

明 細 書

発明の名称： 流体供給ラインの異常診断方法

技術分野

[0001] 本発明は、複数の流体制御機器を有する流体供給ラインの異常を診断する技術に関する。

背景技術

[0002] 半導体製造プロセスに用いられるプロセス流体を供給する流体供給ラインには、自動弁などの流体制御機器が用いられる。

近年、ALD(Atomic Layer Deposition)等、半導体製造プロセスが高度化し、従来以上にプロセス流体を微細に制御可能な流体供給ラインが求められている。そして、高度化した半導体製造プロセスの要求を満たすため、例えばバルブの状態をより精密に監視可能な流体制御機器が提案されている。

[0003] この点、特許文献1では、第1流路および第2流路が形成されたボディと、第1流路と第2流路との間を連通または遮断する弁体とを備えたバルブであって、ボディは弁体側に位置する第1面と、第1面の反対側に位置する第2面とを有する基部と、第2面と段差部を形成する第3面を有する第1連結部と、第1面と段差部を形成する第4面を有する第2連結部とを有し、第1流路は第1-1流路と第1-2流路とを有し、第1-1流路の第1-1ポートは第3面に開口し、第1-2流路の第1-3ポートは第1-1流路の第1-2ポートに連通し、かつ弁体に向かって開口し、第1-2流路の第1-4ポートは第4面に開口し、第1-3ポートを介して第1流路と前記第2流路とが連通可能であり、第1連結部は別のバルブのボディにおける第2連結部に相当する部分に対し連結され、第1-1流路と別のバルブのボディにおける第1-2流路に相当する流路とが連通するバルブが提案されている。

[0004] また、バルブの異常を診断する技術として、特許文献2では、コントロール弁とオリフィスとこれらの間の上流側圧力を検出する圧力検出器と流量設定回路からなり、上流側圧力を下流側圧力の約2倍以上に保持して下流側の

流量を演算し、この演算流量と設定流量との差信号によりコントロール弁を開閉制御する流量制御装置において、設定流量を100%流量の高設定流量に保持する第1工程と、この高設定流量を0%流量の低設定流量に切り換えて保持し上流側圧力を測定して圧力減衰データを得る第2工程と、同条件でオリフィスに目詰まりがないときに測定された基準圧力減衰データと前記圧力減衰データとを対比する第3工程と、前記低設定流量に切り換えてから所定時間後の圧力減衰データが基準圧力減衰データより所定度以上開離したときに目詰まりを報知する第4工程とからなる圧力式流量制御装置におけるオリフィス目詰検出方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2016-223533号公報

特許文献2：特許第3546153号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、複数の流体制御機器によって構成される流体供給ラインでは、各流体制御機器は他の流体制御機器の開閉動作や流量変化等による影響を受ける。そのため、流体制御機器ごとに単独での動作異常の有無を診断するだけでは、高度化した半導体製造プロセスに求められる精度を担保できない。

[0007] また、流体制御機器の高機能化によって電気配線やエアチューブが複雑化すると、複雑化した電気配線がノイズや指示信号の伝送速度の遅延を惹き起こすほか、エアチューブの内容積の増加が流体制御機器の開閉速度を低下させたり、各流体制御機器の開閉速度に誤差を生じさせたりすることになる。このことは、異常の有無を診断する場合においても正確且つ精密な診断を妨げる理由となる。

[0008] そこで本発明は、複数の流体制御機器によって構成される流体供給ライン全体の動作から流体制御機器の異常を診断することを目的の一つとする。

課題を解決するための手段

- [0009] 上記目的を達成するため、本発明に係る流体供給ラインの異常診断方法は、流体密に連通する複数の流体制御機器からなる流体供給ラインの異常を診断する方法であって、前記流体供給ラインは、前記流体供給ライン外の機構と第一の接続手段によって接続され、流量制御装置内バルブと流路内圧力を検出する圧力検出機構とを有する流量制御装置と、前記第一の接続手段から分岐した第二の接続手段によって前記流体供給ライン外の機構と接続され、前記流量制御装置の上流側に配された第一バルブと、前記第一の接続手段から分岐した第二の接続手段によって前記流体供給ライン外の機構と接続され、前記流量制御装置の下流側に配された第二バルブと、からなり、前記流量制御装置内バルブ、前記第一バルブ、及び前記第二バルブのいずれか又は複数の弁を開閉する弁操作工程と、前記第一バルブから前記流量制御装置を介して前記第二バルブに至る流路内の一部又は全部を真空状態又は加圧状態とする圧力調整工程と、前記圧力検出機構によって、前記流量制御装置の流路内の経時的な圧力特性を取得する圧力検出工程と、前記圧力検出機構によって取得された異常診断時の圧力特性と、同一条件下で予め測定された正常時の圧力特性とを対比し、異常の有無を判定する異常判定工程と、を有する。
- [0010] また、前記弁操作工程は、前記第一バルブを開弁する第一ステップと、前記流量制御装置内バルブを閉弁する第二ステップと、前記第二バルブを開弁する第三ステップと、前記流量制御装置内バルブの弁部から前記第二バルブの弁部に至る流路内が真空にされた状態から、前記第二バルブを閉弁する第五ステップによって構成され、前記圧力調整工程は、前記第三ステップ後に、前記流量制御装置内バルブの弁部から前記第二バルブの弁部に至る流路内を真空状態とする第四ステップによって構成され、前記圧力検出工程は、前記第五ステップの実行後、前記圧力検出機構によって、前記流量制御装置内バルブの弁部から前記第二バルブの弁部に至る流路内の経時的な圧力特性を取得する第六ステップによって構成されるものとしてもよい。
- [0011] また、前記弁操作工程は、前記第一バルブを閉弁する第一ステップと、前

記流量制御装置内バルブを開弁する第二ステップと、前記第二バルブを開弁する第三ステップと、前記第一バルブの弁部から前記流量制御装置の流路を介して前記第二バルブの弁部に至る流路内が真空にされた状態から、前記第二バルブを開弁する第五ステップによって構成され、前記圧力調整工程は、前記第三ステップ後に、前記第一バルブの弁部から前記流量制御装置の流路を介して前記第二バルブの弁部に至る流路内を真空状態とする第四ステップによって構成され、前記圧力検出工程は、前記第五ステップの実行後、前記圧力検出機構によって、前記第一バルブの弁部から前記流量制御装置の流路を介して前記第二バルブの弁部に至る流路内の経時的な圧力特性を取得する第六ステップによって構成されるものとしてもよい。

[0012] また、前記弁操作工程は、前記第一バルブを開弁する第一ステップと、前記流量制御装置内バルブを開弁する第二ステップと、前記第二バルブを開弁する第三ステップと、前記第一バルブの弁部から前記流量制御装置の流路を介して前記第二バルブの弁部に至る流路内が加圧された状態から、前記流量制御装置内バルブを開弁する第五ステップによって構成され、前記圧力調整工程は、前記第三ステップ後に、前記第一バルブの弁部から前記流量制御装置の流路を介して前記第二バルブの弁部に至る流路内を加圧状態とする第四ステップによって構成され、前記圧力検出工程は、前記第五ステップの実行後、前記圧力検出機構によって、前記第一バルブの弁部から前記流量制御装置の流路を介して前記第二バルブの弁部に至る流路内の経時的な圧力特性を取得する第六ステップを構成するものとしてもよい。

