

明 細 書

発明の名称：薬注制御方法

技術分野

[0001] 本発明は水系へのスライムコントロール剤の注入量を制御する薬注制御方法に関するものであり、好適には逆浸透膜（ＲＯ膜）システムにおけるスライムを抑制して逆浸透膜のファウリングを防止する薬注制御方法に関する。

背景技術

[0002] 海水淡水化プラントや排水回収プラントでは、電解質や中低分子の有機成分を効率的に除去することができるＲＯ膜装置が広く用いられている。ＲＯ膜装置を含む水処理装置では、通常、ＲＯ膜装置の前段に圧力濾過装置、重力濾過装置、凝集沈澱処理装置、加圧浮上濾過装置、浸漬膜装置、膜式前処理装置などの前処理装置が設けられ、被処理水はこれらの前処理装置により前処理された後、ＲＯ膜装置に供給されてＲＯ膜分離処理される。

[0003] このような水処理装置においては、被処理水中に含まれる微生物が、装置配管内や膜面で増殖してスライムを形成し、系内の微生物繁殖による臭気発生、ＲＯ膜の透過水量低下といった障害を引き起こすことがある。微生物による汚染を防止するためには、被処理水に殺菌剤を常時又は間欠的に添加し、被処理水又は装置内を殺菌しながら処理する方法が一般的である。

[0004] 特にＲＯ膜でのトラブルを解決するために、クロラミンやクロロスルファミン酸ナトリウムといった結合塩素系酸化剤のほか、結合臭素系酸化剤、イソチアゾロン系化合物などの微生物増殖を抑制する化合物を含有するスライムコントロール剤を添加して微生物増殖を抑制する方法が採られている。

[0005] スライムコントロール剤の添加量制御方法として、特許文献１には、ＲＯ膜ユニットの非透過側の差圧を測定し、この差圧が基準値よりも低いときと高いときとで薬注量を異ならせることが記載されている。

[0006] 特許文献２には、薬注された水系のスライムと微生物の呼吸活性を測定し、この測定値に応じて薬注量を制御することが記載されている。

[0007] 特許文献3には、スライムコントロール剤を添加する時間（添加期間）と添加しない時間（無添加期間）とを設ける、所謂、間欠添加することで、薬剤使用量（薬注量）を低減する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2011-224543号公報

特許文献2：特開2012-210612号公報

特許文献3：国際公開WO2013/005787号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は、水系へのスライムコントロール剤の最適添加量の決定を迅速化し、またスライム負荷の変動や被処理水の流量の変動に対応して安定したスライム抑制を達成することができる薬注制御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

[0010] 本発明の要旨は次の通りである。

[0011] [1] 逆浸透膜装置に供給される被処理水に添加されるスライムコントロール剤の薬注量を制御する方法において、

該逆浸透膜装置のファウリングに関する指標値の変化速度に基づいて前記薬注量を制御することを特徴とする薬注制御方法。

[0012] [2] 前記逆浸透膜装置に供給される被処理水に存在するスライムコントロール剤の濃度を変更するよう、前記薬注量の制御を行うことを特徴とする[1]に記載の薬注制御方法。

[0013] [3] 前記スライムコントロール剤の被処理水への添加が添加工程と休止工程とを有する間欠添加であって、

該間欠工程と休止工程の少なくとも一方の時間を変更することで、前記薬注量の制御を行うことを特徴とする[1]に記載の薬注制御方法。

[0014] [4] 前記指標値の変化速度は、ファウリングの進行速度と正の相関を有するものであって、

設定されたサンプリング期間における前記指標値の平均変化速度が閾値 A 以下である場合、薬注量を規定量低下させることを特徴とする [1] ~ [3] のいずれかに記載の薬注制御方法。

[0015] [5] 薬注量が異なる薬注レベルが複数レベル設定されており、制御開始当初は、予め設定した所定の薬注レベルで薬注を開始し、前記サンプリング期間が経過する度に、該サンプリング期間における指標値の平均変化速度と前記閾値 A とを比較し、

