要は必ずしも無く、楕円形状であっても、ソラメ状であっても良く、また、例えば12角形や16角形のような、円に近い多角形とすることもできるが、円形であることが最も好ましい。

そして、円筒部(4)の直径をD(mm)、筒中心軸方向の長さをL(mm)としたとき、 $0.2 \leq L/D \leq 1.0$ の関係を満足することが好ましい。

中空系膜固定部の耐圧性は、円筒部(4)のL/Dの影響を大きく受ける。L/Dが0.2を下回ると耐圧性が不足するため、L/Dの下限は0.2以上であり、0.25以上がより好ましい。一方、L/Dが1.0を越えると中空系膜有効部の損失が多くなるため、L/Dの上限は1.0以下であり、0.8以下がより好ましい。

なお、ここでいう円筒部(4)の直径Dとは、円筒部(4)の断面が真円でない場合は、最も長い部分の径をいう。

【0020】

円筒部(4)のLやDの寸法は、中空系膜モジュールのサイズにあわせ適宜選定すればよいが、Dが小さすぎるとシート状中空系膜(1)の配列が困難になるため、Dの下限としては30mm以上が好ましく、50mm以上がより好ましい。一方、Dが大きすぎるとモジュールの加工性が低下したり、耐圧性が不足する場合があることから、Dの上限は400mm以下が好ましく、300mm以下がより好ましい。

また、Lが小さすぎると耐圧性が不足するため、下限は10mm以上が好ましく、50mm以上がより好ましい。一方、Lが大きすぎると中空系膜有効部の損失が多く、通水抵抗も増加するため、Lの上限は300mm以下が好ましく、200mm以下がより好ましい。

【0021】

図3は、本発明の中空系膜モジュールの中空系膜固定部の一例を示す斜視図である。本発明の中空系膜モジュール(A)は、中空系膜が露出する端面の長辺部の長さをW(mm)、円筒部(4)の直径をD(mm)としたとき、 $1.0 \leq W/D \leq 2.0$ の関係を満足するものである。

Dに対しWを大きくすることにより、中空系膜固定部の耐圧性を低下させることなく中空系膜モジュールの膜面積を増やすことができる。しかし、W/Dが大きすぎると、シート状中空系膜の絞り込みがきつくなるため、シート状中空系膜の整列が困難となり、中空系膜の有効長が中空系膜シート毎にばらつく問題を生じる。また、積層されたシート状中空系膜のうち外層に位置するものは、直方体部(3)の内部に埋没する中空系膜長さが増加するため通水抵抗が大きくなる問題もある。従ってW/Dの上限は2.0以下であり、1.8以下がより好ましい。

一方、W/Dが小さすぎると、加工は容易になるが耐圧性が低下する問題が生じる。従ってW/Dの下限は1.0以上であり、1.2以上がより好ましい。

Wは、中空系膜モジュールの膜面積にあわせ適宜選定すればよいが、Wが小さすぎるとモジュール膜面積を大きくとり難いため、Wの下限は40mm以上であり、80mm以上がより好ましい。

一方、Wが大きすぎると、モジュールの加工性が低下し好ましくないことから、Wの上限としては500mm以下であり、より好ましくは400mm以下である。

10

20

30

40

50

なお、図3においては、直方体部(3)の縦方向の方が長い場合について、Wを図示したが、横方向(シート状中空系膜積層方向)の方が長い場合には、横方向をWとする。

【0022】

直方体部(3)の中空系膜繊維軸方向の長さについては、中空系膜の有効長、外径、シート状中空系膜の幅等により中空系膜の配置形状が変化するため、適宜選定すればよい。しかし、直方体部(3)の中空系膜繊維軸方向の長さがあまり短いと、等間隔で複数配置されたシート状中空系膜を直方体から円筒に集束し難いため、直方体部(3)の中空系膜繊維軸方向の長さの下限としては5mm以上が好ましく、10mm以上がより好ましい。

一方、直方体部(3)の中空系膜繊維軸方向の長さが長すぎると中空系膜有効部の損失が多くなると共に、濾過に関与しない部位が増えて通水抵抗が増加するため、直方体部(3)の中空系膜繊維軸方向の長さの上限としては100mm以下が好ましく、70mm以下がより好ましく、50mm以下が更に好ましい。

【0023】

中空系膜から取り出した濾液を集めるために、円筒部(4)には集水キャップ(6)が配される。集水キャップ(6)の装着は、円筒部(4)の外周に設けられたネジ(8)と、集水キャップ(6)に設けられたネジ(8)とを係合させ、O-リング等のシール部材(9)でシールするようにすると、取り外しが簡便であり、かつ確実にシールできるため好ましい。

【0024】

図4は、本発明の中空系膜モジュールにおける中空系膜固定部の別の一例を示す図であり、シート状中空系膜のシート面に垂直な方向における断面図である。

この例においては、シート状中空系膜(1)は、ハウジング(10)内で、固定部材(2)によって固定されている。

なお、図4の例のように、ハウジング(10)を有する場合であっても、前述の(D)、(L)、(W)は、ハウジング(10)がない場合と同様に、固定部材(2)の寸法を基準とする。

ハウジング(10)を設ける場合であっても、集水キャップ(6)は、円筒部(4)の外周に設けられたネジ(8)と、集水キャップ(6)に設けられたネジ(8)とを係合させ、O-リング等のシール部材(9)でシールするようにすればよい。また、集水キャップ(6)はハウジング(10)と一体とすることも可能である。あるいは、集水キャップ(6)は固定部材(2)に接着しても構わない。