[0013] また、前記弁操作工程は、前記第一バルブを開弁する第一ステップと、前記流量制御装置内バルブを開弁する第二ステップと、前記第二バルブを開弁する第三ステップと、前記流量制御装置内バルブの弁部から前記第二バルブの弁部に至る流路内が加圧された状態から、前記流量制御装置内バルブを開弁する第五ステップと、前記流量制御装置内バルブの開弁後に前記第二バルブを開弁する第六ステップと、によって構成され、前記圧力調整工程は、前記第三ステップ後に、前記流量制御装置内バルブの弁部から前記第二バルブ

の弁部に至る流路内を加圧状態とする第四ステップによって構成され、前記圧力検出工程は、前記第六ステップの実行後、前記圧力検出機構によって、前記流量制御装置内バルブの弁部から前記第二バルブの弁部に至る流路内の経時的な圧力特性を取得する第七ステップを構成するものとしてもよい。

[0014] また、前記第一の接続手段及び前記第二の接続手段が、前記流体供給ライン外の機構から前記流体制御機器の駆動に用いる駆動流体を供給する駆動圧供給路であるものとしてもよい。

[0015] また、前記第一の接続手段及び前記第二の接続手段が、前記流体供給ライン外の機構と前記流体制御機器とを通信可能にする電気配線であるものとしてもよい。

[0016] また、前記流体供給ラインは複数、並設されてガスユニットを構成しており、前記第一の接続手段は、前記ガスユニット近傍において複数の前記流体供給ライン毎に分岐し、前記複数の流体供給ライン上の所定の流体制御機器毎に接続するものとしてもよい。

[0017] また、前記流量制御装置は、流量レンジ可変型流量制御装置であって、前記流量レンジ可変型流量制御装置は、流量制御装置の流量検出部への流体通路として少なくとも小流量用と大流量用の流体通路を設け、前記小流量用流体通路を通して小流量域の流体を流量検出部へ流通させると共に、流量制御部の検出レベルを小流量域の検出に適した検出レベルに切換えし、また、前記大流量用流体通路を通して大流量域の流体を前記流量検出部へ流通させると共に、流量制御部の検出レベルを大流量域の流量の検出に適した検出レベルに切換えすることにより、大流量域と小流量域の流体を夫々切り換えて流量制御するものとしてもよい。

[0018] また、前記流量制御装置は、差圧式流量制御装置であって、前記差圧式流量制御装置は、バルブ駆動部を備えたコントロールバルブ部と、前記コントロールバルブの下流側に設けられたオリフィスと、前記オリフィスの上流側の流体圧力の検出器と、前記オリフィスの下流側の流体圧力の検出器と、前記オリフィスの上流側の流体温度の検出器と、前記各検出器からの検出圧力

及び検出温度を用いて流体流量を演算すると共に、演算流量と設定流量との差を演算する流量比較回路を備えた制御演算回路と、を有するものとしてもよい。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、複数の流体制御機器によって構成される流体供給ライン全体の動作から流体制御機器の異常を診断することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法において、複数の流体供給ラインによって構成されたガスユニットを示した外観斜視図である。

[図2]本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法において、複数の流体供給ラインによって構成されたガスユニットを示した平面図である。

[図3]本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法において、複数の流体供給ラインによって構成されたガスユニットを示した側面図である。

[図4]本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法が適用される流体供給ラインを構成するバルブについて、磁気センサを備えさせた場合の内部構造を示す断面図であって、（a）全体図、（b）部分拡大図である。

[図5]本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法が適用される流体供給ラインによって構成されたガスユニットにおいて、ケーブルの配線構造を示した模式図である。

[図6]本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法が適用される流体供給ラインによって構成されたガスユニットにおいて、駆動圧供給路の接続構造を示した模式図である。

[図7]本実施形態の変形例に係る流体供給ラインの異常診断方法が適用される流体供給ラインによって構成されたガスユニットにおいて、駆動圧供給路の接続構造を示した模式図である。

[図8]本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法が適用される流体供給ラインを構成する流量制御装置の内部構成を模式的に示した構成図である。

[図9]本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法が適用される流体供給ラインによって構成された別形態のガスユニットを示した外観斜視図である。

[図10]本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法が適用される流体供給ラインによって構成された別形態のガスユニットにおいて、ケーブルの配線構造を示した模式図である。

[図11]本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法が適用される流体供給ラインによって構成された別形態のガスユニットにおいて、駆動圧供給路の接続構造を示した模式図である。

[図12]本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法が適用される流体供給ラインに好適に用いられるバルブの内部構造を示した模式図である。

[図13]本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法の工程を説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法について説明する。

まず、本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法を適用するのに適した流体供給ラインについて説明する。図1～図3に示されるガスユニット1は、流体供給ラインL1、L2、L3を備えたものである。

ここで、「流体供給ライン（L1、L2、L3）」とは、ガスユニット（1）の構成単位の一つであって、プロセス流体が流通する経路と、当該経路上に配設された一群の流体制御機器によって構成され、プロセス流体を制御し、独立して被処理体进行处理することが可能な最小の構成単位である。ガスユニットは通常、当該流体供給ラインを複数、並設させて構成されている。また、以下の説明において言及する「ライン外」とは、この流体供給ラインを構成しない部分又は機構であって、ライン外の機構には、流体供給ラインの駆動に必要な電力を供給する電力供給減や駆動圧を供給する駆動圧供給源、流体供給ラインと通信可能に構成された装置等が含まれる。

[0022] 流体供給ラインL 1、L 2、L 3は夫々、複数の流体制御機器を流体密に連通させたものであり、流体制御機器は、バルブ（V 1 1～V 1 4、V 2 1～V 2 4、V 3 1～V 3 4）や流量制御装置（F 1～F 3）によって構成される。なお、以下の説明では、バルブ（V 1 1～V 1 4、V 2 1～V 2 4、V 3 1～V 3 4）をバルブV、流量制御装置（F 1～F 3）を流量制御装置Fとまとめて称することがある。

[0023] 流量制御装置Fは、各流体供給ラインL 1、L 2、L 3において流体の流量を制御する装置である。

この流量制御装置Fは例えば、流量レンジ可変型流量制御装置によって構成することができる。流量レンジ可変型流量制御装置は、切換弁の操作により自動的に流量制御域を切換選択できる装置である。