該平均変化速度が前記閾値 A 以下である場合には、薬注量を 1 段階以上少ないレベルに低下させる工程を繰り返し実施し、

前記平均変化速度が前記閾値 A を超えた場合には、その薬注レベルをそのまま維持するか、または薬注量を 1 段階以上多いレベルとし、この薬注レベルを最適薬注レベルとする最適薬注レベル探索モードを有することを特徴とする [4] に記載の薬注制御方法。

[0016] [6] 前記最適薬注レベル探索モードで最適薬注レベルを決定した後、前記最適薬注レベルで運転を継続する安定運転モードを有することを特徴とする [5] の薬注制御方法。

[0017] [7] 前記安定運転モードでは、

前記設定されたサンプリング期間が経過する度に、前記サンプリング期間における前記平均変化速度と前記閾値 A とを比較し、前記平均変化速度が前記閾値 A 以下である場合には、同じ薬注レベルでの運転を継続する工程を繰り返し実施し、同じ薬注レベルでの運転において、前記平均変化速度と前記閾値 A との比較を連続して n 回実施した場合には、薬注量を 1 段階以上少ないレベルに低下させることを特徴とする [6] の薬注制御方法。

[0018] [8] 薬注量が異なる薬注レベルが複数レベル設定されており、所定の薬注レベルで薬注を実施し、前記サンプリング期間が経過する度に、前記サンプリング期間における前記平均変化速度と前記閾値 A とを比較し、前記平均

変化速度が前記閾値 A 以下である場合には、同じ薬注レベルでの運転を継続する工程を繰り返し実施し、同じ薬注レベルでの運転において、前記平均変化速度と前記閾値 A との比較を連続して n 回実施した場合には、薬注量を 1 段階以上少ないレベルに低下させることを特徴とする安定運転モードを有する [1] から [4] に記載の薬注制御方法。

[9] 前記安定運転モードでは、前記サンプリング期間が経過する毎に、前記平均変化速度と閾値 A とを比較し、前記平均変化速度が閾値 A よりも大きい場合には、薬注量を j 段階多いレベル (j は 1 以上の整数) に増加させることを特徴とする [6] から [8] に記載の薬注制御方法。

[0019] [10] 前記安定運転モードでは、閾値を前記閾値 A よりも大きい閾値 B を設定し、

前記サンプリング期間が経過する毎に前記平均変化速度と閾値 B とを対比し、

前記平均変化速度が前記閾値 B よりも大きい場合には、薬注量を m 段階多いレベル (m は 2 以上の整数) に増加させることを特徴とする [9] に記載の薬注制御方法。

[0020] [11] 前記指標値は、前記逆浸透膜装置の非透過側の差圧又は給水圧であることを特徴とする [1] ~ [10] のいずれかに記載の薬注制御方法。

[0021] [12] 前記指標値の平均変化速度は、ファウリングの進行速度と負の相関を有するものであって、前記指標値の設定されたサンプリング期間の平均変化速度が閾値 A 以上である場合、薬注量を規定量低下させることを特徴とする [1] ~ [3] のいずれかに記載の薬注制御方法。

発明の効果

[0022] 本発明によると、スライムコントロール剤の添加開始時に薬注量が自動的に最適に調整される。

[0023] 本発明の一態様によると、薬注量が安定した後に差圧上昇が認められた場合は、自動的に薬注量が適正值に切り替えられる。

[0024] また、本発明の一態様によると、薬注量が安定した後に、薬注量を 1 段階

以上下げることにより、薬品使用量を削減できる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]ROシステムの構成図である。

[図2]制御ユニットの表示画面の説明図である。

[図3]本発明の一例を説明するフローチャートである。

[図4]本発明の一例を説明するフローチャートである。

[図5]本発明の一例を説明するフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0026] 本発明方法では、逆浸透膜装置に供給される被処理水に添加されるスライムコントロール剤の薬注量を、該逆浸透膜装置のファウリングに関する指標値の変化速度に基づいて前記薬注量を制御する。