【0025】

本発明の中空系膜モジュールは、シート状中空系膜(1)の両方の端部が、別々の固定部材(2)により固定された構造が好ましく用いられる。中空系膜モジュールの使用において、中空系膜外部に原水を供給し、中空系膜内部から処理水を取り出す場合、中空系有効長が長くなると中空系膜内部の通水抵抗が大きくなる問題がある。しかし、図1に示すような中空系膜の両方の端部から集水する構造にすることにより、通水抵抗が低下し、中空系有効長を長くとることができる。また、両方の端部を固定部材(2)により固定することにより、中空系膜モジュールをユニット化する場合に支持しやすい特徴もある。

【0026】

図5は、本発明の中空系膜モジュールの別の一例を示す斜視図である。この例の中空系膜モジュール(A)は、シート状中空系膜(1)、固定部材(2)、集水キャップ(6)、支持部材(11)とから概略構成される。シート状中空系膜(1)は、等間隔で複数平行に固定部材(2)に配置され、その一方の端部が固定部材(2)により固定され、他方の端部は支持部材(11)によって支持されている。また、固定部材(2)には、集水キャップ(6)が装着されている。

支持部材(11)は、シート状中空系膜(1)を等間隔で複数平行に支持できるものであれば、その構造等特に制限無く用いることができ、例えば樹脂を塗布して全体を固めてもよいし、棒状、糸状等の部材に中空系膜を固定してもよい。また、中空系膜を中央部で折り返してU字状にし、折り返し部分を支持部材(11)で固定するようにすることもで

10

20

30

40

50

きる。

このような片端のみから集水する方式は、中空系膜の有効長が短い場合や中空系膜の径が大きい場合に適用することができる。

【0027】

処理する規模が大きい場合、複数の中空系膜モジュールを用いて、中空系膜モジュールユニットとすると、取扱い性に優れるため好ましい。この際、中空系膜モジュールユニットは、洗浄性を損なうことなく、膜の集積度をできるだけ高くすることが好ましい。

【0028】

図6は、本発明の中空系膜モジュールユニットの一例を示す斜視図である。

中空系膜モジュールユニット(B)は、中空系膜モジュール(A)、板状部材(5)、集水キャップ(6)、サイドフレーム(21)から概略構成される。

板状部材(5)には4つの穴が設けてある。そして、中空系膜モジュール(A)のシート面が鉛直方向を向き、中空系膜の繊維軸方向が水平方向を向くように、円筒部(4)をこの穴に挿入し、突出した円筒部(4)に集水キャップ(6)を装着することにより、板状部材(5)によって中空系膜モジュール(A)が固定される。

集水キャップ(6)の装着は、前述したように、円筒部(4)と集水キャップ(6)に設けたネジ(8)の係合によって行うと、簡便かつ確実に行うことができる。このとき、図7に示すように、板状部材(5)に設けた穴よりも集水キャップ(6)を大きくすることにより、集水キャップ(6)と板状部材(5)によって中空系膜モジュール(A)の位置固定を行うことができる。

板状部材(5)に中空系膜モジュール(A)を合計4本固定し、シート状中空系膜(1)のシート面に沿った両側面から、サイドフレーム(21)を装着することにより、中空系膜モジュールユニット(B)が組み立てられる。

なお、図6の例では、中空系膜モジュール(A)が4本からなる中空系膜モジュールユニット(B)を例示したが、必要に応じ本数は調整することができる。

【0029】

サイドフレーム(21)は、中空系膜モジュールユニット(B)の形状を維持する機能と、スクラッピングエアを外に漏らすことなく中空系膜に集中させる機能を有する。

サイドフレーム(21)の例としては、ステンレス鋼等の、剛性、強度を有する板を用いることもできるが、ステンレス鋼等の枠組みに、樹脂、軽合金等の板を貼り付けたものを用いると、強度を保ったまま軽量化できるので好ましい。また、また、透明樹脂板を用いると、外部から中空系膜モジュールを目視でき、洗浄性が良好に保たれているか否か確認が可能であるため、より好ましい。

中空系膜モジュール(A)は、固定部材(2)の直方体部(3)で接するように、隙間無くユニット化されており、スクラッピングエアをユニット全体に均等に供給することが可能である。

【0030】

このようにして組み上げた中空系膜モジュールユニット(B)を、さらに鉛直方向あるいは横方向に複数個並べて一体化すると、処理する規模に応じて中空系膜の面積を容易に調整できる。

この際、中空系膜モジュールユニット(B)を配置する浸漬水槽の深さによる制約はあるが、図8に示すように、鉛直方向に複数個の中空系膜モジュールユニット(B)を積層して一体化することは、設置面積あたりの中空系膜の集積度を向上させる観点から好ましい。中空系膜モジュールユニット(B)を積層する段数は、例えば2~10段である。浄水場の凝集沈殿地等に浸漬する場合、積層する段数は4~6段であることが好ましい。

【0031】

また、中空系膜モジュールユニットを鉛直方向に積層したものを、必要に応じ浸漬水槽内に複数台並べて使用することも可能である。

鉛直方向に複数個の中空系膜モジュールユニット(B)を積層する場合、隣接する中空系膜モジュールのシート状中空系膜(1)同士の鉛直方向の間隔が広すぎると、スクラビ

10

20

30

40

50

ングエアーが、下方に位置する中空系膜モジュールの膜面に衝突したあと、その上に位置する中空系膜モジュールの膜面に上昇するにあたって、スクラビングエアー同士が合体し、大きな径となる傾向にある。その結果分散性が悪くなり、上方に位置する中空系膜モジュールほど、膜面洗浄の均一性が保てなくなる。