この流量レンジ可変型流量制御装置は、流量制御装置の流量検出部への流体通路として例えば、小流量用と大流量用の流体通路を有している。小流量用流体通路を通して小流量域の流体を流量検出部へ流通させると共に、流量制御部の検出レベルを小流量域の検出に適した検出レベルに切換えし、大流量用流体通路を通して大流量域の流体を前記流量検出部へ流通させると共に、流量制御部の検出レベルを大流量域の流量の検出に適した検出レベルに切換えすることにより、大流量域と小流量域の流体を夫々切り換えて流量制御する。

[0024] また、このような流量レンジ可変型流量制御装置は、オリフィス上流側圧力 P_1 及び又はオリフィス下流側圧力 P_2 を用いて、オリフィスを流通する流体の流量を $Q_c = K P_1$ （Kは比例定数）又は $Q_c = K P_2^m (P_1 - P_2)^n$ （Kは比例定数、mとnは定数）として演算するようにした圧力式流量制御装置であって、当該圧力式流量制御装置のコントロール弁の下流側と流体供給用管路との間の流体通路を少なくとも二つ以上の並列状の流体通路とすると共に、各並列状の流体通路へ流体流量特性の異なるオリフィスを夫々介在させたものとすることもできる。この場合、小流量域の流体の流量制御には一方のオリフィスへ小流量域の流体を流通させ、また大流量域の流体の流量制御には

少なくとも他方のオリフィスへ大流量域の流体を流通させる。

また、流量のレンジを三段階にすることもできる。この場合、オリフィスを大流量用オリフィスと中流量用オリフィスと小流量用オリフィスの三種類とすると共に、一方の流体通路に第一の切換用バルブと第二の切換用バルブと大流量オリフィスを直列状に介在させ、また他方の流体通路に小流量オリフィスと中流量オリフィスを介在させ、更に、両切換バルブ間を連通する通路と、小流量オリフィスと中流量オリフィス間を連通する通路とを連通させる。

この流量レンジ可変型流量制御装置によれば、流量制御範囲を拡大させつつ、高い制御精度を維持することができる。

[0025] また、他の例では、流量制御装置Fを差圧制御式流量制御装置によって構成することができる。差圧制御式流量制御装置は、ベルヌーイの定理から導出した流量演算式を基礎として用い、これに各種の補正を加えることにより流体流量を演算し、制御する装置である。

この差圧式流量制御装置は、バルブ駆動部を備えたコントロールバルブ部と、コントロールバルブの下流側に設けられたオリフィスと、オリフィスの上流側の流体圧力 P_1 の検出器と、オリフィスの下流側の流体圧力 P_2 の検出器と、オリフィスの上流側の流体温度 T の検出器とを有している。そして、内蔵する制御演算回路により、各検出器からの検出圧力及び検出温度を用いて流体流量 Q を $Q = C_1 \cdot P_1 / \sqrt{T} \cdot ((P_2 / P_1)^m - (P_2 / P_1)^n)^{1/2}$ （但し C_1 は比例定数、 m 及び n は定数）により演算すると共に、演算流量と設定流量との差を演算する。

差圧式流量制御装置によれば、インラインの形態で且つ取付姿勢に制約を受けることもなく使用でき、そのうえ圧力の変動に対しても制御流量がほとんど影響されることなしに、高精度な流量計測又は流量制御をリアルタイムで行うことができる。

[0026] このような流量制御装置Fは、流量制御装置Fの動作情報を取得する動作情報取得機構や、同一のラインを形成するバルブVの動作情報を集約してバ

バルブVを監視すると共に、各バルブVを制御可能な情報処理モジュールを備えている。

なお、流量制御装置Fによって実行可能な処理等については後に詳述するが、動作情報取得機構は例えば、流量制御装置Fに内蔵される各種のセンサや流量制御を行う演算装置、これらのセンサや演算装置等の情報の処理を実行する情報処理モジュール等によって構成することができる。また、同一の流体供給ラインL1、L2、L3を構成するバルブVについて、流量制御装置Fを介してライン外の機構から駆動圧を供給させたり、通信可能にさせたりすることで、各バルブVの動作情報を流量制御装置Fに集約させることができる。その結果、各バルブVの動作情報と流量制御装置Fの動作情報と合わせてライン全体の動作情報が構成される。

[0027] バルブVは、ダイヤフラムバルブ等、流体制御装置のガスラインで使用されるバルブである。

このバルブVには、バルブVの動作情報を取得する動作情報取得機構として、所定の箇所に圧力センサ、温度センサ、リミットスイッチ、あるいは磁気センサ等が取り付けられており、さらにはこれらの圧力センサ、温度センサ、リミットスイッチ、あるいは磁気センサ等によって検出されたデータを処理する情報処理モジュールが内蔵されている。

なお、動作情報取得機構の取付け位置は制限されず、その機能を鑑みて駆動圧供給路上や電気配線上等のバルブV外に取り付けられる場合がある。

[0028] ここで、圧力センサは例えば、所定の空間内の圧力変化を検出する感圧素子や、感圧素子によって検出された圧力の検出値を電気信号に変換する圧電素子等によって構成され、密閉された内部空間の圧力変化を検出する。

また、温度センサは例えば、流体の温度を測定するセンサであり、流路の近傍に設置して当該箇所の温度を測定することで、当該設置個所の温度を、流路内を流通する流体の温度とみなすことができる。

また、リミットスイッチは例えば、ピストンの近傍に固定され、ピストンの上下動に応じてスイッチが切り替えられる。これにより、バルブVの開閉

回数や開閉頻度、開閉速度等を検知することができる。

[0029] また、磁気センサは、所定の位置に取り付けられた磁石との距離変化をセンシングすることにより、バルブVの開閉状態のみならず、開度を計測することができる。

より具体的には、図4の例に示されるように、磁気センサSは、ダイヤフラム51の周縁を押さえる押えアダプタ52の内側であって、ステム53に対向する面に取り付けられている。また、バルブVの開閉動作に応じて摺動するステム53の押えアダプタ52近傍には、磁石Mが取り付けられている。

ここで、磁気センサSは平面コイル、発振回路、及び積算回路を有しており、対向する位置にある磁石Mとの距離変化に応じて発振周波数が変化する。そして、この周波数を積算回路で変換して積算値を求めることにより、バルブVの開閉状態のみならず、開弁時の開度を計測することができる。

[0030] なお、バルブVをこのように構成することによって、以下のような動作異常の診断を行うことができる。

即ち、異常診断時のステム53の上面又は下面の位置が正常時の上面又は下面の位置にあるか否かによって異常の有無を判定することができる。即ち、磁気センサSと磁石Mの距離変化に基づき、ステム53の作動時の上面位置と下面位置が計測される。この上面位置と下面位置が、予め測定された正常時の上面位置と下面位置と一致するか否かを判別し、一致すれば異常なしと判定でき、一致しなければ異常ありと判定できる。

[0031] また、異常診断時のステム53のストロークが正常時のストロークと一致するか否かによって異常の有無を判定することができる。即ち、磁気センサSと磁石Mの距離変化に基づき、ステム53の作動時の上面位置から下面位置までの移動距離（ストローク）が計測される。このストロークが、予め測定された正常時のストロークと一致するか否かを判別し、一致すれば異常なしと判定でき、一致しなければ異常ありと判定できる。