[0027] 前記指標値の変化速度は、ファウリングの進行速度と正の相関を有するもの（例えば差圧）であってもよく、負の相関を有するものであってもよい。

[0028] 以下に、指標値がファウリングの進行速度と正の相関を有する場合を説明する。この場合の一態様では、設定されたサンプリング期間における前記指標値の平均変化速度が閾値A以下である場合、薬注量を規定量低下させる。

[0029] この態様の一例では、薬注量が異なる薬注レベルが複数レベル設定されており、制御開始当初は、予め設定した所定の薬注レベルで薬注を開始し、前記サンプリング期間が経過する度に、該サンプリング期間における指標値の平均変化速度と前記閾値Aとを比較し、該平均変化速度が前記閾値A以下である場合には、薬注量を1段階以上少ないレベルに低下させる工程を繰り返して実施し、前記平均変化速度が前記閾値Aを超えた場合には、その薬注レベルをそのまま維持するか、または、薬注量を1段階以上多いレベルとし、この薬注レベルを最適薬注レベルとする最適薬注レベル探索モードを行う。

[0030] 本発明の一例では、前記最適薬注レベル探索モードで最適薬注レベルを決定した後、前記最適薬注レベルで運転を継続する安定運転モードを行う。

[0031] 前記安定運転モードの一例では、前記設定されたサンプリング期間が経過する度に、前記サンプリング期間における前記平均変化速度と前記閾値Aと

を比較し、前記平均変化速度が前記閾値 A 以下である場合には、同じ薬注レベルでの運転を継続する工程を繰り返し実施し、同じ薬注レベルでの運転において、前記平均変化速度と前記閾値 A との比較を連続して n 回実施した場合には、薬注量を 1 段階以上少ないレベルに低下させる。

[0032] 前記安定運転モードの別の一例では、前記サンプリング期間が経過する毎に、前記平均変化速度と閾値 A とを比較し、前記平均変化速度が閾値 A よりも大きい場合には、薬注量を j 段階多いレベル（j は 1 以上の整数）に増加させる。また、前記閾値 A よりも大きい閾値 B を設定し、前記サンプリング期間が経過する毎に前記平均変化速度と閾値 B とを対比し、前記平均変化速度が前記閾値 B よりも大きい場合には、薬注量を m 段階多いレベル（m は 2 以上の整数）に増加させる。

[0033] 以下、図面を参照して実施の形態について詳細に説明する。

[0034] 図 1 は R O システムの構成図であり、被処理水が配管 4 を介して R O 装置 5 に供給され、透過水が配管 6 から取り出され、濃縮水が配管 7 から取り出される。

[0035] 配管 4 には流量計 1 が設けられており、その測定値が制御ユニット 10 に入力される。配管 4 に対し、貯留槽 2 内のスライムコントロール剤溶液が薬注ポンプ 3 を介して添加される。薬注ポンプ 3 は制御ユニット 10 によって制御される。配管 4、7 にそれぞれ圧力計 8、9 が設けられている。該圧力計 8、9 の検出値が制御ユニット 10 に入力され、両者の差から R O 装置 5 の非透過側の差圧 ΔP が演算される。

[0036] 本発明では、差圧の平均上昇速度（単位時間当りの差圧の上昇値）に基づいてステップの薬注量（添加量）が制御される。

[0037] 本発明の一実施の形態では、薬注量が少ない側から多い方へ複数段階（レベル）、特に限定するものではないが 2 ～ 100 段階、好ましくは 3 ～ 80 段階特に好ましくは 4 ～ 50 段階、とりわけ好ましくは 5 ～ 10 段階設定されており、差圧の上昇速度が所定の範囲以下の場合には、薬注レベルを順次に引き下げる。そして、差圧の上昇速度が所定の範囲以下の場合で最も少な

いレベルにて薬注を継続する。なお、この設定された段階（レベル）の数を x と表わすことがある。

[0038] なお、差圧の平均上昇速度は、サンプリング期間 S の差圧－時間グラフにおける傾きを最小二乗法によって求めることができる。

[0039] 上記のサンプリング期間 S は $0.5 \sim 720$ h 特に $24 \sim 336$ h とりわけ $72 \sim 168$ h が好ましい。差圧の測定間隔は $72 \sim 1008$ min 特に $216 \sim 504$ min 程度が好ましい。

