

(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2012-192365

(P2012-192365A)

(43) 公開日 平成24年10月11日(2012.10.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B O 1 D 65/10 (2006.01)	B O 1 D 65/10	4 D 0 0 6
C O 2 F 1/44 (2006.01)	C O 2 F 1/44	A
B O 1 D 65/02 (2006.01)	B O 1 D 65/02	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2011-59367 (P2011-59367)
 (22) 出願日 平成23年3月17日 (2011.3.17)

(71) 出願人 000004400
 オルガノ株式会社
 東京都江東区新砂1丁目2番8号
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
 (72) 発明者 宮ノ下 友明
 東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガ
 ノ株式会社内
 (72) 発明者 福水 圭一郎
 東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガ
 ノ株式会社内
 Fターム(参考) 4D006 GA06 GA07 HA01 HA18 HA19
 HA21 HA41 HA61 HA95 KA52
 KA54 KA57 KA63 KC03 KC13
 KE30P LA03 MA01 MA02 MA03
 MC63 PA01 PC01 PC11

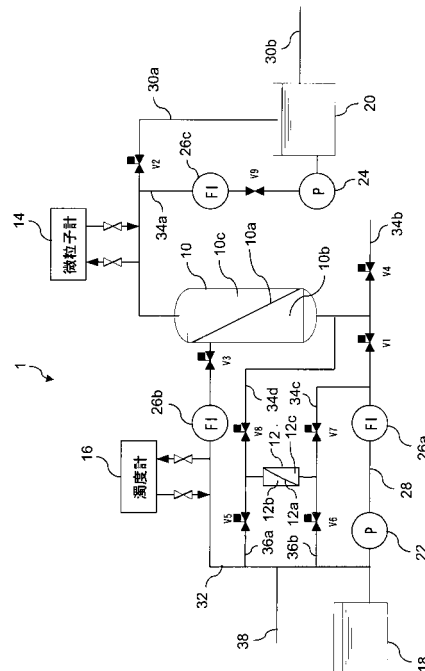
(54) 【発明の名称】 膜ろ過システム及びろ過膜損傷検知方法

(57) 【要約】

【課題】被処理水のろ過処理と共に、ろ過膜の損傷を監視する膜ろ過システム及びろ過膜損傷検知方法を提供する。

【解決手段】内部に配置されたる過膜10aにより一次側領域10bと二次側領域10cとに区分され、一次側領域10bから供給された被処理水中の分離対象物質をろ過膜10aによりろ過する膜ろ過装置10と、前記被処理水中にモニター用微粒子を添加して、前記モニター用微粒子を添加した被処理水を一次側領域10bで循環させる循環水ライン32と、一次側領域10bからろ過膜10aを介して二次側領域10cへ透過した処理水中の微粒子数を測定する微粒子計14と、を備える膜ろ過システム1を用いる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

内部に配置されたる過膜により一次側領域と二次側領域とに区分され、前記一次側領域から供給された被処理水中の分離対象物質を前記ろ過膜によりろ過する膜ろ過装置と、前記被処理水中にモニター用微粒子を添加する添加手段と、前記一次側領域から前記ろ過膜を介して前記二次側領域へ透過した処理水中の微粒子数を測定する微粒子数測定手段と、を備えることを特徴とする膜ろ過システム。

【請求項 2】

前記添加手段により前記モニター用微粒子を添加した被処理水を前記一次側領域で循環させる循環手段を備えることを特徴とする請求項 1 記載の膜ろ過システム。

10

【請求項 3】

前記循環手段には、前記一次側領域で循環する被処理水の濁度または微粒子数を測定する手段を備えることを特徴とする請求項 2 記載の膜ろ過システム。

【請求項 4】

前記循環手段には、前記循環する被処理水中のモニター用微粒子を回収するろ過膜を有する回収用膜ろ過装置を備えることを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の膜ろ過システム。

【請求項 5】

前記モニター用微粒子は貴金属粒子であり、粒子直径は 50 nm ~ 100 nm の範囲であり、被処理水中への添加量は $10^5 \sim 10^{10}$ 個 / ml の範囲であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の膜ろ過システム。

20

【請求項 6】

前記回収用膜ろ過装置のろ過膜の膜面積は、前記膜ろ過装置のろ過膜の膜面積の 1 / 10 以下であることを特徴とする請求項 4 記載の膜ろ過システム。

【請求項 7】

前記回収用膜ろ過装置により前記モニター用微粒子を回収した後に、前記膜ろ過装置のろ過膜の逆洗を行う第 1 逆洗手段と、

前記第 1 逆洗手段による逆洗の後に、前記回収用膜ろ過装置のろ過膜の逆洗を行う第 2 逆洗手段と、を備えることを特徴とする請求項 4 記載の膜ろ過システム。

【請求項 8】

膜ろ過装置内部に配置されたる過膜の一次側領域から供給された被処理水中の分離対象物質を前記ろ過膜によりろ過するろ過工程と、

前記被処理水中にモニター用微粒子を添加する添加工程と、

前記ろ過膜の一次側領域から前記ろ過膜を介して前記ろ過膜の二次側領域へ透過した処理水中の微粒子数を測定する微粒子数測定工程と、を備えるろ過膜損傷検知方法。

30

【請求項 9】

前記添加工程で前記モニター用微粒子を添加した被処理水を前記ろ過膜の一次側領域で循環させる循環工程を備えることを特徴とする請求項 8 記載のろ過膜損傷検知方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