[0032] また、異常診断時のステム53の作動速度が正常時の作動速度と一致する

か否かによって異常の有無を判定することができる。即ち、磁気センサSと磁石Mの距離変化に基づき、ステム53の作動時の作動速度が計測される。この作動速度が、予め測定された正常時の作動速度と一致するか否かを判別し、一致すれば異常なしと判定でき、一致しなければ異常ありと判定できる。

[0033] これにより、流体供給ラインL1、L2、L3を複雑化させることもなく、正確且つ簡便にバルブVの動作異常を診断することができる。

[0034] なお、バルブV内の情報取得機構によって取得された情報は、同一の流体供給ラインL1、L2、L3を構成する流量制御装置Fに集約させた上、流量制御装置Fの動作情報と合わせてライン外に設けられた所定の情報処理装置に送信することもできる。

[0035] ガスユニット1は、駆動圧を供給する駆動圧供給源、電力を供給する電力供給源、通信を行う通信装置等によって構成されるライン外の機構と接続されている。

ここで、ガスユニット1を構成する流体制御機器は、ライン外の機構と所定の流体制御機器とを直接、接続する第一の接続手段と、当該第一の接続手段から分岐して、あるいは当該第一の接続手段が接続する流体制御機器を介して、ライン外の機構と他の流体制御機器とを接続する第二の接続手段によって接続されている。具体的には、流体供給ラインL1であれば、後に詳述する図5において、ライン外からの電力供給及びライン外との通信では、メインケーブル10と延長ケーブル11が第一の接続手段を構成し、サブケーブル111、112、113、114が第二の接続手段を構成する。また、後に詳述する図6において、ライン外からの駆動圧の供給では、メインチューブ20、延長チューブ21、及びサブチューブ214が第一の接続手段を構成し、延長チューブ211、212、213、サブチューブ215、216、217、218が第二の接続手段を構成する。

[0036] 電力の供給及びライン外との通信は、図5に示されるように、ライン外の機構とガスユニット1とを接続するメインケーブル10によって可能となっ

ている。

メインケーブル 10 は、ガスユニット近傍に設けられた分岐コネクタ C1 によって延長ケーブル 11 と分岐ケーブル 101 に分岐し、分岐ケーブル 101 は分岐コネクタ C2 によって延長ケーブル 12 と分岐ケーブル 102 に分岐し、分岐ケーブル 102 は分岐コネクタ C3 を介して延長ケーブル 13 に接続する。

[0037] 各流体供給ライン L1、L2、L3 についてみると、流体供給ライン L1 では、延長ケーブル 11 は流量制御装置 F1 に接続している。延長ケーブル 11 が接続している流量制御装置 F1 からは、サブケーブル 111、112 が導出され、サブケーブル 111 はバルブ V11 に接続し、サブケーブル 112 はバルブ V12 に接続する。

また、サブケーブル 112 が接続しているバルブ V12 からはサブケーブル 113 が導出され、サブケーブル 113 はバルブ V13 に接続する。さらに、サブケーブル 113 が接続しているバルブ V13 からはサブケーブル 114 が導出され、サブケーブル 114 はバルブ V14 に接続する。

[0038] 流体供給ライン L2 も流体供給ライン L1 と同様の構成によってライン外の機構と接続する。

即ち、延長ケーブル 12 は流量制御装置 F2 に接続している。延長ケーブル 12 が接続している流量制御装置 F2 からは、サブケーブル 121、122 が導出され、サブケーブル 121 はバルブ V21 に接続し、サブケーブル 122 はバルブ V22 に接続する。

また、サブケーブル 122 が接続しているバルブ V22 からはサブケーブル 123 が導出され、サブケーブル 123 はバルブ V23 に接続する。さらに、サブケーブル 123 が接続しているバルブ V23 からはサブケーブル 124 が導出され、サブケーブル 124 はバルブ V24 に接続する。

[0039] 流体供給ライン L3 も流体供給ライン L1 と同様の構成によってライン外の機構と接続する。

即ち、延長ケーブル 13 は流量制御装置 F3 に接続している。延長ケーブ

ル 1 3 が接続している流量制御装置 F 3 からは、サブケーブル 1 3 1、1 3 2 が導出され、サブケーブル 1 3 1 はバルブ V 3 1 に接続し、サブケーブル 1 3 2 はバルブ V 3 2 に接続する。

また、サブケーブル 1 3 2 が接続しているバルブ V 3 2 からはサブケーブル 1 3 3 が導出され、サブケーブル 1 3 3 はバルブ V 3 3 に接続する。さらに、サブケーブル 1 3 3 が接続しているバルブ V 3 3 からはサブケーブル 1 3 4 が導出され、サブケーブル 1 3 4 はバルブ V 3 4 に接続する。

[0040] ここで、流体供給ライン L 1 について、延長ケーブル 1 1 は流量制御装置 F 1 に接続し、流量制御装置 F 1 からはサブケーブル 1 1 1、1 1 2 が導出されているが、流量制御装置 F 1 内において延長ケーブル 1 1 とサブケーブル 1 1 1、1 1 2 は接続している。接続は、流量制御装置 F 1 内に設けられた情報処理モジュールを介したものとすることもできるし、延長ケーブル 1 1 を分岐させるものとすることもできる。

また、バルブ V 1 2、V 1 3 においても、サブケーブル 1 1 2 はサブケーブル 1 1 3 と接続し、サブケーブル 1 1 3 はサブケーブル 1 1 4 と接続している。このサブケーブル 1 1 2、1 1 3、1 1 4 の接続についても、バルブ V 1 2、V 1 3 内に設けられた情報処理モジュールを介したものとすることもできるし、サブケーブル 1 1 2、1 1 3 を分岐させるものとすることもできる。

いずれの接続についても、ライン外の機構とバルブ V 1 1、V 1 2、V 1 3、V 1 4 が流量制御装置 F 1 を介して通信可能に接続されると共に、電力が供給されるようになっていけばよい。

[0041] なお、他の流体供給ライン L 2、L 3 における接続についても同様であって、バルブ V 2 1、V 2 2、V 2 3、V 2 4 は、メインケーブル 1 0、延長ケーブル 1 2、及びサブケーブル 1 2 1、1 2 2、1 2 3、1 2 4 により、流量制御装置 F 2 を介してライン外の機構と接続している。また、バルブ V 3 1、V 3 2、V 3 3、V 3 4 は、メインケーブル 1 0、延長ケーブル 1 3、及びサブケーブル 1 3 1、1 3 2、1 3 3、1 3 4 により、流量制御装置

F 3 を介してライン外の機構と接続している。

- [0042] 駆動圧は、図 6 に示されるように、ライン外の機構からガスユニット 1 へメインチューブ 20 によって供給される。

メインチューブ 20 は、ガスユニット 1 近傍に設けられた分岐継手 J 1 により、流体供給ライン L 1、L 2、L 3 毎に駆動圧を供給するための延長チューブ 21、22、23 に分岐する。