[0040] 本発明の薬注制御の一例を図 3 に示す。

[0041] はじめに最も添加量の多いレベルで薬注を開始する（ステップ 30）。設定したサンプリング期間 S 経過後に該期間中の差圧の平均上昇速度（ $d\Delta P / dt$ ）を算出する。差圧の平均上昇速度が閾値 A を超えているときには、最も多い薬注量にて薬注を継続する（ステップ 31）。平均上昇速度が A 以下であれば、1 段階下の薬注レベルに変更する（ステップ 31 → 32）。次いで、同様に、設定したサンプリング期間 S を経過する毎に、差圧平均上昇速度が閾値 A を超えていないかを判定し（ステップ 33）、 A を超えていなければさらに 1 段階下の薬注レベルに変更する（ステップ 33 → 32）。この操作を繰り返し、差圧の平均上昇速度が閾値 A を超えた場合には、薬注レベルを 1 段階上のレベルとする（ステップ 33 → 34）。なお、差圧の平均上昇速度が閾値 A を超えた場合には、その薬注レベルをそのまま維持してもよい。

[0042] その後は、図 3 の破線で示すように、ステップ 31 に戻って同様の制御を行うか、又は、ステップ 34 で設定された薬注量を基準とした、図 4 又は図 5 に示す安定運転モードにて薬注を行う。

[0043] ステップ 34 で設定された薬注量は、複数レベル設定した薬注レベルのうち、差圧の平均上昇速度が閾値 A 以下となる最少の薬注レベル（最適薬注レベル）である。したがって、スタートからステップ 34 までのステップは、最適薬注レベルを探索するための最適薬注レベル探索モードの一例となる。

[0044] 上記の最適薬注レベル探索モードでは、ステップ 31、ステップ 34 ではレ

ベルを1段階変化させているが、特にこれに限定されるものではなく、設定した段階の数 x よりも小さい範囲で、適宜設定することができる。例えば、予め設定した段数を x 、変化させる段数を y とした場合、 y/x は0.05以上、特に0.3以上で且つ0.5以下、特に0.4以下であることが好ましい。これを式で表わすと、 y/x は以下のような範囲となるよう設定することができる。なお、 x は、前述の通り、好ましくは2～100、さらに好ましくは3～80、さらに好ましくは4～50、さらに好ましくは5～10である。

$$(0.05 \sim 0.3) \leq y/x \leq (0.4 \sim 0.5)$$

[0045] 図4の安定運転モード(1)を次に説明する。

[0046] 上記のステップ34で設定された薬注レベルで、設定したサンプリング期間 S 経過後に、差圧平均上昇速度と閾値 A とを比較し(ステップ41)、平均上昇速度が閾値 A 以下であれば、再度、同じ薬注レベルで運転を継続し、再びサンプリング期間 S 経過後に、差圧平均上昇速度と閾値 A とを比較する(ステップ41→42→41)。この操作を繰り返し実行し、同じ薬注レベルで、連続して n 回、差圧平均上昇速度が閾値 A 以下の場合には、薬注レベルを1段少ないレベルに低下させ(ステップ41→42→43)、その薬注レベルで運転を継続する(ステップ43→41)。なお、上記 n はあらかじめ設定した2以上(例えば2～20、特に2～10)の数である。

[0047] 途中で、サンプリング期間 S での差圧の平均上昇速度が閾値 A を超えた場合には、薬注レベルを j 段(j は1以上の整数)、例えば1段多いレベルにあげ(ステップ41→44)、この薬注レベルで運転を継続する(ステップ44→41)。

[0048] 安定運転モードの別例を図5に示す。設定したサンプリング期間 S 経過後に、差圧平均上昇速度と閾値 A とを比較し(ステップ51)、平均上昇速度が A 以下であれば、図4の安定運転モード(1)と同様、再度、同じ薬注レベルで運転を継続し、再びサンプリング期間 S 経過後に、差圧平均上昇速度と閾値 A とを比較する(ステップ51→52→51)。この操作を繰り返し