このため、シート状中空系膜(1)同士の鉛直方向の間隔は、70mm以下、より好ましくは、60mm以下とする。これにより、スクラビングエアーが、下方に位置する中空系膜モジュールの膜面に衝突したあと、その上に位置する中空系膜モジュールの膜面に上昇するにあたって分散性を保つため、鉛直方向に複数の中空系膜モジュールを積み上げた場合であっても、洗浄性を損なうことがない。

なお、ここでいうシート状中空系膜(1)同士の鉛直方向の間隔とは、上方に位置する中空系膜モジュールの、シート状中空系膜(1)の固定部分の最下端部と、その直下に位置する中空系膜モジュールの、シート状中空系膜(1)の固定部分の最上端部との間隔をいい、エアースクラビングにより揺動することにより、可変する部位同士の間隔をいうものではない。

【0032】

シート状中空系膜(1)同士の鉛直方向の間隔は、あまり短すぎると中空系膜同士が絡まってしまい、洗浄性を損なう懸念があるため、下限としては20mm以上とすることが好ましく、30mm以上とすることがより好ましい。

鉛直方向に複数個の中空系膜モジュールユニット(B)を積層する際は、各々の集水キャップ(6)からの濾液を集合させて取り出すようにする必要がある。この際、集水キャップ(6)同士を、鉛直方向に伸びる集水部材(7)によって連結すると、コンパクトかつ容易に連結することができる。

【0033】

集水部材(7)は、例えばユニオン継手、フランジ継手、チーズ継手、フレキシブルホース、カップリング等を使用し、集水キャップ(6)と集水部材(7)、或いは複数の集水部材(7)同士を連結すればよい。

集水部材(7)の材質は、機械的強度、耐久性を有するものであればよく、例えばポリカーボネート樹脂、ポリスルホン樹脂、アクリル樹脂、ABS樹脂、変性PPE(ポリフェニレンエーテル)樹脂、塩化ビニル樹脂、ポリオレフィン(ポリプロピレン、ポリエチレン等)樹脂のほか、ステンレス鋼、青銅、黄銅、鋳鋼などを用いることができる。

【0034】

本発明の中空系膜モジュールに用いられる固定部材(2)としては、中空系膜、ハウジング(10)との十分な接着強度を有し、各用途で求められる要求性能を満たすものを適宜選定して使用することができ、例えば、ポリウレタン樹脂、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂等の熱硬化性樹脂や、ポリウレタン樹脂、エチレン酢酸ビニル共重合体、ポリオレフィン樹脂等の熱可塑性樹脂を使用することができる。中空系膜の固定方法としては、熱可塑性樹脂を用いる場合は加熱溶融させ流し込む方法や、熱硬化性樹脂を用いる場合は、遠心力を使用する方法や自重で流し込む方法等、公知の方法を用いることができる。

ハウジング(10)を使用する場合、その材質は各用途の要求性能に合わせ適宜選定して使用することができる。例えば、ポリオレフィン、ポリカーボネート、変性ポリフェニレンオキサイド、ABS、ポリ塩化ビニル等が挙げられ、固定部材(2)との接着性が低い場合にはプライマー処理を施して使用することも可能である。

【0035】

本発明の中空系膜モジュールに用いられる中空系膜は、その材質、孔径、空孔率、膜厚、外径等、特に制限無く使用することができる。例えば、中空系膜の材質としては、ポリオレフィン、ポリスルホン、ポリビニルアルコール、セルロース、ポリアクリロニトリル、ポリアミド、ポリイミド、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン等を使用することができる。

中空系膜をシート状に加工するにあたって、編成する場合には、加工のし易さなどの点

10

20

30

40

50

から、ポリエチレン、ポリプロピレン等の強伸度の高い材質のものが好適に用いられる。また、水の濾過に疎水性の中空系膜を用いる場合には、親水化処理して用いることもできる。

また、中空系膜の孔径は0.001~3μm、空孔率20~95%、膜厚5~500μm、外径20~3000μmを例示することができる。

【0036】

本発明の中空系膜モジュール(A)は、シート状中空系膜(1)が等間隔で複数平行に配置されている。中空系膜をシート状に配置する方法に特に制限はないが、シート状に編成した中空系膜シートが好適に用いられる。シート状中空系膜を配置する間隔は、原水性状に合わせ適宜選定することができるが、例えば2~100mmを挙げることができる。シート状中空系膜の枚数についても、モジュール膜面積に合わせ適宜選定することができる。

10

【0037】

図9は、本発明の膜濾過装置の一例を示すフロー図である。膜濾過装置は、水槽(12)、中空系膜モジュールユニット(13)、散気装置(14)、吸引ポンプ(15)、薬液ポンプ(16)、薬液タンク(17)、逆洗ポンプ(18)、逆洗タンク(19)、ブローア(20)から概略構成される。

本発明の膜濾過装置は、膜モジュールユニットの膜面積をS(m²)、膜モジュールユニットの投影面積すなわち膜モジュールユニットを上方から見た際に膜モジュールユニットが占める面積をA(m²)、膜モジュールユニットの容積をV'(m³)、水槽の容積をV(m³)としたとき、以下の3つの関係式を満足する。