- [0043] 各流体供給ライン L 1、L 2、L 3 についてみると、流体供給ライン L 1 では、延長チューブ 21 は継手 J 1 1 によって延長チューブ 211 とサブチューブ 214 に分岐する。サブチューブ 214 は流量制御装置 F 1 に接続しており、これにより流量制御装置 F 1 に駆動圧が供給される。

- [0044] 延長チューブ 211 はさらに、継手 J 1 1 1 によって延長チューブ 212 とサブチューブ 215 に分岐する。サブチューブ 215 はバルブ V 1 1 に接続しており、これによりバルブ V 1 1 に駆動圧が供給される。

同様に、延長チューブ 212 はさらに、継手 J 1 1 2 によって延長チューブ 213 とサブチューブ 216 に分岐する。サブチューブ 216 はバルブ V 1 2 に接続しており、これによりバルブ V 1 2 に駆動圧が供給される。

また、延長チューブ 213 はさらに、継手 J 1 1 3 によってサブチューブ 217 とサブチューブ 218 に分岐する。サブチューブ 217 はバルブ V 1 3 に接続しており、これによりバルブ V 1 3 に駆動圧が供給される。また、サブチューブ 218 はバルブ V 1 4 に接続しており、これによりバルブ V 1 4 に駆動圧が供給される。

- [0045] 流体供給ライン L 2 にも流体供給ライン L 1 と同様の構成によって駆動圧が供給される。

即ち、延長チューブ 22 は継手 J 1 2 によって延長チューブ 221 とサブチューブ 224 に分岐する。サブチューブ 224 は流量制御装置 F 2 に接続しており、これにより流量制御装置 F 2 に駆動圧が供給される。

- [0046] 延長チューブ 221 はさらに、継手 J 1 2 1 によって延長チューブ 222 とサブチューブ 225 に分岐する。サブチューブ 225 はバルブ V 2 1 に接

続しており、これによりバルブV 2 1に駆動圧が供給される。

同様に、延長チューブ2 2 2はさらに、継手J 1 2 2によって延長チューブ2 2 3とサブチューブ2 2 6に分岐する。サブチューブ2 2 6はバルブV 2 2に接続しており、これによりバルブV 2 2に駆動圧が供給される。

また、延長チューブ2 2 3はさらに、継手J 1 2 3によってサブチューブ2 2 7とサブチューブ2 2 8に分岐する。サブチューブ2 2 7はバルブV 2 3に接続しており、これによりバルブV 2 3に駆動圧が供給される。また、サブチューブ2 2 8はバルブV 2 4に接続しており、これによりバルブV 2 4に駆動圧が供給される。

[0047] 流体供給ラインL 3にも流体供給ラインL 1と同様の構成によって駆動圧が供給される。

即ち、延長チューブ2 3は継手J 1 3によって延長チューブ2 3 1とサブチューブ2 3 4に分岐する。サブチューブ2 3 4は流量制御装置F 3に接続しており、これにより流量制御装置F 3に駆動圧が供給される。

[0048] 延長チューブ2 3 1はさらに、継手J 1 3 1によって延長チューブ2 3 2とサブチューブ2 3 5に分岐する。サブチューブ2 3 5はバルブV 3 1に接続しており、これによりバルブV 3 1に駆動圧が供給される。

同様に、延長チューブ2 3 2はさらに、継手J 1 3 2によって延長チューブ2 3 3とサブチューブ2 3 6に分岐する。サブチューブ2 3 6はバルブV 3 2に接続しており、これによりバルブV 3 2に駆動圧が供給される。

また、延長チューブ2 3 3はさらに、継手J 1 3 3によってサブチューブ2 3 7とサブチューブ2 3 8に分岐する。サブチューブ2 3 7はバルブV 3 3に接続しており、これによりバルブV 3 3に駆動圧が供給される。また、サブチューブ2 3 8はバルブV 3 4に接続しており、これによりバルブV 3 4に駆動圧が供給される。

[0049] ここで、流体供給ラインL 1について、流量制御装置F 1とバルブV 1 1、V 1 2、V 1 3、V 1 4はいずれも、継手J 1 1、J 1 1 1、J 1 1 2、J 1 1 3、延長チューブ2 1 1、2 1 2、2 1 3、及びサブチューブ2 1 4

、215、216、217、218を介して延長チューブ21やその先のメインチューブ20と接続しているが、これに限らず、図7に示されるように、延長チューブ21と流量制御装置F1とを接続した上、流量制御装置F1から駆動圧を各バルブV11、V12、V13、V14に供給することもできる。この場合、流量制御装置F1内に、メインチューブ20から供給された駆動圧を各バルブV11、V12、V13、V14に分配するための機構を設けてもよいし、流量制御装置F1内に引き込んだメインチューブを流量制御装置F1内で分岐させるようにしてもよい。

なお、流体供給ラインL2、L3についてもこれと同様にすることができる。

[0050] このような流体供給ラインL1、L2、L3の構成によれば、電力供給や通信を行うためのケーブルがシンプルなものとなり、ノイズを低減できると共に、指示信号の伝送速度の遅延を抑制することができる。また、駆動圧を供給するチューブの内容積を小さくできるため、バルブVや流量制御装置Fといった各流体制御機器の開閉速度を維持すると共に、各流体制御機器の開閉速度に誤差を生じさせないようにすることができる。その結果、流体制御機器ごとの動作のばらつきを抑えて流体供給ラインL1、L2、L3の制御精度を向上させることができる。

[0051] また、このような流体供給ラインL1、L2、L3において、流量制御装置Fは例えば、図8に示すように構成することができる。なお、図8は、流体供給ラインL1を構成する流量制御装置F1の構造を示しているが、他の流体供給ラインL2、L3夫々を構成する流量制御装置F2、F3についても同様である。

この例では、流体供給ラインL1において、流量制御装置F1をマスタ、複数のバルブV11、V12、V13、V14をスレーブとしたデイジーチェーンが形成される。そしてこの場合、デイジーチェーンの状態を利用することで、個々のバルブVや流量制御装置Fのみならず、ライン全体を一つの装置とみなして動作を解析するシステムを構築することができる。

[0052] まず、流量制御装置 F 1 内の構成について言及すると、センサは、流量制御装置 F 1 の動作情報を取得する動作情報取得機構を構成するものであって、上述したように圧力センサ、温度センサ、あるいは磁気センサ等を単独又は複数組み合わせ構成される。また、演算装置は、流量制御装置 F 1 の流量制御を行う装置である。また、流量制御装置内バルブ F V は、駆動圧供給源 G から駆動圧の供給を受けると共に、当該駆動圧をバルブ V 1 1、V 1 2、V 1 3、V 1 4 へ供給する。