40

【0001】

本発明は、膜ろ過システムを構成するろ過膜の損傷を検知する技術に関する。

【背景技術】**【0002】**

半導体などの精密機器部品の洗浄、食品や医薬品分野の滅菌洗浄処理に使用する水は、微粒子や細菌を高度に除去したろ過水であることが望まれる。このような高純度ろ過水を得るための膜ろ過装置としては、従来から、精密ろ過膜装置や限外ろ過膜装置等が知られている。これらの膜ろ過装置を構成するろ過膜が、物理的、化学的な損傷等を受けると、その損傷箇所から微粒子等がリークするため、ろ過性能が低下し、水質が悪化してしまう。ろ過性能の低下を連続監視する方法として、例えば、ろ過膜を通過した処理水（ろ過水

50

)をレーザー式の精密微粒子計によって連続測定する方法が知られている。また、ろ過性能の低下を連続監視する方法とは言えないが、例えば、ろ過膜に加圧空気を供給し、ろ過膜を通過する空気量を検出して、ろ過膜の損傷を検知する空気リークチェック(バブルポイント測定)や、ろ過水を損傷確認用の除濁膜に通水して、損傷確認用の除濁膜の急激な圧力上昇またはろ過流量の低下を検知して、ろ過膜の損傷を検知する方法等を用いて、ろ過性能の低下を監視する方法がある(例えば、特許文献1~3参照)。

【0003】

ろ過性能の低下を連続監視する方法に用いられる精密微粒子計の定量下限値は、現状、 $0.05\mu\text{m}$ の微粒子で1個/mlである(例えば、リオン社製、液中パーティクルセンサKS-18F)。

10

【0004】

ここで、例えば河川水から清浄度の高い水を得る処理について考えてみると、通常、まず砂ろ過処理が行われ、濁質が除去された上で、イオン交換処理や逆浸透ろ過等が行われる。このような処理により微粒子が高度に除去された純水が得られる。前述した精密ろ過膜装置や限外ろ過膜装置では、こうして得られた純水中に僅かに残存する微粒子等が除去対象となる。一般的に、逆浸透ろ過によって得られた純水中に含まれる微粒子の数は、 $0.1\mu\text{m}$ の微粒子では200個/ml前後、 $0.05\mu\text{m}$ の微粒子では1,000~3,000個/ml程度である。この純水を限外ろ過した処理水に含まれる微粒子の数は、 $0.05\mu\text{m}$ の微粒子が0.5個/10ml以下という少なさである。純水を、例えば中空糸膜によって限外ろ過する際、数万本もある膜の1本に損傷が生じて純水中に含まれる微粒子が漏れ出したとしても、他の健全な膜によって処理された微粒子をほとんど含まない処理水によって数万倍に希釈されるため、例え精密微粒子計を用いたとしても、微粒子の漏れを検出するのは極めて困難である。

20

【0005】

一方、空気リークチェック(バブルポイント測定)、ろ過水を損傷確認用の除濁膜に通水する方法では、原水の処理と膜の損傷の検知とは別々に行われるため、膜の損傷が発生してから検知されるまでの間に得られた処理水がユースポイントに到達してしまう危険性がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0006】

【特許文献1】特開2005-13992号公報

【特許文献2】特開平1-307409号公報

【特許文献3】特開平6-15271号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、本発明の目的は、被処理水の高度なるろ過処理と共に、精密微粒子計による監視などでも検出が困難なるろ過膜の損傷を監視する膜ろ過システム及びろ過膜損傷検知方法を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の膜ろ過システムは、内部に配置されたるろ過膜により一次側領域と二次側領域とに区分され、前記一次側領域から供給された被処理水中の分離対象物質を前記ろ過膜によりろ過する膜ろ過装置と、前記被処理水中にモニター用微粒子を添加する添加手段と、前記一次側領域から前記ろ過膜を介して前記二次側領域へ透過した処理水中の微粒子数を測定する微粒子数測定手段と、を備える。

【0009】

また、前記膜ろ過システムにおいて、前記添加手段により前記モニター用微粒子を添加した被処理水を前記一次側領域で循環させる循環手段を備えることが好ましい。

50

【0010】

また、前記膜ろ過システムにおいて、前記循環手段には、前記一次側領域で循環する被処理水の濁度または微粒子数を測定する手段を備えることが好ましい。

【0011】

また、前記膜ろ過システムにおいて、前記循環手段には、前記一次側領域での被処理水の循環供給を停止する際に、前記被処理水中のモニター用微粒子を回収するろ過膜を有する回収用膜ろ過装置を備えることが好ましい。

【0012】

また、前記膜ろ過システムにおいて、前記モニター用微粒子は貴金属粒子であり、粒子直径は50nm～100nmの範囲であり、被処理水中への添加量は $10^5 \sim 10^{10}$ 個/mlの範囲であることが好ましい。

10

【0013】

また、前記膜ろ過システムにおいて、前記回収用膜ろ過装置のろ過膜の膜面積は、前記膜ろ過装置のろ過膜の膜面積の1/10以下であることが好ましい。

【0014】

また、前記膜ろ過システムにおいて、前記回収用膜ろ過装置により前記モニター用微粒子を回収した後に、前記膜ろ過装置のろ過膜の逆洗を行う第1逆洗手段と、前記第1逆洗手段による逆洗の後に、前記回収用膜ろ過装置のろ過膜の逆洗を行う第2逆洗手段と、を備えることが好ましい。

