

明 細 書

発明の名称：膜蒸留装置及びその運転方法

技術分野

[0001] 本発明は、膜蒸留装置及びその運転方法に関する。

背景技術

[0002] 膜蒸留装置は、疎水性平膜または疎水性中空糸膜の一次側に加温された被処理液を通水し、膜の二次側を一次側の蒸気圧以下にすることで、被処理液から蒸気のみを回収し、被処理液を濃縮するよう構成されている。膜蒸留装置は、一般的な蒸留装置と異なり、膜を用いることによって蒸発表面積が増え、装置が小型化するというメリットを有する。

[0003] 膜蒸留装置の従来例の一例を図2に示す。給水タンク1内に貯留された被処理液が給水ポンプ2を有した配管3を介して熱交換器（加温器）4に送水され、高温流体と熱交換して加温された後、配管5を介して膜モジュール10に送水される。

[0004] この従来例では、膜モジュール10は中空糸膜モジュールである。膜モジュール10では、多数本の中空糸11が引き揃えられて中空糸束とされ、上下方向に配設されている。中空糸束の上端側及び下端側がポッティング材12、13で結束されている。

[0005] 中空糸束は膜モジュール10のケーシング14内に配置されており、上側ポッティング材12の上側に流入室15が形成され、下側ポッティング材13の下側に流出室16が形成されている。各中空糸11内はそれぞれ流入室15及び流出室16内に連通している。

[0006] 配管5からの被処理液は、流入室15から各中空糸11内（一次側）に流入し、中空糸11を通り、流出室16へ流れ、該流出室16から配管6を介して給水タンク1に戻る。

[0007] ケーシング14内における中空糸11外であって且つポッティング材12、13間が二次側17である。

- [0008] 該二次側 17 は、配管（蒸気配管）20、熱交換器（冷却器）21、配管 22、凝縮水タンク 23 及び配管 24 を介して減圧装置 25 に連通しており、該減圧装置 25 によって該二次側 17 が減圧される。
- [0009] 被処理液が中空系 17 内（一次側）を流れる間に被処理液中の水が中空系 11 を透過し、蒸気となって二次側 17 から配管 20 へ吸引排出され、熱交換器 21 で冷却されて凝縮水が生成する。凝縮水は、凝縮水タンク 23 に貯留される。
- [0010] この従来例では、ケーシング 14 内の二次側 17 と給水タンク 1 内の上部（気相部 1a）とが配管 7 で連通されている。
- [0011] 給水タンク 1 の気相部 1a、配管 20 及び配管 5 内の圧力を検出するように圧力センサ P1、P2、P3 が設置されている。

先行技術文献

特許文献

- [0012] 特許文献1：特開平 3－5 2 6 2 7
- [0013] 上記膜蒸留装置にあっては、減圧装置 25 の負圧が二次側 17 から配管 7 を介して給水タンク 1 内に伝達される。そのため、給水ポンプ 2 の吸込側における配管 3 内の圧力が低くなり、キャビテーションが発生するおそれがある。このキャビテーションを防止するためには、給水タンク 1 内の水頭（水面高さ）H を大きくする必要があり、給水タンク 1 の高さを大きくする設計が必要となる。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0014] 本発明は、給水タンクの高さを大きくすることなく、給水ポンプのキャビテーションを防止することができる膜蒸留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

- [0015] 本発明の膜蒸留装置は、ケーシング内が疎水性膜によって一次側と二次側

とに隔てられている膜モジュールと、該膜モジュールの一次側に被処理液を循環供給するための、給水タンク及び給水ポンプを有した被処理液循環供給手段と、該膜モジュールの二次側を減圧する減圧装置と、該膜モジュールの二次側と前記給水タンクの気相部とを連通する連通手段とを有する膜蒸留装置において、該給水タンクの気相部と膜モジュールの二次側との圧力差が20～90kPaであることを特徴とする。

[0016] 本発明の一態様では、前記連通部は、前記圧力差を調整する圧力差調整手段を有する。

[0017] 本発明の一態様では、前記圧力差調整手段を有する前記連通部は、弁を備えた配管である。

[0018] 本発明の一態様では、前記連通部は配管であり、該配管の内径が、前記二次側を減圧して蒸気を吸引排出するように該二次側に接続された蒸気配管の内径の1/4以下である。