[0053] 情報処理モジュールは、センサや演算装置と接続されて流量制御装置 F 1 の動作情報を収集し、当該収集した動作情報に対して所定の情報処理を実行する。さらに情報処理モジュールは、流体供給ライン L 1 を構成するバルブ V 1 1、V 1 2、V 1 3、V 1 4 と通信可能に接続しており、各バルブ V 1 1、V 1 2、V 1 3、V 1 4 の動作情報を集約することができると共に、所定の指示信号を能動的に発して各バルブ V 1 1、V 1 2、V 1 3、V 1 4 を制御することもできる。

[0054] 流量制御装置 F 1 をこのように構成した場合には、同一のラインを構成する各バルブ V 1 1、V 1 2、V 1 3、V 1 4 を個別に識別して異常の有無を診断したり、ライン全体からみた各バルブ V 1 1、V 1 2、V 1 3、V 1 4 の動作を解析したりすることができる。

具体的に、流量制御装置 F 1 による各バルブ V 1 1、V 1 2、V 1 3、V 1 4 の診断は例えば、流量制御装置 F 1 や各バルブ V の上流及び下流に圧力測定手段を設け、各バルブ V の開閉を適宜に制御して、所定位置での圧力を測定する。この圧力の測定値から、所定のバルブ V を閉じていれば検出されないはずの圧力を検出したり、所定のバルブ V を開いていれば検出されるはずの圧力を検出できなかったりすることで、バルブ V の異常を診断することができる。また、バルブ V の開閉状態の切り替えに応じた所定位置での圧力降下特性を、正常な状態における圧力降下特性と対比することにより、シートリークなどのバルブ V の不具合を診断することもできる。なお、各圧力測定手段による測定値は流量制御装置 F の情報処理モジュールに集約されるよ

うにするとよい。

[0055] なお、流量制御装置 F に異常の有無を診断させたり、動作を解析させたりするのみならず、流量制御装置 F に集約された各流体供給ライン L 1、L 2、L 3 の動作情報を、メインケーブル 10 を介して外部の情報処理装置に対して送信し、当該情報処理装置において異常の有無を診断させたり、動作を解析させたりすることもできる。このように構成しても、ガスユニット 1 から取得した動作情報に基づいて各流体供給ライン L 1、L 2、L 3 の動作を解析することができる。なお、外部の情報処理装置は、ライン外の機構の一部を構成するものであってもよいし、ライン外の機構と通信可能に接続された装置であってもよい。また、当該外部の情報処理装置は所謂サーバコンピュータ等によって構成することができる。

[0056] これにより、多数の流体制御機器が密に集積したガスユニット 1 において、バルブ V をラインから取り外したりすることなく、個別に識別してその動作状態を診断することができる。また、流体供給ライン L 1、L 2、L 3 毎に各バルブ V が流量制御装置 F を介してライン外の機構と接続しているため、複数のバルブ V を配下に備える流量制御装置 F や、流量制御装置 F と通信可能に構成された情報処理装置は、複数のバルブ V 全体の動作を踏まえながら各バルブ V の動作状態を監視することができる。その結果、バルブ V や流量制御装置 F 毎に動作情報を解析するのみならず、ライン全体を精密に監視することが可能である。

[0057] なお、ライン全体の動作の解析が流体供給ライン L 1、L 2、L 3 の精密な監視に資するのは例えば、流体供給ライン L 1 を構成する複数のバルブ V 1 1、V 1 2、V 1 3、V 1 4 について、一部のバルブ V 1 3、V 1 4 は開閉動作が実行され、残るバルブ V 1 1、V 1 2 は開閉動作が実行されない場合でも、バルブ V 1 1、V 1 2 はバルブ V 1 3、V 1 4 による開閉動作の影響を受けるためである。

そして、流体供給ライン L 1 全体の動作情報に基づけば、バルブ V 1 1、V 1 2、V 1 3、V 1 4 と接続する流量制御装置 F 1 はある時間帯において

、バルブV 1 1、V 1 2が開閉動作を実行していない一方で、バルブV 1 3、V 1 4が開閉動作を実行していることを把握することができ、バルブV 1 1、V 1 2の単独の動作では把握できない、バルブV 1 1、V 1 2の状態を精密に解析することができる。

[0058] また、このようなライン全体の動作情報の解析結果は例えば、データマイニングを行って流体供給ラインL 1、L 2、L 3の異常の有無の判定や異常の予期等に利用することができる。具体的には、ライン全体でのバルブVや流量制御装置Fの動作時間、所定のバルブVが実際に開閉動作を行った回数と他のバルブVの開閉動作の影響を受けた時間などを把握することから、ライン全体での動作時間に基づいてメンテナンスや部品交換の時期を判定したり、同一ライン上のバルブV毎の開閉速度を比較して異常を検知したりすることができる。

[0059] なお、上述した流体供給ラインL 1、L 2、L 3は、図9～図11に示すガスユニット2を構成することもできる。

ガスユニット1と異なり、ガスユニット2を構成する流体供給ラインL 1、L 2、L 3は夫々、別個にライン外の機構と接続されている。

[0060] 即ち、ガスユニット2と電力の供給及びライン外との通信は、図10に示されるように、ライン外の機構と流体供給ラインL 1とを接続するメインケーブル10 a、ライン外の機構と流体供給ラインL 2とを接続するメインケーブル10 b、ライン外の機構と流体供給ラインL 3とを接続するメインケーブル10 cによって可能となっている。

なお、各流体供給ラインL 1、L 2、L 3において、流量制御装置FからバルブVへの接続はガスユニット1と同様である。

[0061] また、駆動圧は図11に示されるように、ライン外の機構からガスユニット2へ、各流体供給ラインL 1、L 2、L 3毎にメインチューブ20 a、20 b、20 cによって供給される。

なお、各流体供給ラインL 1、L 2、L 3において、継手J 1 1、J 1 2、J 1 3から流量制御装置FやバルブVへの接続はガスユニット1と同様で

ある。

[0062] なお、上述の本実施形態に係る流体供給ラインL 1、L 2、L 3において好適に用いられるバルブVの内部構造を示した模式図を図1 2に示す。

バルブVは、バルブ本体3とバルブ本体3に連結された駆動圧制御装置4とを備える。

[0063] バルブ本体3は、例えばダイヤフラムバルブなど、流体制御装置のガスラインで使用されるバルブであって、少なくとも外部から供給される駆動圧を内部に導入するための駆動圧導入口3 aを備えている。

[0064] 駆動圧制御装置4は、バルブ本体3の駆動圧導入口3 aに連結されており、ライン外の駆動圧供給源Gから供給される駆動圧をバルブ本体3に供給する。

駆動圧制御装置4には、ライン外の駆動圧供給源Gからバルブ本体3に駆動圧を導入する導入路として、駆動圧導入路4 3 1、4 3 2、4 3 3を備えている。駆動圧導入路4 3 1はライン外の駆動圧供給源Gに接続している。駆動圧導入路4 3 2は、自動弁4 1 1及び自動弁4 1 2を介して、駆動圧導入路4 3 1と駆動圧導入路4 3 3を連結している。駆動圧導入路4 3 3は、バルブ本体3の駆動圧導入口3 aに連結している。