20

【0015】

また、本発明のろ過システムは、膜ろ過装置内部に配置されたるろ過膜の一次側領域から供給された被処理水中の分離対象物質を前記ろ過膜によりろ過するろ過工程と、前記被処理水中にモニター用微粒子を添加する添加工程と、前記ろ過膜の一次側領域から前記ろ過膜を介して前記ろ過膜の二次側領域へ透過した処理水中の微粒子数を測定する微粒子数測定工程（本発明のろ過膜損傷検知方法）と、を備える。

【0016】

また、前記ろ過膜損傷検知方法において、前記添加工程で前記モニター用微粒子を添加した被処理水を前記ろ過膜の一次側領域で循環させる循環工程を備えることが好ましい。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、ろ過膜による被処理水のろ過処理と共に、ろ過膜の損傷を監視することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本実施形態に係る膜ろ過システムの構成の一例を示す模式図である。

【図2】膜ろ過システムにおけるろ過及び循環工程時の運転フロー図である。

【図3】膜ろ過システムにおけるモニター用微粒子の回収工程の運転フロー図である。

【図4】膜ろ過システムにおける第1逆洗工程の運転フロー図である。

【図5】膜ろ過システムにおける第2逆洗工程の運転フロー図である。

【図6】実施例1において微粒子計で計測した粒子数の結果を示す図である。

40

【図7】実施例1において濁度計で計測した濁度の結果を示す図である。

【図8】実施例2において微粒子計で計測した粒子数の結果を示す図である。

【図9】実施例2において濁度計で計測した濁度の結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、本実施形態は本発明を実施する一例であって、本発明は本実施形態に限定されるものではない。

【0020】

図1は、本実施形態に係る膜ろ過システムの構成の一例を示す模式図である。図1に示す膜ろ過システム1は、膜ろ過装置10、回収用膜ろ過装置12、微粒子計14、濁度計

50

16、原水槽18、処理水槽20、原水ポンプ22、逆洗ポンプ24、流量計26a、26b、26c、各配管ライン、を備えるものである。膜ろ過装置10の内部には、ろ過膜10aが配置され、膜ろ過装置10の内部が一次側領域10b及び二次側領域10cに区分されている。また、回収用膜ろ過装置12も同様に、その内部には、ろ過膜12aが配置され、回収用膜ろ過装置12の内部が一次側領域12b及び二次側領域12cに区分されている。

【0021】

原水槽18と膜ろ過装置10の一次側供給口(不図示)との間には原水流入ライン28が接続されており、膜ろ過装置10の二次側排出口(不図示)と処理水槽20の入口との間には処理水排出ライン30aが接続されている。処理水槽20の出口には処理水排出ライン30bが接続されている。原水流入ライン28には原水ポンプ22、流量計26a、第1バルブV1が設置されており、処理水排出ライン30aには微粒子計14及び第2バルブV2が設置されている。膜ろ過装置10の一次側排出口(不図示)と原水ポンプ22より上流側の原水流入ライン28との間には循環水ライン32が接続されている。循環水ライン32には第3バルブV3及び流量計26bが設置されている。処理水槽20の排出口(不図示)と第2バルブV2より上流側の処理水排出ライン30aとの間には逆洗水ライン34aが接続されており、第1バルブV1より下流側の原水流入ライン28には逆洗水ライン34bが接続されている。逆洗水ライン34aには、逆洗ポンプ24及び流量計26cが設置され、逆洗水ライン34bには第4バルブV4が設置されている。循環水ライン32と回収用膜ろ過装置12の一次側供給口(不図示)との間には回収ライン36aが接続されており、回収用膜ろ過装置12の二次側排出口(不図示)と回収ライン36aの接続箇所より下流側の循環水ライン32との間には、回収ライン36bが接続されている。回収ライン36aには、第5バルブV5が設けられ、回収ライン36bには第6バルブV6が設けられている。第1バルブV1と原水ポンプ22との間の原水流入ライン28と回収用膜ろ過装置12の二次側排出口(あるいは第6バルブV6より上流側の回収ライン36b)との間には逆洗水ライン34cが接続されており、回収用膜ろ過装置12の一次側供給口(あるいは第5バルブV5より下流側の回収ライン36a)と第1バルブV1より上流側の原水流入ライン28との間には、逆洗水ライン34dが接続されている。逆洗水ライン34cには第7バルブV7が設置され、逆洗水ライン34dには第8バルブV8が設置されている。循環水ライン32には、モニター用微粒子添加ライン38が接続されている。

10

20

30

【0022】

一般的な膜ろ過方式としては、全ての被処理水をろ過する全量ろ過方式と、被処理水をろ過しながら一部を原水に戻す循環ろ過方式がある。本発明の膜ろ過システムは、全量ろ過方式にも循環ろ過方式にも適用できるが、膜損傷の検知に金属微粒子を使用するため、一次側で微粒子濃度を一定に管理できる循環ろ過方式に適用することが好ましい。

【0023】

本実施形態の膜ろ過システムの動作を説明する。

【0024】

図2は、膜ろ過システムにおける循環ろ過工程時の運転フロー図である。図中の矢印は運転時の水の流れを表しており、また、白表示のバルブは開状態、黒表示のバルブは閉状態を表している。