20

1000 S/A 2000式(1)

500 S/V' 800式(2)

0.70 V'/V 0.99式(3)

なお、上記V'の容積は、膜モジュールユニットの外周輪郭を基準とする容積をいい、膜モジュールユニット内部の、部材が存在しない空間をも含むものである。

【0038】

本発明の膜濾過装置の運転方法を以下説明する。中空系膜モジュールユニット(13)は水槽(12)の内部に設置される。中空系膜モジュールユニット(13)は、下部に散気装置(14)を備えている。吸引ポンプ(15)を起動することにより濾過水が得られ、その際、濾過水の一部は逆洗タンク(19)に貯められる。一定時間濾過した後、散気装置(14)に接続したブローア(20)からのエアを用いてスクラビング洗浄を行うとともに、逆洗ポンプ(18)により逆洗タンク(19)内の濾過水を使用し逆洗を行う。その際、薬液タンク(17)内の薬液が、薬液ポンプ(16)により逆洗水中に注入される。ここで、逆洗水は、浸漬水槽上部に設けられたオーバーフロー口(図示しない)から浸漬水槽外部に排出される。なお、スクラビング洗浄と逆洗は、別々に行ってもよい。

30

洗浄終了後、水槽内の液を水槽(12)の下部から排水する。なお、排水は洗浄毎に毎回行う必要はなく、例えば洗浄を数回行う毎に排水を1回行うこともできる。排水を1回行うまでに実施する洗浄の回数を、以降排水サイクル数N(回)という。なお、ここでいう洗浄とは、濾過を止めた後、次の濾過を開始する前に行なわれた洗浄をいう。

40

即ち、スクラビング洗浄と逆洗とを同時に行った場合であっても、スクラビング洗浄と逆洗を別々に行った場合であっても洗浄の回数は1回である。また、例えばスクラビング洗浄、逆洗、スクラビング洗浄、逆洗のように、複数の工程の繰り返しとして洗浄を行う場合であっても、それぞれの洗浄が、濾過を止めた後、次の濾過を開始する前に行なわれているのであれば、洗浄の回数は1回である。

なお洗浄は、スクラビング洗浄又は逆洗のいずれか一方を行うことも可能である。また、一連の運転サイクルの中で、スクラビング洗浄又は逆洗のいずれか一方を行ったり、両者を組み合わせて行ったりすることも可能である。例えば、i濾過、iiスクラビング洗浄、iii濾過、iv逆洗、v排水という順番で運転を行うことも可能である。この例の場合は、排水サイクル数は2回である。

50

別の例として、i 濾過、i i スクラビング洗浄、i i i 濾過、i v スクラビング洗浄、v 逆洗、v i 濾過、v i i スクラビング洗浄と逆洗を同時に実施、v i i i 排水という順番で運転を行うことも可能である。この例の場合は、排水サイクル数は3回である。

【0039】

図10は、本発明の膜濾過装置における水槽底面の一例を示す概念図である。図中の実線は水槽の内部底面の輪郭を示し、一方、図中の破線は中空糸膜モジュールユニットの外周輪郭を示す。

ここで、膜モジュールユニットの面積効率及び容積効率について説明する。面積効率とは、膜モジュールユニットの膜面積 S を、膜モジュールユニットの投影面積 A （図10の例では $a'(m) \times b'(m)$ で求められる面積）で割ることにより求められる。一方容積効率とは、該ユニットの膜面積 S を該ユニットの容積 $V'(m^3)$ （図10の例では $a'(m) \times b'(m) \times$ ユニット高さ (m) ：図示せず）で求められる容積）で割ることにより求められるものである。

また、浸漬水槽の容積 $V(m^3)$ とは、図10の例では $a(m) \times b(m) \times$ 有効水深 (m) ：図示せず）から求められる容積である。

【0040】

本発明の膜濾過装置においては、中空糸膜モジュールユニットの面積効率 S/A が1000~2000(m^2/m^2)であることが好ましく、1100~1800(m^2/m^2)であることがより好ましい。面積効率は、該ユニットの積層段数を変更することにより調整可能であるが、積層段数が少なく面積効率が1000(m^2/m^2)よりも小さいと該ユニットをコンパクトにできない。一方、積層段数が多く面積効率が2000(m^2/m^2)を超えるようになると、例えば散気装置を該ユニットの最下部にのみ設ける場合には、該ユニット上部では気泡が膜全体に行き渡らなくなるので、洗浄不良となる場合がある。

また、本発明の膜濾過装置においては、膜モジュールユニットの容積効率 S/V' が500~800(m^2/m^3)であることが好ましく、600~700(m^2/m^3)であることがより好ましい。容積効率 S/V' は、500(m^2/m^3)よりも小さいとコンパクトにならず、装置が大型化する。一方、容積効率 S/V' が800(m^2/m^3)を超えるようになると、洗浄性が低下する。

また、本発明の膜濾過装置においては、浸漬水槽の容積を $V(m^3)$ 、膜モジュールユニットの容積を $V'(m^3)$ としたとき、 $0.70 \leq V'/V \leq 0.99$ であることが好ましい。 V'/V が0.70よりも小さい場合、デッドスペースが大きく水回収率の低下につながり、一方、 V'/V が0.99よりも大きい場合、該ユニットを浸漬水槽内に設置する際に浸漬水槽内壁とのスペースが小さくなり、据付の際に該ユニットを破損する懸念が生じる。

【0041】

本発明の濾過装置の運転方法は、膜モジュールユニットの膜面積を $S(m^2)$ 、濾過流束、すなわち濾過量 (m^3/D) を膜面積 $S(m^2)$ で割った値を $J(m/d)$ 、濾過時間を $T(h)$ 、排水サイクル数を $N(回)$ 、一回当たりの排水量を $D(m^3)$ 、逆洗流束、すなわち逆洗量 (m^3/D) を膜面積 $S(m^2)$ で割った値を $J'(m/d)$ 、逆洗時間を $T'(h)$ としたとき、以下の関係を満足する。

$$N \geq 2.2 \cdot 8D / \{ S(0.05JT - J'T') \}$$

【0042】

水回収率 $Q(\%)$ は以下の式により求められる。

$$\begin{aligned} Q &= \{ (\text{濾過水量} - \text{逆洗水量}) / (\text{原水供給量}) \} \times 100 \\ &= \{ (S \times J \times T / 24 \times N - S \times J' \times T' / 24 \times N) / (S \times J \times T / 24 \times N + D) \} \times 100 \end{aligned}$$