[0019] 本発明の膜蒸留装置の運転方法は、かかる本発明の膜蒸留装置の運転方法であって、前記圧力差が20～90kPaとなるように前記弁の開度を調整することを特徴とする。

発明の効果

[0020] 本発明によると、二次側と給水タンク内の気相部との圧力差を20～90kPaに調整することにより、送水ポンプの吸込側の圧力を確保し、キャビテーションを防止することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]実施の形態に係る膜蒸留装置の構成図である。

[図2]従来例に係る膜蒸留装置の構成図である。

[図3]沸点とゲージ圧との関係図である。

発明を実施するための形態

[0022] 図1は、実施の形態に係る膜蒸留装置の構成を示している。

[0023] この実施の形態では、膜モジュール10の二次側17と給水タンク1の気相部1aとを連通する配管7に、二次側17と該気相部1aとの圧力差を調

整するための弁8が設けられている。なお、弁8を設ける代りに配管7の径を小さくすることにより、二次側17と気相部1aとの圧力差を調整するようにしてもよく、配管7の径を小さくし、且つ弁8を設けるようにしてもよい。また配管7の一部の径を小さくしてもよい。

[0024] 配管7の径を小さくする場合、配管7の内径は、蒸気配管20の内径の $1/4$ （25%）以下、好ましくは0.5～25%、特に好ましくは1～20%である。なお配管7は、膜蒸留装置の運転停止後の再起動前または運転中に膜モジュール10の二次側に滞留する凝縮液又は析出物を排出する目的で設置されており、配管7の内径は小さくても膜蒸留装置の運転管理上の影響はほとんどない。一方、配管7の内径が大きい場合、圧力差を所定値に安定して調整するには弁8の開閉を頻繁に行うことになり運転管理が難しくなる。また弁8を閉にした場合は膜モジュール10の二次側に凝縮液又は析出物が滞留する可能性があり、膜蒸留装置の安定運転上問題となる。

また配管7の長さは0.2～4m、特に0.5～2mであることが好ましい。

[0025] 本発明では、圧力センサP1で検出される給水タンクの気相部1aの圧力 P_1 と、圧力センサP2によって検出されるケーシング14内の二次側17の圧力 P_2 との差 $P_1 - P_2$ が20～90kPa好ましくは20～70kPaとなるように弁8の開度（又は配管7の管径）を設定する。

[0026] これにより、気相部1aの過度な圧力低下が防止され、給水タンク1の水頭Hを大きくすることなく、給水ポンプ2の吸込側でのキャビテーションを防止することができる。

[0027] P_2 のゲージ圧（大気圧との差）は-100～-40kPa特に-100～-60kPa程度が好ましい。

[0028] なお、図1のその他の構成は図2と同様であり、同一符号は同一部分を示している。

[0029] 上記中空糸11としては、疎水性中空糸膜が好適である。中空糸の内径（直径）は0.1～3.0mm特に0.5～2.0mmであることが好ましく

、厚みすなわち中空糸の外径（半径）と内径（半径）との差は0.01～1.0 mm、特に0.1～0.5 mmが好ましい。中空糸の長さは200～2000 mm、特に300～1000 mmが好ましい。中空糸の充填率(中空糸の断面積の和/ケーシングの断面積)は5%～50%、特に15%～35%が好ましい。中空糸の素材としては、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリフッ化ビニリデン及びポリテトラフルオロエチレンなどが例示されるが、これらに限定されない。

[0030] 上記説明では、中空糸が用いられているが、疎水性平膜が用いられてもよい。

[0031] 被処理液としては、食塩、リン酸、塩酸、弗酸、硫酸等の酸性溶液、アンモニア水のようなアルカリ廃液、メッキ廃水などの水溶液が好適である。中空糸内における被処理液の通水速度（線速度）は400～2000 mm/sec、特に700～1500 mm/sec程度が好適である。膜モジュール10に流入する際の被処理液の温度は45～150℃、特に50～80℃程度が好適である。

[0032] なお、上記の好適な条件は、好適な一例を示すものであり、本発明は上記条件に限定されるものではない。

実施例

[0033] [比較例1]