40

【0025】

原水槽18内には、微粒子、微生物等の分離対象物質を含む被処理水が貯留されている。本実施形態は、微粒子がほとんど含まれていない純水を処理対象としてろ過処理する場合でも、そのろ過処理に用いられるろ過膜の損傷を発見することができるものであるため、例えば、処理の対象となる水としては、砂ろ過処理等の後に更にイオン交換処理、逆浸透ろ過膜等を行うことにより得られる処理水等が適している。

【0026】

まず、原水流入ライン28の第1バルブV1、処理水排出ライン30aの第2バルブV

50

2、循環水ライン32の第3バルブV3を開き、原水ポンプ22を稼働させる。原水槽18内の分離対象物質を含む被処理水は、原水流入ライン28から膜ろ過装置10の一次側領域10bに流入する。被処理水の一部はろ過膜10aを介して膜ろ過装置10の二次側領域10cへ透過すると共に、被処理水中の分離対象物質はろ過膜10aにより除去される。膜ろ過装置10の二次側領域10cへ透過しなかった被処理水は循環ライン32を通り、原水流入ライン28に戻って循環する。二次側領域10cへ透過した処理水は、処理水排出ライン30aを通り、処理水槽20に貯留される。また、処理水は処理水槽20に所定量貯留された段階で、処理水排出ライン30bから引き抜かれ、系外へ排出される。このようにして被処理水中の分離対象物質をろ過膜10aにより除去するろ過工程が行われる。そして、ろ過工程中にろ過膜10aの損傷等が起こると、その損傷部分から分離対象物質がリークすることになるが、例えば、被処理水が微量の分離対象物質を含む純水等であると、リークする分離対象物質も微量であるため、通常、微粒子計で検知することができず、ろ過膜の損傷の発見が遅れる虞があった。

10

20

30

40

50

【0027】

しかし、本実施形態では、以下に説明する方法によって、循環ろ過工程中に、ろ過膜10aの損傷を検知することができる。前述した循環ろ過工程中に、モニター用微粒子添加ライン38にモニター用微粒子(例えば、金ナノコロイド)を投入する。ここで、ろ過膜10aに損傷等が発生していない通常状態では、モニター用微粒子は、一部ろ過膜10aに捕集されるかもしれないが、大部分は循環水ライン32を通る被処理水と共に一次側領域10bを循環する。また、ろ過膜10aに損傷等が発生した異常状態では、その損傷部分からモニター用微粒子や分離対象物質が通過し、膜ろ過装置10の二次側領域10cへリークすることとなる。そして、モニター用微粒子は処理水と共に処理水排出ライン30aを通る際に、処理水排出ライン30aに設置した微粒子計14により処理水中の微粒子数が計測される(微粒子数測定工程)。このような構成によって、ろ過膜10aの損傷が発生していれば、微粒子計により計測可能な量のモニター用微粒子が処理水排出ライン30aを通るため、ろ過膜10aの損傷が発生しているか否かを連続的に監視することが可能となる。

【0028】

また、本実施形態では、例えば、微粒子計14により計測される微粒子数に予め閾値を設定し、その閾値を超えた場合には、ろ過膜10aが損傷していると判断し、作業者が原水ポンプ22の稼働を停止する。或いは、微粒子計14と原水ポンプ22とを電氣的に連動させ、予め設定した閾値を超えた場合には、自動的に原水ポンプ22を停止するようにしてもよい。また、微粒子計14にブザー等を設置して、その閾値を超えた場合には、ブザーから警告音を発し、作業者に原水ポンプ22の稼働停止を促すような構成にしてもよい。

【0029】

また、ろ過膜10aの損傷は、微粒子計14による計測に加え、循環水ライン32に設置した濁度計16を併用してもよい。すなわち、ろ過膜10aをモニター用微粒子が通過すれば、その分だけ循環水ライン32を通るモニター用微粒子も低減するため、循環水ライン32を通る被処理水の濁度が低下することとなる。したがって、微粒子計14による微粒子数の計測に加え、濁度計16による被処理水の濁度を計測することにより、ろ過膜10aの損傷をより確実に監視することが可能となる。本実施形態では、例えば、微粒子計14及び濁度計16により計測される数値に予め閾値を設定し、処理水排出ライン30aを通る処理水中の微粒子がその閾値を超え、循環水ライン32を通る被処理水の濁度がその閾値を低下した場合には、ろ過膜10aが損傷していると判断し、原水ポンプ22の稼働を停止するような構成であってもよい。

【0030】

膜ろ過装置10の一次側領域10bで被処理水の循環を継続していくと、モニター用微粒子が膜ろ過装置10のろ過膜10aに捕集されていき、循環するモニター用微粒子の量が減少していく場合がある。このように循環するモニター用微粒子の量が減少すると、ろ

過膜 10 a の損傷が発生しても、その損傷箇所からリークするモニター用微粒子の量も減少する虞がある。そうすると、ろ過膜 10 a の損傷が発生していても、その損傷箇所からリークするモニター用微粒子の量が微量となるため、微粒子計 14 による微粒子数の計測ができず、ろ過膜 10 a の損傷の発生を確認できない場合がある。そこで、本実施形態では、濁度計 16 によって循環水ライン 32 を通る被処理水の濁度を検知することによって、循環水ライン 32 を流れるモニター用微粒子の量を監視することが望ましい。例えば、濁度計 16 により計測される数値に予め閾値を設定し、循環水ライン 32 を通る被処理水の濁度がその閾値を下回った場合には、膜ろ過装置 10 のろ過膜 10 a の損傷を確認することができる量のモニター用微粒子が循環していないと判断し、モニター用微粒子添加ライン 38 からモニター用微粒子を所定量投入することが好ましい。