【0043】

水回収率 $Q(\%)$ は各条件により決定されるが、排水サイクル $N(回)$ の影響を大きく受ける。そこで、水回収率 $Q(\%) \geq 95$ とおき、 $N(回)$ を求める場合、上記の式は、

$N = 22.8D / \{S(0.05JT - J'T')\}$ となる。

大規模な処理施設では排水の絶対量が多くなり、水回収率は重要となる。そこで、上記の式よりNを求め、排水サイクルを決定することにより、水回収率95%以上の高回収率を達成できる。

このとき、濾過流束J (m/d)を原水水質に応じて適宜設定することができ、濾過流束としては0.25~2.5m/dであることが好ましい。濾過流束が0.25m/dよりも低い場合、非常に長時間の運転が必要となり、一方、濾過流束が2.5m/dよりも高い場合、吸引圧力が早期に上昇する場合がある。

【0044】

濾過時間T (h)は、原水水質に応じて適宜選定することができるが、好ましい範囲として15~240分、より好ましい範囲として30~120分を例示することができる。濾過時間が15分よりも短い場合、水回収率や稼働率が低くなり、一方、濾過時間が180分よりも長い場合、吸引圧力の洗浄回復性が低くなる場合がある。

10

【0045】

スクラビングのエア量(膜モジュールユニットの投影面積当りのエア量)についても適宜選定することができるが、好ましい範囲として100~400(Nm³/(m²・h))、より好ましい範囲として150~250(Nm³/(m²・h))を例示することができる。エア量が100(Nm³/(m²・h))よりも少ない場合、洗浄効果が低くなる傾向にあり、一方、エア量が400(Nm³/(m²・h))よりも多い場合、必要エア量が過大となる傾向にある。

20

【0046】

スクラビング洗浄の時間についても適宜選定することができるが、好ましい範囲として1分から10分、より好ましい範囲として2~5分を例示することができる。スクラビング洗浄の時間が1分よりも短い場合、洗浄効果が低く、一方、スクラビング洗浄の時間が10分よりも長い場合、稼働率が低くなる。

【0047】

逆洗流束J' (m/d)についても適宜選定することができるが、好ましい範囲として濾過流束の0.3~4倍、より好ましい範囲として濾過流束の1~3倍を例示することができる。逆洗流束が濾過流束の0.3倍よりも低い場合、洗浄効果が低く、一方、逆洗流束が濾過流束の4倍よりも多い場合、水回収率が低くなる。

30

【0048】

逆洗時間T' (h)についても適宜選定することができるが、好ましい範囲として5~180秒、より好ましい範囲として10~90秒を例示することができる。逆洗時間が5秒よりも短い場合、洗浄効果が低く、一方、逆洗時間が90秒よりも長い場合、水回収率や稼働率が低くなる。

【0049】

逆洗水中に注入する薬液は、必要に応じ適宜選定することができるが、例えば次亜塩素酸ナトリウム水溶液を挙げることができる。注入濃度についても適宜選定することができるが、好ましい範囲として1~100mg/L(逆洗水中濃度)、より好ましい範囲として2~50mg/Lを例示することができる。なお、薬液の注入は必ずしも行う必要はなく、必要に応じて行えばよい。

40

排水サイクル数N(回)は、上記逆洗1回に1回でも、逆洗数回に1回でもよく、適宜選定することができる。好ましい範囲として逆洗1~4回に1回、より好ましい範囲として逆洗1~2回に1回を例示することができる。逆洗4回に1回より少ない場合、吸引圧力が早期に上昇する場合がある。

【実施例】

【0050】

以下、実験例を基に本発明について更に詳細に説明する。

「中空糸膜モジュールの作製」

< 実験例 1 >

50

中空系膜として、親水化ポリエチレン多孔質中空系膜（三菱レイヨン（株）製、商品名：EX540T、内径350 μ m、外径540 μ m、材質：ポリエチレン）を用い、中空系膜16本を一束として、折り返しながらかガリ糸で編み、シート状中空系膜を作製した（編み幅：950mm、糸束数：70）。

このシート状中空系膜（枚数27枚）を、ピッチ6mm（ピッチとはシート状中空系膜のセンターセンター間の長さを表す）となるように編み地スペーサーを装着しながら積層し、一方の端部を、中空系膜露出側端部が直方体で、中空系膜開口側端部が円筒の形状を持つABS樹脂製ハウジング（円筒部内径：124mm）に挿入した。次いで、ポッティング樹脂「C4403/N4221」（日本ポリウレタン工業（株）製、二液硬化ポリウレタン樹脂、1.5kg）を注入し、シート状中空系膜とハウジングを接着固定した。

10

もう一方の端部についても同様に、シート状中空系膜とハウジングを接着固定し、両端面をカットすることにより中空系膜を開口させ、図4に示すような構造の中空系膜モジュールを作製した（膜面積 = 34m²、W = 173mm、D = 124mm、L = 50mm、直方体部の中空系膜固定長20mm、L/D = 0.40、W/D = 1.40）。

【0051】

<実験例2>

ポッティング樹脂を1.3kg使用した以外は、実験例1と同様にして中空系膜モジュールを作製した（膜面積 = 37m²、W = 173mm、D = 124mm、L = 35mm、直方体部の中空系膜固定長20mm、L/D = 0.28、W/D = 1.40）。