[0065] また、駆動圧制御装置4には、駆動圧導入路4 3 1を開閉するN.C.（ノーマルクローズ：常時閉）の自動弁4 1 1と、自動弁4 1 1と連動して駆動圧導入路4 3 3を開閉すると共に、駆動圧導入路4 3 3から駆動圧を装置外Aへ排気する排気通路4 4を開閉するN.O.（ノーマルオープン：常時開）の自動弁4 1 2とが設けられている。

[0066] 自動弁4 1 1、4 1 2は夫々、弁駆動部4 2 1、4 2 2によって開閉させられる。弁駆動部4 2 1、4 2 2は、電源供給源E及び指示信号発信源Qから配線4 5を介して電源の供給と共に動作を指示する指示信号を受け、指示信号に基づいた動作を実行する。

なお、自動弁4 1 1、4 1 2はいずれも、通常の電磁弁やエアー作動型電磁弁、あるいは電気弁など、各種の弁によって構成することができる。

[0067] この駆動圧制御装置４は、自動弁４１１、４１２、弁駆動部４２１、４２２、駆動圧導入路４３１、４３２、４３３等が中空のキャップ状のケーシング４０で覆われており、バルブ本体３にケーシング４０を被せるようにして、バルブ本体３と一体化させられている。

なお、バルブ本体３とケーシング４０は適宜、ネジ止めや接着剤による接着等の手段によって一体化させることができる。

[0068] このような構成からなる駆動圧制御装置４では、自動弁４１１、４１２の開閉状態にかかわらず、ライン外の駆動圧供給源Ｇから供給される駆動圧が常に駆動圧導入路４３１を介して自動弁４１１のところまで供給されている。

[0069] 駆動圧制御装置４の開閉動作について説明すると、まず自動弁４１１が弁駆動部４２１によって開弁させられると、自動弁４１１まで供給されていた駆動圧は駆動圧導入路４３２を介して自動弁４１２へ導出される。また、自動弁４１２は自動弁４１１と連動しており、自動弁４１１の開弁に伴って閉弁して排气通路４４が閉じ、駆動圧導入路４３３を介してバルブ本体３へ駆動圧が供給される。

[0070] 一方、自動弁４１１が弁駆動部４２１によって閉弁させられると、駆動圧供給源Ｇから供給される駆動圧は自動弁４１１によって遮られる。また、自動弁４１１に連動する自動弁４１２は開弁し、排气通路４４が開かれてバルブ本体３内の駆動圧が排气される。

[0071] このようなバルブＶによれば、駆動圧制御装置４とバルブ本体３とが一体的に連結していることから、バルブＶに接続する配線をシンプルにすることができる。

また、常にバルブ本体３と一体的に連結された駆動圧制御装置４の自動弁４１１のところまで駆動圧が供給されており、バルブ本体３の駆動圧導入口３ａに近いところで駆動圧が一定圧力に高められた状態が維持される。その結果、バルブ本体３は開閉の際、駆動圧の圧力変化を受けにくく、開閉速度を一定に保つことができ、ひいては材料ガスの制御の精度を向上させることができる。

[0072] なお、上述したバルブVは、バルブ本体3に駆動圧制御装置4を連結させた構造としたが、これに限らず、バルブ本体3内に駆動圧制御装置4を内蔵させるための空間を確保し、当該空間に駆動圧制御装置4を内蔵させることもできる。

[0073] なお、上述の本実施形態について、ガスユニット1、2はいずれも、3つの流体供給ラインL1、L2、L3によって構成されるものとしたが、本発明の適用がラインの数によって制限されることはない。

[0074] 次に、以上の構成からなる流体供給ラインL1、L2、L3に対し、本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法を適用して異常を検出する流れについて、図13を参照して説明する。

なお、以下の説明及び図13では、流体供給ラインL1、L2、L3を流体供給ラインLとし、流量制御装置F1、F2、F3は流量制御装置Fとしている。また、流量制御装置Fの上流にバルブV1、下流にV2を配しているが、このバルブV1、V2は夫々、上述した流体供給ラインL1ではバルブV12、V11に対応する。

[0075] 流体供給ラインLは上述の通り、流量制御装置F、流量制御装置Fの上流側に配されたバルブV1、及び流量制御装置Fの下流側に配されたバルブV2を備えている。また、流量制御装置Fは第一の接続手段によって流体供給ラインL外の機構と接続されており、内部には流量制御装置内バルブFVと、流路内圧力を検出する圧力センサ等の圧力検出機構P1、P2が設けられている。なお、圧力検出機構P1、P2は夫々、流量制御装置F内に設けられているオリフィスORを挟んで下流側又は上流側に設けられている。

また、バルブV1は、第一の接続手段から分岐した第二の接続手段によって流体供給ラインL外の機構と接続され、バルブV2は、第一の接続手段から分岐した第二の接続手段によって流体供給ラインL外の機構と接続されている。

[0076] ここで、本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法は、流量制御装置内バルブFV、バルブV1、バルブV2の異常を診断するもので、弁操作

工程、圧力調整工程、圧力検出工程、及び異常判定工程によって構成される。

弁操作工程は、流量制御装置内バルブF V、バルブV 1、及びバルブV 2のいずれか又は複数の弁を開閉する工程である。

圧力調整工程は、バルブV 1の弁部から流量制御装置Fの流路を介してバルブV 2に至る流路R 1、R 2の一部又は全部を真空状態又は加圧状態とする工程である。なお、流路R 1はバルブV 1の弁部から流量制御装置内バルブF Vの弁部に至る流路であり、流路R 2は流量制御装置内バルブF Vの弁部からバルブV 2の弁部に至る流路である。また、真空状態又は加圧状態に関して、異常診断は、診断を行うバルブV 1、V 2、流量制御装置内バルブF Vの弁部の上流側と下流側に差圧を生じさせ、圧力の上昇又は下降を検出するものである。そのため、差圧の設け方は真空状態又は加圧状態のいずれによってもできる。

圧力検出工程は、圧力検出機構P 1、P 2によって、バルブV 1の弁部から流量制御装置Fの流路を介してバルブV 2に至る流路R 1、R 2の一部又は全部の経時的な圧力特性を取得する工程である。

異常判定工程は、圧力検出機構P 1、P 2によって取得された圧力特性と、同一条件下で予め測定された正常時の圧力特性とを対比し、異常の有無を判定する工程である。

[0077] <流量制御装置内バルブF Vのシートリーク異常診断>

流量制御装置内バルブF Vのシートリーク異常を診断する場合、以下のステップを順次、実行する。

- ・ 第一ステップ（弁操作工程）：バルブV 1を開弁する。
- ・ 第二ステップ（弁操作工程）：流量制御装置内バルブF Vを閉弁する。
- ・ 第三ステップ（弁操作工程）：バルブV 2を開弁する。
- ・ 第四ステップ（圧力調整工程）：バルブV 2側から真空引きすることにより、流量制御装置内バルブF Vの弁部からバルブV 2の弁部に至る流路R 2内を真空状態とする。