<実験装置および条件>

図2に示す装置を下記条件で運転したときの給水タンク内圧力 P_1 と、膜二次側の圧力 P_2 の値を測定した。試験条件は以下のとおりである。

[0034] 中空糸11：ポリテトラフルオロエチレン製、
内径1.0 mm、厚さ0.3 mm、長さ600 mm、1本
膜モジュール10のケーシング14：内径10 mm、高さ690 mm
給水：NaCl 1%水溶液
給水温度：60℃
膜モジュール入口圧力 P_3 ：-80 kPa（ゲージ圧）

給水量：40 mL/min（中空糸内の線速度850 mm/sec）

二次側圧力 P_2 ：-90 kPa（ゲージ圧）

蒸気配管20の内径：6 mm

配管7の内径：6 mm

配管7の長さ：1 m

液面高さH：50 cm

[0035] ＜結果、考察＞

膜二次側が減圧されると同時に、給水タンク1内の圧力も急激に減少し、給水タンク圧力 P_1 が-70 kPaに達した段階で、キャビテーションが生じ、-80 kPaに達した段階で沸騰が始まった。

[0036] 図3にこの水溶液の圧力と沸点との関係を示す。この関係より、給水温度が60℃であれば-80 kPaで沸騰が生じると考えられる。

[0037] この比較例1は、-70 kPaの段階でキャビテーションが生じたため、-90 kPaに達した段階でもキャビテーションが生じないようにするためには少なくとも3 m相当の液面高さが必要であると考えられる。

[0038] [実施例1]

＜実験装置および条件＞

配管7を内径0.75 mmのものとし、配管7に開度調整可能な弁8を設けたこと以外は比較例1と同一構成の図1に示す膜蒸留装置を用いた（配管7の内径は蒸気配管20の内径の12.5%）。膜モジュール入口圧力 P_3 が-40 kPa（ゲージ圧）となるように弁8の開度を調整したこと以外は比較例1と同一条件にて蒸留試験を行った。

[0039] ＜結果、考察＞

本実施例では、膜モジュール入口圧力 P_3 が-40 kPaとなるように弁8の開度を調整しているため、 $P_1 - P_2$ が50 kPaとなり、ポンプ2がキャビテーションすることなく運転することが可能であった。

[0040] また、実施例1では配管7の内径が比較例1と比較して十分に小さいため、給水タンク1内が減圧される速度が二次側17に比べて小さく、圧力調整

が容易であった。

[0041] 以上より、給水タンク圧力を20～90kPaに調整することで、50cmの液面高さでも、キャビテーションを起こさずに運転が可能であることが確認された。

[0042] 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、2020年8月7日付で出願された日本特許出願2020-134727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

- [0043]
- 1 給水タンク
 - 2 給水ポンプ
 - 4, 21 熱交換器
 - 8 弁
 - 10 膜モジュール
 - 11 中空糸
 - 12, 13 ポッティング材
 - 14 ケーシング
 - 15 流入室
 - 16 流出室
 - 17 二次側
 - 25 減圧装置

請求の範囲

- [請求項1] ケーシング内が疎水性膜によって一次側と二次側とに隔てられている膜モジュールと、
該膜モジュールの一次側に被処理液を循環供給するための、給水タンク及び給水ポンプを有した被処理液循環供給手段と、
該膜モジュールの二次側を減圧する減圧装置と、
該膜モジュールの二次側と前記給水タンクの気相部とを連通する連通手段と
を有する膜蒸留装置において、
該給水タンクの気相部と膜モジュールの二次側との圧力差が20～90kPaであることを特徴とする膜蒸留装置。
- [請求項2] 前記連通部は、前記圧力差を調整する圧力差調整手段を有する請求項1の膜蒸留装置。
- [請求項3] 前記圧力差調整手段を有する前記連通部は、弁を備えた配管である請求項2の膜蒸留装置。
- [請求項4] 前記連通部は配管であり、該配管の内径が、前記二次側を減圧して蒸気を吸引排出するように該二次側に接続された蒸気配管の内径の1／4以下である請求項1の膜蒸留装置。
- [請求項5] 請求項3の膜蒸留装置の運転方法であって、前記圧力差が20～90kPaとなるように前記弁の開度を調整することを特徴とする膜蒸留装置の運転方法。