10

【0031】

図 3 は、膜ろ過システムにおけるモニター用微粒子の回収工程の運転フロー図である。

【0032】

前述したろ過工程及び循環工程を継続していくと、膜ろ過装置 10 のろ過膜 10 a にモニター用微粒子や被処理水中の分離対象物質がろ過膜 10 a に捕集される。このような状態になると、循環するモニター用微粒子の減少によってろ過膜 10 a の損傷が確認できないばかりか、ろ過膜 10 a の目詰まりによるろ過速度の減少が引き起こされる。そのため、定期的にもろ過処理及び循環処理工程を停止して、膜ろ過装置 10 の逆洗（第 1 逆洗）を行う必要がある。しかし、後述するようにモニター用微粒子は高価な貴金属粒子等を使用する必要があるため、モニター用微粒子の有効利用を図る点で、その逆洗工程の前には、モニター用微粒子を回収することが好ましい。以下に、図 3 を用いて、その回収工程について説明する。

20

【0033】

回収工程では、原水流入ライン 28 の第 1 バルブ V1、循環水ライン 32 の第 3 バルブ V3、回収ライン 36 a の第 5 バルブ V5、回収ライン 36 b の第 6 バルブ V6 を開き、ろ過工程で開いた処理水排出ライン 30 a の第 2 バルブ V2 を閉じ、原水ポンプ 22 を稼働させる。循環水ライン 32 中の被処理水は、回収ライン 36 a を通り、回収用膜ろ過装置 12 の一次側領域 12 b に流入する。被処理水は、ろ過膜 12 a を介して回収用膜ろ過装置 12 の二次側領域 12 c へ透過すると共に、被処理水中のモニター用微粒子はろ過膜 12 a により回収される。二次側領域 12 c へ透過した被処理水は、回収ライン 36 b、

30

【0034】

原水流入ライン 28、膜ろ過装置 10 の一次側領域 10 b を通り、再度循環水ライン 32 へ流れる。このように循環させることにより、被処理水中に添加したモニター用微粒子を回収することができる。

図 4 は、膜ろ過システムにおける第 1 逆洗工程の運転フロー図である。前述したようにろ過膜 10 a の目詰まり等を防止するために、（モニター用微粒子を回収後）定期的に膜ろ過装置 10 のろ過膜 10 a の逆洗（第 1 逆洗工程）を行うことが好ましい。第 1 逆洗工程では、逆洗水ライン 34 b の第 4 バルブ V4 を開き（逆洗水ライン 34 a のバルブ V9 も開き）、前述した原水流入ライン 28 の第 1 バルブ V1、循環水ライン 32 の第 3 バルブ V3、回収ライン 36 a の第 5 バルブ V5、回収ライン 36 b の第 6 バルブ V6 を閉じ

40

【0035】

図 5 は、膜ろ過システムにおける第 2 逆洗工程の運転フロー図である。膜ろ過装置 10 のろ過膜 10 a の逆洗後には、回収用膜ろ過装置 12 により回収したモニター用微粒子を再利用するため等に、回収用膜ろ過装置 12 のろ過膜 12 a の逆洗（第 2 逆洗工程）を行

50

うことが好ましい。第2逆洗工程では、処理水排出ライン30aの第2バルブV2、逆洗水ライン34cの第7バルブV7、逆洗水ライン34dの第8バルブV8を開き、前述した逆洗水ライン34bの第4バルブV4を閉じる。また、逆洗ポンプ24を停止して、原水ポンプ22を稼働させる。原水槽18内の分離対象物質を含む被処理水が、原水流入ライン28から逆洗水ライン34cを通り、回収用膜ろ過装置12の二次側領域12cに流入する。被処理水はろ過膜12aを介して回収用膜ろ過装置12の一次側領域12bへ透過すると共に、ろ過膜12aからモニター用微粒子が剥離される。一次側領域12bへ透過した被処理水は逆洗水ライン34dを通り、膜ろ過装置10の一次側領域10bに流入する。被処理水は、ろ過膜10aを介して膜ろ過装置10の二次側領域10cに透過する。この際、少量のモニター用微粒子はろ過膜10aに捕捉されてしまうが、ろ過膜10aに捕捉されたモニター用微粒子を剥離して循環水中のモニター用微粒子濃度を向上させるために、第2逆洗工程の後に、第1逆洗工程と同様の流路で5秒程度の短時間通水を行う工程（剥離工程）を設けてもよい。

10

【0036】

上記これらの各工程を1サイクルとして、このサイクルを繰り返すことにより、ろ過膜の損傷を長期に亘って精度よく監視することができる。

【0037】

また、本実施形態により得られる処理水は、食品加工工場、化学工場、半導体工場、機械工場等の洗浄水等として使用される。また、本実施形態の膜ろ過システムは、ろ過膜の損傷を精度よく発見することができるため、滅菌を目的とした膜ろ過装置の除去性能の管理を連続的かつ容易に行うことが可能となり、殺菌を目的とした熱処理の代替方法として用いることができる。その結果、殺菌に必要な熱エネルギーが不用になるため、除去が必要な被処理水を低コストで処理することができる。