実行し、同じ薬注レベルで、連続して n 回、差圧平均上昇速度が閾値 A 以下の場合には、薬注レベルを 1 段少ないレベルに低下させ（ステップ 5 1 → 5 2 → 5 3）、その薬注レベルで運転を継続する（ステップ 5 3 → 5 1）。

[0049] この安全運転モード（2）では、 A よりも大きい閾値 B を設定する。途中で、サンプリング期間 S での差圧平均上昇速度が閾値 A を超えた場合には、次に、差圧平均上昇速度と閾値 B とを比較し、閾値 B 以下であれば、薬注レベルを 1 段多いレベルにあげ（ステップ 5 4 → 5 5）、この薬注レベルで運転を継続する（ステップ 5 5 → 5 1）。そして、差圧平均上昇速度と閾値 B との比較において、差圧平均上昇速度が閾値 B を超えた場合には、薬注レベルを m 段（ m は 2 以上の整数）、例えば 2 段多いレベルに上げ（ステップ 5 4 → 5 6）、この薬注レベルで運転を継続する（ステップ 5 6 → 5 1）。 m は例えば 2 ~ 20、特に 2 ~ 10 の間から選択される。

[0050] 上記閾値 B と A の比 B/A は 1.0 以下特に 2 ~ 5 程度が好ましい。また、上記、 n は 20 以下特に 2 ~ 10 程度が好ましい。 n は整数でなくても良い。

[0051] 最も薬注量が少ないレベルで運転している場合には、図 3 のステップ 3 2、図 4 のステップ 4 3 あるいは図 5 のステップ 5 3 などにおいて、薬注レベルを下げるできない。このような場合には、薬注レベルを下げることなく、最も薬注量が少ないレベルのままで、次のステップ、図 3 ではステップ 3 3 又は安定運転モードに、図 4 ではステップ 4 1、図 5 ではステップ 5 1 に移行する。

[0052] 最も薬注量が多いレベルで運転している場合には、図 4 のステップ 4 4、図 5 のステップ 5 5、5 6 など、薬注レベルを上げることができない。場合には、薬注レベルを上げることなく、最も薬注量が多いレベルのままで、次のステップ、図 4 ではステップ 4 1 に、図 5 ではステップ 5 1 に移行する。

[0053] 上記の安定運転モードでは、ステップ 4 3、ステップ 4 4、ステップ 5 3 およびステップ 5 5 ではレベルを 1 段階変化させているが、特にこれに限定

されるものではなく、設定した段数 x よりも小さい範囲で、適宜設定することができる。例えば予め設定した段数を x 、変化させる段数を z とした場合、 z/x は0.05以上、特に0.3以上で且つ0.5以下、特に0.4以下であることが好ましい。

[0054] また、上記の態様では、最適薬注レベル探索モードに引き続き、安定運転モードに移行しているが、最適薬注レベル探索モードと安定運転モードとの間に別の工程（モード）を存在させても良いし、最適薬注レベル探索モードを省略して安定運転モードから運転を実施しても良い。

[0055] 上記の制御は制御ユニット10によって行われる。スライムコントロール剤を間欠的に添加する場合の制御ユニット10の表示画面の一例を図2に示す。なお、図示は省略するが、制御ユニット10には、各種の値を入力するために、タッチパネル、キーボード等の入力手段が設けられている。

[0056] この画面60では、現時点における差圧上昇速度を表示する表示部61、閾値Aの表示部62、閾値Bの表示部63、サンプリング期間Sの表示部64等が設けられている。この例では、薬注レベルはNo. 1～No. 6の6段階設定されており、各レベルにおける薬注比の表示部65、薬注ポンプのONタイムの表示部66及びOFFタイムの表示部67が設けられている。さらに、実行されている薬注レベルを点灯により表示する点灯部68が設けられている。