【0052】

<実験例3>

中空系膜として、親水化ポリエチレン多孔質中空系膜（三菱レイヨン（株）製、商品名：EX780T、内径500 μ m、外径770 μ m、材質：ポリエチレン）を用い、中空系膜6本を一束として、折り返しながらかガリ糸で編み、シート状中空系膜を作製した（編み幅：950mm、糸束数：82）。

このシート状中空系膜（枚数30枚）を、ピッチ6mmとなるように編み地スペーサーを装着しながら積層し、一方の端部を、中空系膜露出側端部が直方体で中空系膜開口側端部が円筒の形状を持つABS樹脂製ハウジング（円筒部内径：145mm）に挿入した。次いで、実験例1と同種のポッティング樹脂（1.7kg）を注入し、シート状中空系膜とハウジングを接着固定した。次いで、端面をカットすることにより中空系膜を開口させ、図5に示すような構造の中空系膜モジュールを作製した（膜面積 = 30m²、W = 232mm、D = 145mm、L = 60mm、直方体部の中空系膜固定長30mm、L/D = 0.41、W/D = 1.60）。

30

【0053】

<実験例4>

編み幅1200mm、糸束数を167とした以外は、実験例1と同様にしてシート状中空系膜を作製した。

このシート状中空系膜（枚数27枚）を積層し、ピッチ12mmとなるように編み地スペーサーを装着しながら積層し、一方の端部を、中空系膜露出側端部が直方体で、中空系膜開口側端部が円筒の形状を持つシリコン樹脂製ポッティング治具（内径：250mm）に挿入した。次いで、実験例1と同種のポッティング樹脂（5.2kg）を注入し、シート状中空系膜を接着固定した。

40

もう一方の端部についても同様に、シート状中空系膜を接着固定し、両端面をカットすることにより中空系膜を開口させ、図1に示すような構造の中空系膜モジュールを作製した（膜面積 = 90m²、W = 425mm、D = 250mm、L = 150mm、直方体部の中空系膜固定長50mm、L/D = 0.60、W/D = 1.70）。

【0054】

<比較例1>

中空系膜露出側端部から中空系膜開口側端部まで直方体の形状を持つハウジング（受圧面寸法：長辺部121mm・短辺部100mm：実験例1の円筒部と受圧面積を同じとし

50

た)を使用し、ポッティング樹脂を2.0kg使用した以外は、実験例1と同様にして中空系膜モジュールを作製した(膜面積=35m²、固定部材寸法:長辺部121mm・短辺部100mm、中空系膜固定長70mm)

【0055】

「中空系膜モジュールの繰り返し耐圧試験」

実験例1~4及び比較例1で作製した中空系膜モジュールを使用し、繰り返し耐圧試験を行った。

繰り返し耐圧試験は、中空系膜モジュールから中空系膜を切除し、中空系膜開口部をポッティング樹脂で封止し、試験サンプルを作製した。次いで、作製した試験サンプルを繰り返し耐圧試験装置にセットし、モジュール端面側から加圧放圧を繰り返し行い、サンプルにリークが生じるまでのサイクル回数を評価した(条件 温度:40℃、圧力350kPa、サイクル:30秒オン/30秒オフ、加圧方向:モジュール端面側から加圧、回数:最大5000回)。結果を表1に示した。

【0056】

【表1】

	実験例1	実験例2	実験例3	実験例4	比較例1
サイクル回数	5000回 (リークなし)	5000回 (リークなし)	5000回 (リークなし)	5000回 (リークなし)	1530回 (ポッティング面に割れ発生)

【0057】

繰り返し耐圧試験の結果より、本発明の中空系膜モジュールは、優れた耐圧性を有することが明らかである。

【0058】

「中空系膜モジュールユニットの製作」

<実験例5>

実験例1で作製した中空系膜モジュールを使用し、図6に示すような構造の中空系膜モジュールユニットを作製した(膜面積136m²)。さらに、中空系膜モジュールユニットを鉛直方向に6段積層し図8に示すような構造で下部に散気装置を備えた中空系膜モジュールユニットを作製した(膜面積816m²、a'=1.2m、b'=0.4m、ユニット高さ=2.637m、面積効率S/A=1700m²/m²、ユニット容積V'=1.266m³、容積効率S/V'=645m²/m³)。

【0059】

<実験例6>

中空系膜モジュールを鉛直方向に4段積層した以外は、実験例5と同様にして中空系膜モジュールユニットを作製した(膜面積544m²、a'=1.2m、b'=0.4m、ユニット高さ=1.797m、面積効率S/A=1133m²/m²、V'=0.863m³、容積効率S/V'=630m²/m³)。

【0060】

「濾過試験」

<実験例7>

実験例5で作製した中空系膜モジュールユニットを、図9に示すような膜濾過装置に装着した(a=1.21m、b=0.41m、有効水深=2.637m、V=1.31m³、V'/V=0.97)。

上記膜濾過装置を用いて、10日間の伏流水濾過試験を実施し、吸引圧力の挙動を評価した。試験条件を表2、結果を表3に示した。

【0061】

<実験例8>

水槽を、a=1.3m、b=0.5m、有効水深=2.637m、V=1.71m³、

10

20

30

40

50

$V' / V = 0.74$) とした以外は実験例 7 と同様にして伏流水濾過試験を実施した。試験条件を表 2、結果を表 3 に示した。

【 0 0 6 2 】

< 実験例 9 >

実験例 6 で作製した中空糸膜モジュールユニットを、図 9 に示すような膜濾過装置に装着した ($a = 1.21 \text{ m}$ 、 $b = 0.41 \text{ m}$ 、有効水深 = 1.797 m 、 $V' / V = 0.97$)。上記膜濾過装置を用いて、10 日間の伏流水濾過試験を実施し、吸引圧力の挙動を評価した。試験条件を表 2、結果を表 3 に示した。