20

【0038】

次に、各部の構成等について説明する。

【0039】

本実施形態に使用されるモニター用微粒子は、ろ過膜10aの損傷によって分離対象物質がリークしていることを確認するために被処理水に添加されるものであるため、分離対象物質と同程度の粒径を有する必要がある。これは、分離対象物質の種類にもよるが、モニター用微粒子の粒子直径は、例えば50nm～100nmの範囲であることが望ましい。また、モニター用微粒子は、その成分が処理水に溶け出して処理水質に悪影響を与えないように、耐腐食性を有する金、銀、白金、パラジウム、ロジウム、イリジウム、ルテニウム、オスミウム等の貴金属微粒子や、酸化被膜によって耐腐食性を有するチタン、アルミニウム等の金属微粒子、或いはセラミック微粒子等が挙げられる。微粒子の製造、耐腐食性の点では、特に金微粒子がモニター用微粒子として適しており、具体的には、金ナノコロイド（BBI社製、粒径0.05μm）等が挙げられる。

30

【0040】

モニター用微粒子の添加量は、ろ過膜10aの損傷を確認することができるように適宜設定されればよいが、例えば、被処理水中に $10^5 \sim 10^{10}$ 個/mlの範囲とすることが好ましい。モニター用微粒子の添加量が、 10^5 個/mlより少ないと、ろ過膜10aの損傷箇所からリークするモニター用微粒子の量が少なく、処理水排出ライン30aに設置した微粒子計14によって粒子数を測定することができず、ろ過膜10aの損傷の確認が遅れる場合がある。また、モニター用微粒子の添加量が 10^{10} 個/mlより多いと、ろ過工程中に膜ろ過装置10のろ過膜10aに捕集される量が多くなり、該ろ過膜10aの目詰まりが頻繁に発生する虞がある。

40

【0041】

本実施形態では、膜ろ過装置10の一次側領域10bでの被処理水の循環は、循環水ライン32を原水流入ライン28に接続することにより行っているが、必ずしもこの構成に制限されるものではなく、例えば、循環水ライン32の一端を膜ろ過装置10の一次側排出口に接続し、他端を膜ろ過装置10の一次側供給口に接続し、循環水ライン32に循環

50

用ポンプを設置する構成等であってもよい。

【0042】

また、本実施形態では、回収用膜ろ過装置によるモニター用微粒子の回収の際には、被処理水を下向流で通水し、第2逆洗工程の際には、被処理水を上向流で通水しているが、必ずしもこれに制限されるものではなく、例えば、それらの通水方向を逆にしてもよい。

【0043】

本実施形態で用いられる膜ろ過装置10は、処理水の用途、水質、被処理水中の微粒子（モニター用微粒子も含む）の粒径、量等に合わせて適宜選択されればよいが、高度純水の製造を目的とする場合には、例えば逆浸透ろ過装置等が挙げられ、また、純水中の微粒子除去を目的とする場合には、例えば、限外膜ろ過装置、精密膜ろ過装置等が挙げられる。膜ろ過装置10に設置するろ過膜10aのモジュール形式は、中空系状、スパイラル状、チューブラ状、平膜状等のいずれの形式でも問題ない。また、膜モジュールのろ過方式は、全量ろ過方式とクロスフローろ過方式があり、いずれのろ過方式でもかまわないが、前述したように、膜損傷の検知に金属微粒子を使用するため、一次側で微粒子濃度を一定に管理できるクロスフローろ過方式が好ましい。また、膜ろ過への通水方式は、外圧型と内圧型があり、どちらの通水方式でも問題ない。また、本実施形態で用いられる回収用膜ろ過装置12は、モニター用微粒子を回収することができるものであれば特に制限されるものではないが、本システムを簡易な構成とするために、膜ろ過装置10と同じ種類のろ過装置を使用することが望ましい。

10

【0044】

本実施形態で用いられる回収用膜ろ過装置12のろ過膜12aの膜面積は、膜ろ過装置10のろ過膜10aの膜面積より小さいことが好ましく、1/10以下であることがより好ましい。回収用膜ろ過装置12のろ過膜12aの膜面積が、膜ろ過装置10のろ過膜10aの膜面積より大きいと、ろ過膜12で回収した微粒子の剥離が不十分となる場合がある。

20

【0045】

原水流入ライン28を通る被処理水の流量、循環水ライン32を通る被処理水の流量、逆洗水ライン34aを通る処理水の流量の調整等は、各ラインに設置された流量計26a、26b、26cに基づいて、原水ポンプ22、逆洗ポンプ24の出力を調整することにより適宜行われるが、例えば、原水ポンプの流量：逆洗ポンプの流量が、1：2～1：5の範囲に設定されることが望ましい。

30

【実施例】

【0046】

以下、実施例を挙げ、本発明をより具体的に詳細に説明するが、本発明は、以下の実施例に限定されるものではない。

【0047】

（実施例1）

図1に示した膜ろ過システム1を用いて、前述した循環ろ過工程（微粒子測定工程も含む）、回収工程、第1逆洗工程、第2逆洗工程を1サイクルとして、計120回（60日）行った。各工程におけるバルブの開閉状態、ポンプの稼働状態、及び各工程の運転時間を表1にまとめた。