[0057] なお、薬注比は、最も薬注ポンプの吐出量が多いレベルのものを100%とした場合の各レベルの薬注量を表わしている。

[0058] また、この実施の形態（間欠添加）では、薬注ポンプ3はPWM制御されており、ONタイムはポンプONの時間（デューティ）を表わし、OFFタイムにポンプOFFの時間を表わし、薬注比は全て同一の値（例えば100%）とし、ポンプONの時間及び／又はポンプOFFの時間をそれぞれ異なる時間とすることで、異なる薬注レベルを設定する。ただし、薬注ポンプ制御はPWM制御に限定されず、パルス制御でもアナログ制御であってもよい。

- [0059] 画面60には、1回のサンプリング時間Sを計測するタイマーをスタートさせてからの経過時間を表示する表示部を設けてもよい。
- [0060] 上記実施の形態では、RO装置5の非透過側の差圧 ΔP の上昇速度を指標値としているが、RO膜給水圧（圧力計8検出値）の上昇速度を指標値としてもよい。RO膜給水圧も、ファウリングの進行速度と正の相関関係を有する。
- [0061] 前述の通り、指標値は、ファウリングの進行速度と負の相関関係を有するものであってもよい。例えば、RO装置5の透過流束や透過流量等の変化速度（低下速度）を指標値としてもよい。
- [0062] 透過流束や透過流量は、膜のファウリングのみならず、温度や膜間差圧によっても異なる。したがって、透過流束や透過流量を用いる場合、標準膜間差圧及び標準温度条件下に換算した、補正透過流束、補正透過流量を用いることが好ましい。
- [0063] 指標値がファウリングの進行速度と負の相関関係を有するものである場合、上記のファウリングの進行速度と正の相関関係を有する場合における「A以下」等を「A以上」等と逆にすればよい。例えば、設定されたサンプリング期間における前記指標値の平均変化速度（例えば、RO装置5の補正透過流束の変化速度）が閾値A以上である場合、薬注量を規定量低下させるようにする。
- [0064] 上記実施の形態では、ポンプON（添加工程）の時間とポンプOFF（休止工程）の時間の少なくとも一方を変更することで薬注量の制御を行っているが、薬注ポンプ3の吐出側と配管4とを接続する配管に設けた開閉バルブ（図示せず）の開度の変更や、薬注ポンプ3自体の吐出量の変更によって、被処理水中に注入されるスライムコントロール剤の薬注量を制御しても良い。
- [0065] また、上記実施の形態では、スライムコントロール剤の添加は添加工程と休止工程とを有する間欠添加で行っているが、休止工程を設けない連続添加であっても良い。連続添加の場合には、上述の開閉バルブの開度や薬注ポン

プ3自体の吐出量自体を変更することで薬注量を制御することができる。

[0066] スライムコントロール剤としては、結合塩素系、結合臭素系スライムコントロール剤、イソチアゾロン化合物などのいずれでもよい。結合塩素系スライムコントロール剤としてはスルファミン酸化合物を含有するものが例示される。

[0067] 本発明では、制御ユニット6に、上記以外の制御モードでの制御を行うプログラムを搭載してもよい。このようなプログラムとしては例えばスライムコントロール剤添加条件として系内でのスライムコントロール剤濃度を設定し、スライムコントロール剤濃度に相関を有する指標の測定値に基づいて添加条件通りのスライムコントロール剤濃度を維持するようスライムコントロール剤注入量制御を行うプログラムが例示される。スライムコントロール剤として結合塩素系あるいは結合臭素系スライムコントロール剤を用いる場合には、DPD法の測定により前記指標を得ることができる。

[0068] 系内のスライムコントロール剤濃度を設定する場合には、図2の薬注比に変えて、系内のスライムコントロール剤濃度あるいはスライムコントロール剤濃度に相関する指標を用いることができる。

[0069] 本発明を特定の態様を用いて詳細に説明したが、本発明の意図と範囲を離れることなく様々な変更が可能であることは当業者に明らかである。

本出願は、2019年1月28日付で出願された日本特許出願2019-012435に基づいており、その全体が引用により援用される。

符号の説明

- [0070] 3 薬注ポンプ
 5 RO装置
 8, 9 圧力計
 10 制御ユニット