【 0 0 6 3 】

< 実験例 10 >

水槽を、 $a = 1.3 \text{ m}$ 、 $b = 0.5 \text{ m}$ 、有効水深 = 1.797 m 、 $V = 1.17 \text{ m}^3$ 、 $V' / V = 0.74$) とした以外は、実験例 9 と同様にして伏流水濾過試験を実施した。試験条件を表 2、結果を表 3 に示した。

【 0 0 6 4 】

< 比較例 2 >

水槽を、 $a = 1.5 \text{ m}$ 、 $b = 0.7 \text{ m}$ 、有効水深 = 2.637 m 、 $V = 2.77 \text{ m}^3$ 、 $V' / V = 0.46$) とした以外は、実験例 7 と同様にして伏流水濾過試験を実施した。試験条件を表 2、結果を表 3 に示した。

【 0 0 6 5 】

< 比較例 3 >

水槽を、 $a = 1.5 \text{ m}$ 、 $b = 0.7 \text{ m}$ 、有効水深 = 1.797 m 、 $V = 1.89 \text{ m}^3$ 、 $V' / V = 0.46$) とした以外は、実験例 9 と同様にして伏流水濾過試験を実施した。試験条件を表 2、結果を表 3 に示した。

【 0 0 6 6 】

【表 2】

		実験例				比較例		
		7	8	9	10	2	3	
面積効率 (m^2/m^2)		1700		1133		1700	1133	
容積効率 (m^2/m^3)		645		630		645	630	
V' / V		0.97	0.74	0.97	0.74	0.46	0.46	
濾過	J (m/d)	2.0		0.5		2.0	0.5	
	T (h)	1				1		
洗浄	スクラビング	エア量 ($\text{Nm}^3 / (\text{m}^2/\text{h})$)		200				
		時間 (h)		2				
	逆洗	J' (m/d)		4.0	1.0	4.0	1.0	
		T' (h)		0.00833				
排水	D (m^3)		1.07	1.47	0.731	1.01	2.53	1.73
	排水サイクル数 N (回)		1	1	2	3	1	4

【 0 0 6 7 】

【表 3】

	実験例				比較例	
	7	8	9	10	2	3
試験開始直後の 吸引圧力 _{20℃} (kPa)	28.0	28.0	15.0	15.0	28.0	15.0
試験終了時の 吸引圧力 _{20℃} (kPa)	30.0	29.7	15.5	15.4	29.6	15.3
水回収率 (%)	96.8	96.3	95.3	95.5	94.8	94.7

10

【0068】

濾過試験の結果より、本発明の膜濾過装置は、95%以上という高い水回収を達成しつつ、運転時の吸引圧力も安定していることがわかる。

【産業上の利用可能性】

【0069】

本発明の中空系膜モジュール、中空系膜モジュールユニット、膜濾過装置及びその運転方法は上水の浄化、下排水の浄化、工業プロセス等に用いられる。本発明の中空系膜モジュールは、固定部材(2)の中空系膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、固定部材(2)の中空系膜が開く側の端面形状が概略円形であるため、洗浄性に優れるシート状中空系膜を用いたモジュールにおいて膜面積を大きくした場合でも、中空系膜固定部の耐圧性が低下することがない。また、本発明の中空系膜モジュールユニットは、円筒部(4)が貫通する穴を有する板状部材(5)を設け、板状部材(5)により中空系膜モジュールが位置固定されているので、簡便かつ確実に固定することができると共に、中空系膜の集積度を向上させることができる。また、本発明の中空系膜モジュールを複数備えた本発明の膜濾過装置、及び、本発明の運転方法が適用される膜濾過装置は、非常にコンパクトでありながら膜面積が大きく、しかも洗浄性に優れているため、長期に亘って安定して濾過を行うことができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の中空系膜モジュールの一例を示す斜視図である。