40

【0048】

【表 1】

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	原水 ポンプ	逆洗 ポンプ	時間
ろ過及び 循環工程	開	開	開	閉	閉	閉	閉	閉	閉	稼働	停止	715分
回収工程	開	閉	開	閉	開	開	閉	閉	閉	稼働	停止	3分
第1逆洗工程	閉	閉	閉	開	閉	閉	閉	閉	開	停止	稼働	1分
第2逆洗工程	閉	開	閉	閉	閉	閉	開	開	閉	稼働	停止	1分

10

【0049】

実施例1で使用した処理水は、純水製造装置から排出された純水を使用した。この純水の中には、 $0.05 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の微粒子が $2000 \text{個}/\text{ml}$ 存在していた。膜ろ過システム1で使用した純水の処理水量は約 $500 \text{m}^3/\text{d}$ であった。

【0050】

実施例1の膜ろ過装置10として、限外ろ過膜装置を用いた。限外ろ過膜装置の詳細は以下に示す通りである。

寸法：外径 $300 \text{mm} \times$ 高さ 1500mm

ろ過面積（膜面積）： 50m^2

ろ過膜：中空系型 / 膜本数 22000 本 / モジュール、ポリエーテルスルホン製、公称分画分子量 150000Da （分画粒子径 8.3nm ）

ろ過方式：クロスフロー

ろ過フラックス： $5.0 \text{m}^3/\text{d}$

処理流量： $10.4 \text{m}^3/\text{h}$

循環水量： $20.8 \text{m}^3/\text{h}$

逆洗：1日2回実施

【0051】

実施例1の回収用膜ろ過装置12として、限外ろ過膜装置を用いた。回収用限外ろ過膜装置の詳細は以下に示す通りである。

寸法：外径 $40 \text{mm} \times$ 高さ 400mm

ろ過面積（膜面積）： 0.13m^2

ろ過膜：中空系型、ポリエーテルスルホン製、公称分画分子量 150000Da （分画粒子径 8.3nm ）

【0052】

実施例1のモニター用微粒子として、金ナノコロイド（BBI社製、粒径 $0.05 \mu\text{m}$ ）を用い、 $4.5 \times 10^{10} \text{個}/\text{ml} \times 100 \text{ml}$ を使用した。金ナノコロイド添加直後の循環系内における被処理水の濁度は、 0.022 度であり、粒子数は $4.5 \times 10^7 \text{個}/\text{ml}$ であった。

【0053】

循環水ライン32に設置する濁度計16には、日立ハイテクコントロールシステムズ社製のAN455C形粒子計測機能付高感度濁度計を用いた。濁度計16によって、循環水ライン32を通る被処理水の濁度を1分毎に計測した。

【0054】

処理水排出ライン30aに設置した微粒子計14には、リオン社製の液中パーティクルセンサKS-18F（測定レンジ $0.05 \sim 0.2 \mu\text{m}$ ）を用いた。微粒子によって、処理水排出ライン30aを通る処理水中の微粒子を1分毎に計測した。

【0055】

実施例1では特に制御は行っていないが、実装置の運転では、例えば、微粒子計14により計測される処理水中の微粒子数が $0.05 \mu\text{m}$ 以上で $10 \text{個}/\text{ml}$ 以上となったら、ろ過膜10aの損傷が発生したと判断して装置の運転を停止し、また、濁度計16により

50

計測される被処理水の濁度が 0.015 度以下となったら金ナノコロイドを補充するように規定してもよい。

【0056】

図6に、実施例1において微粒子計で計測した粒子数の結果を示し、図7に、実施例1において濁度計で計測した濁度の結果を示す。図6の結果(各プロット)は1サイクル中の循環ろ過工程における微粒子数の最大値である。図7の結果(各プロット)は1サイクル中の循環ろ過工程における濁度の最小値である。

【0057】

図6に示すように、処理水排出ライン30aを通る処理水中の微粒子は常に10個/ml以下で推移した。すなわち、ろ過膜10aの損傷が発生していないことを確認した。グラフ上の太線は微粒子計の設定値で(ここでは10個/mlに設定している)、設定値を超える微粒子数が検出された場合は、ろ過膜が損傷していると判断して、装置が停止するように制御することもできる。念のため、運転終了後に、膜ろ過装置10のろ過膜10aに空気リークチェックを行った結果、ろ過膜10aの損傷は発生していなかった。また、図7に示すように、循環水ライン32を通る被処理水の濁度は10サイクル目から徐々に下がりはじめ55サイクル目(23日目)で0.015度となった。これは、回収用の限外膜ろ過装置にて完全に回収できなかった微粒子が逆洗時に系外に排出されるためである。今回の例では、48回目で金ナノコロイドの補充が必要であることが確認された。

【0058】

(実施例2)

限外ろ過膜10a装置のろ過膜22000本のうち1本を切断した膜モジュールを用いて、ろ過及び循環工程(粒子数測定工程)を継続して行ったこと以外は、実施例1と同様の条件で運転を行った。運転時間は300分とした。なお、微粒子計14により計測される処理水中の微粒子数が0.05µm以上で10個/ml以上となっても、装置の運転を継続し、また、濁度計16により計測される被処理水の濁度が0.015度以下となっても金ナノコロイドを補充していない。

【0059】

図8に、実施例2において微粒子計14で計測した粒子数の結果を示し、図9に、実施例2において濁度計で計測した濁度の結果を示す。図8のグラフ上の太線は、図6と同様であり、図9のグラフ上の太線は、図7と同様である。

【0060】

図8に示すように、処理水排出ライン30aを通る処理水中の微粒子は25~204個/mlの間で変動した。処理水中の平均微粒子数は52個/mlであった。一方、循環水ライン32を通る被処理水の濁度は運転時間の経過とともに徐々に減少し、運転時間70分で0.015度となり、それ以後も減少した。微粒子計14による微粒子数及び濁度計16による濁度の経時変化を観察すると、通水時間の経過とともに被処理水中の金ナノコロイドが、ろ過膜10aの切断箇所からリークして、処理水中に流出したと判断できる。なお、実際の運転においては、処理水中の微粒子数が10個/ml以上となった時点で運転を停止することもできる。その後、空気リークチェック等で膜の損傷の有無を確認し、空気リークチェック等で間違いなく損傷していると確認された場合、膜モジュールを交換することが望ましい。

【符号の説明】

【0061】

1 膜ろ過システム、10 膜ろ過装置、10a ろ過膜、10b 一次側領域、10c 二次側領域、12 回収用膜ろ過装置、12a ろ過膜、12b 一次側領域、12c 二次側領域、14 微粒子計、16 濁度計、18 原水槽、20 処理水槽、22 原水ポンプ、24 逆洗ポンプ、26a, 26b, 26c 流量計、28 原水流入ライン、30a, 30b 処理水排出ライン、32 循環水ライン、34a, 34b, 34c, 34d 逆洗水ライン、36a, 36b 回収ライン、38 モニター用微粒子添加ライン。

10

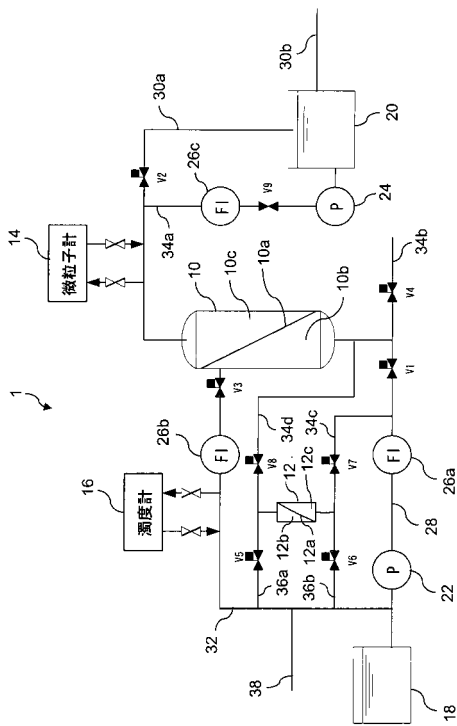
20

30

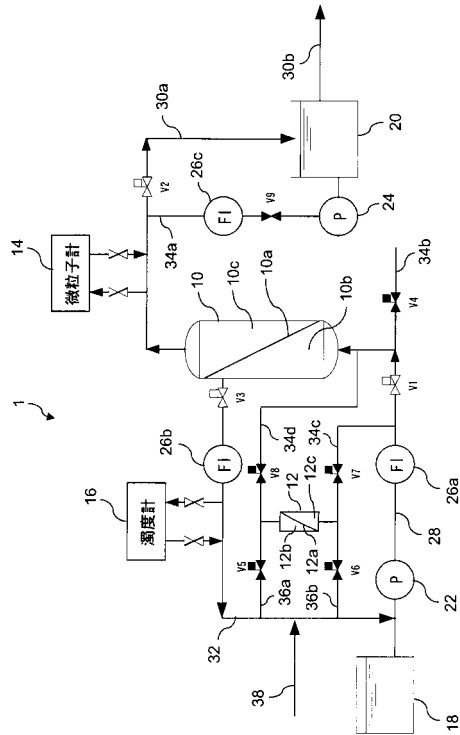
40

50

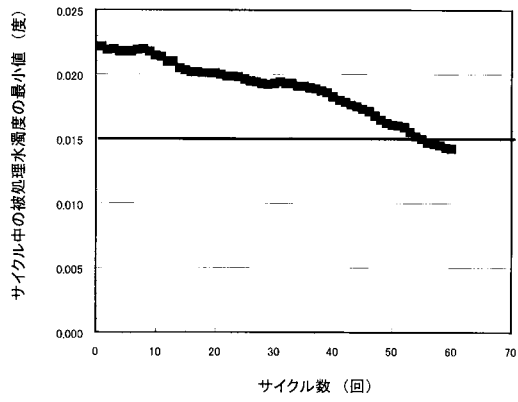
【 図 1 】



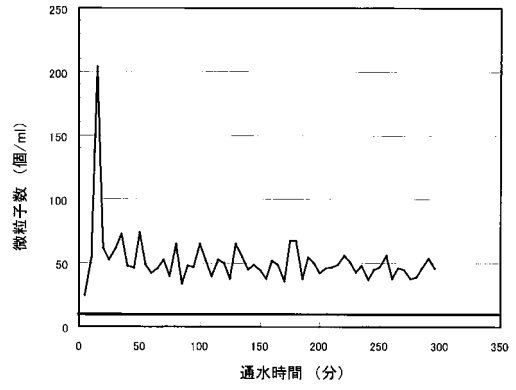
【 図 2 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