30

【図2】本発明の中空系膜モジュールにおける固定部材の一例を示す断面図である。

【図3】本発明の中空系膜モジュールにおける固定部材の一例を示す斜視図である。

【図4】本発明の中空系膜モジュールにおける固定部材の別の一例を示す断面図である。

【図5】本発明の中空系膜モジュールの別の一例を示す斜視図である。

【図6】本発明の中空系膜モジュールユニットの一例を示す斜視図である。

【図7】本発明の中空系膜モジュールユニットの位置固定部の一例を示す断面図である。

【図8】本発明の中空系膜モジュールユニットを鉛直方向に積み上げた際の一例を示す正面図である。

【図9】本発明の膜濾過装置の一例を示すフロー図である。

【図10】本発明の膜濾過装置における浸漬水槽底面の一例を示す概念図である。

40

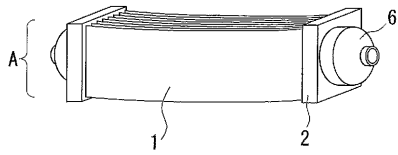
【符号の説明】

【0070】

1 シート状中空系膜 2 固定部材 3 直方体部 4 円筒部 6 集水キャップ
8 ネジ 9 シール部材 10 ハウジング A 中空系膜モジュール

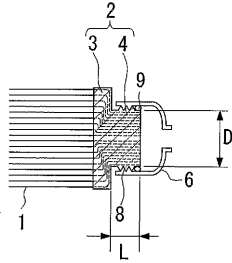
【図1】

図1



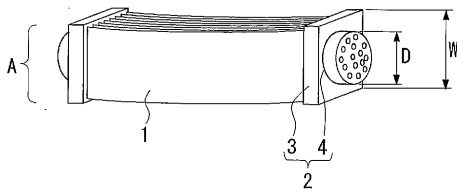
【図2】

図2



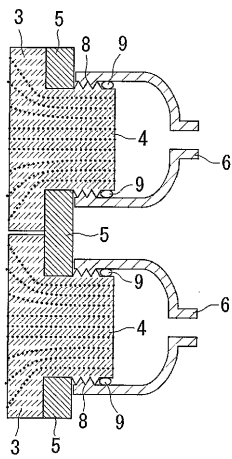
【図3】

図3



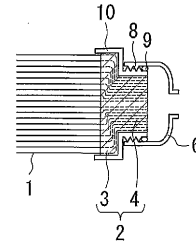
【図7】

図7



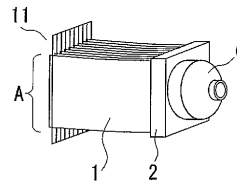
【図4】

図4



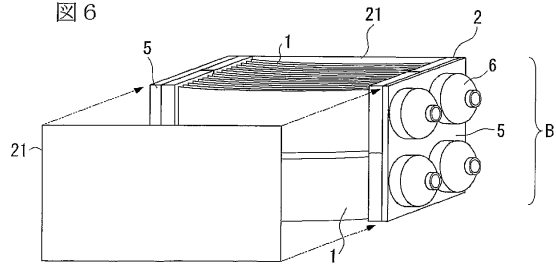
【図5】

図5



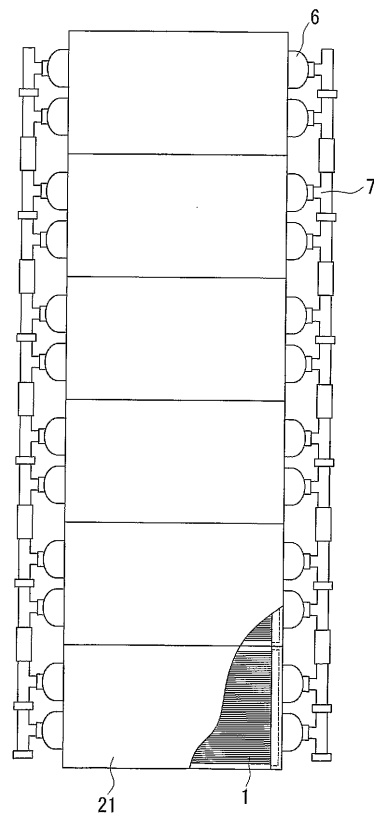
【図6】

図6



【図8】

図8



【 図 9 】

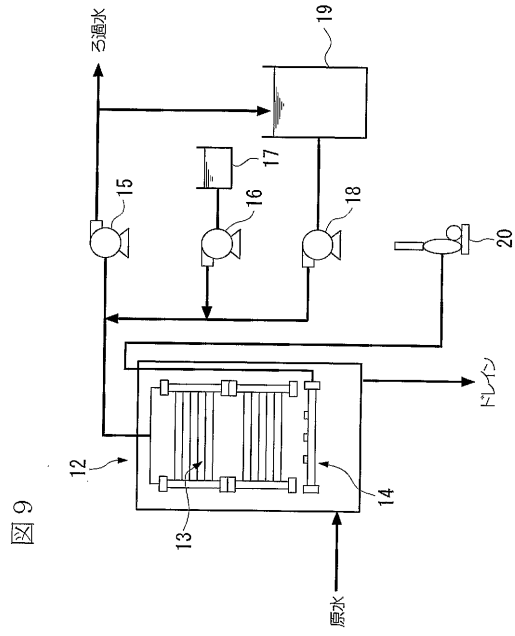
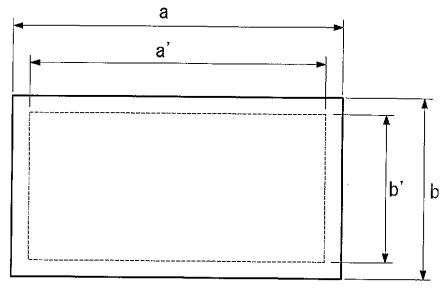


図 9

【 図 10 】

図 10



フロントページの続き

- (74)代理人 100108453
弁理士 村山 靖彦
- (72)発明者 竹田 哲
日本国愛知県名古屋市東区砂田橋四丁目1番60号 三菱レイヨン株式会社商品開発研究所内
- (72)発明者 小林 真澄
日本国愛知県名古屋市東区砂田橋四丁目1番60号 三菱レイヨン株式会社商品開発研究所内
- (72)発明者 未吉 信也
日本国愛知県名古屋市東区砂田橋四丁目1番60号 三菱レイヨン株式会社商品開発研究所内
- (72)発明者 鎌田 正俊
日本国愛知県名古屋市東区砂田橋四丁目1番60号 三菱レイヨン株式会社商品開発研究所内
- (72)発明者 木下 育男
日本国愛知県名古屋市東区砂田橋四丁目1番60号 三菱レイヨン株式会社商品開発研究所内
- (72)発明者 中原 禎仁
日本国愛知県名古屋市東区砂田橋四丁目1番60号 三菱レイヨン株式会社商品開発研究所内

審査官 齊藤 光子

- (56)参考文献 特開2001-205054(JP,A)
特開平06-099038(JP,A)
特開平03-242230(JP,A)
特開平07-275667(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01D 63/02
B01D 63/04
C02F 1/44