- ・第五ステップ（弁操作工程）：流路 R 2 内が真空状態になったところでバルブ V 2 を閉弁する。

- ・第六ステップ（圧力検出工程）：圧力検出機構 P 1、P 2 によって、流路 R 2 内の経時的な圧力特性を取得する。

- ・第七ステップ（異常判定工程）：圧力検出機構 P 1、P 2 によって取得した流路 R 2 内の圧力特性と同一条件下で予め測定された正常時の圧力特性とを対比し、異常の有無を判定する。

[0078] 流量制御装置内バルブ F V とバルブ V 2 が閉弁していることから、正常であれば、流路 R 2 内は真空状態を維持する。これに反して流路 R 2 内の圧力が徐々に上昇する場合には、流体が流路 R 1 から流路 R 2 内にリークしていることが想定され、流量制御装置内バルブ F V に異常が発生していると診断される。

[0079] なお、この診断は、バルブ V 2 及びバルブ V 1 にリークが発生していないことが前提であるため、バルブ V 2 及びバルブ V 1 それぞれについても併せて異常診断を行うことが好ましい。

[0080] <バルブ V 1 のシートリーク異常診断>

- ・第一ステップ（弁操作工程）：バルブ V 1 を閉弁する。
- ・第二ステップ（弁操作工程）：流量制御装置内バルブ F V を開弁する。
- ・第三ステップ（弁操作工程）：バルブ V 2 を開弁する。
- ・第四ステップ（圧力調整工程）：バルブ V 2 側から真空引きすることにより、バルブ V 1 の弁部から流量制御装置 F の流路を介してバルブ V 2 の弁部に至る流路 R 1、R 2 内を真空状態とする。

- ・第五ステップ（弁操作工程）：流路 R 1、R 2 内が真空状態になったところでバルブ V 2 を閉弁する。

- ・第六ステップ（圧力検出工程）：圧力検出機構 P 1、P 2 によって、流路 R 1、R 2 内の経時的な圧力特性を取得する。

- ・第七ステップ（異常判定工程）：圧力検出機構 P 1、P 2 によって取得した流路 R 1、R 2 内の圧力特性と同一条件下で予め測定された正常時の圧

力特性とを対比し、異常の有無を判定する。

[0081] バルブV 1 とバルブV 2 が閉弁していることから、正常であれば、流路R 1、R 2 内は真空状態を維持する。これに反して流路R 1、R 2 内の圧力が徐々に上昇する場合には、流体がバルブV 1 側から流路R 1、R 2 内にリークしていることが想定され、バルブV 1 に異常が発生していると診断される。

[0082] なお、この診断は、バルブV 2 にリークが発生していないことが前提であるため、バルブV 2 についても併せて異常診断を行うことが好ましい。

[0083] <バルブV 2 のシートリーク異常診断>

- ・ 第一ステップ（弁操作工程）：バルブV 1 を開弁する。
- ・ 第二ステップ（弁操作工程）：流量制御装置内バルブF Vを開弁する。
- ・ 第三ステップ（弁操作工程）：バルブV 2 を閉弁する。
- ・ 第四ステップ（圧力調整工程）：バルブV 1 側から流体を流入させ、バルブV 1 の弁部から流量制御装置Fの流路を介してバルブV 2 の弁部に至る流路R 1、R 2 内を加圧状態とする。
- ・ 第五ステップ（弁操作工程）：流路R 1、R 2 内を加圧状態になったところで流量制御装置内バルブF Vを閉弁する。
- ・ 第六ステップ（圧力検出工程）：圧力検出機構P 1、P 2によって、流路R 2 内の経時的な圧力特性を取得する。
- ・ 第七ステップ（異常判定工程）：圧力検出機構P 1、P 2によって取得した流路R 2 内の圧力特性と同一条件下で予め測定された正常時の圧力特性とを対比し、異常の有無を判定する。

[0084] 流量制御装置内バルブF VとバルブV 2 が閉弁していることから、正常であれば、流路R 2 内は加圧状態を維持する。これに反して流路R 2 内の圧力が徐々に降下する場合には、流体がバルブV 2 から下流へリークしていることが想定され、バルブV 2 に異常が発生していると診断される。

[0085] なお、この診断は、流量制御装置内バルブF Vにリークが発生していないことが前提であるため、流量制御装置内バルブF Vについても併せて異常診

断を行うことが好ましい。

[0086] <バルブV 2のC v値変化診断>

- ・ 第一ステップ（弁操作工程）：バルブV 1を開弁する
- ・ 第二ステップ（弁操作工程）：流量制御装置内バルブF Vを開弁する
- ・ 第三ステップ（弁操作工程）：バルブV 2を開弁する
- ・ 第四ステップ（圧力調整工程）：バルブV 1側から流体を流入させ、流路R 2内を加圧状態とする。
- ・ 第五ステップ（弁操作工程）：流路R 2内を加圧状態になったところで流量制御装置内バルブF Vを開弁する
- ・ 第六ステップ（弁操作工程）：バルブV 2を開弁する。
- ・ 第七ステップ（圧力検出工程）：圧力検出機構P 1、P 2によって、流路R 2内の経時的な圧力特性を取得する。
- ・ 第八ステップ（異常判定工程）：圧力検出機構P 1、P 2によって取得した流路R 2内の圧力特性と同一条件下で予め測定された正常時の圧力特性とを対比し、異常の有無を判定する。

なお、C v値は、所定条件における流体の流量係数である。

[0087] 流量制御装置内バルブF Vが開弁している一方、バルブV 2が開弁していることから、正常であれば、流体は所定のC v値特性を示しながら下流へ流出する。これに対して正常時のC v値特性を示さない場合には、バルブV 2の弁部に目詰まりや腐食等の不具合が起きていることが想定され、バルブV 2に異常が発生していると診断される。なお、正常時のC v値特性よりも早く流体が流出する場合には、弁座がつぶれて流路が大きくなっていたり、バネのへたりによってストロークが大きくなったりしていることが想定され、正常時のC v値特性よりも遅く流体が流出する場合には目詰まりが起きていることが想定される。

[0088] なお、この診断は、流量制御装置内バルブF Vにリークが発生していないことが前提であるため、流量制御装置内バルブF Vについても併せて異常診断を行うことが好ましい。

[0089] 以上の本実施形態に係る流体供給ラインの異常診断方法によれば、バルブ V 2、バルブ V 1、及び流量制御装置 F といった複数の流体制御機器によって構成される流体供給ライン L 1 全体の動作から流体制御機器の異常を診断することができる。特に、この流体供給ラインの異常診断方法が適用される流体供給ライン L 1 は上述の通り、電力供給や通信を行うためのケーブルがシンプルに構成されると共に、駆動圧を供給するチューブの内容積が小さいため、ノイズの低減、指示信号の伝送速度の遅延抑制、各流体制御機器の開閉速度の維持、各流体制御機器の開閉速度に誤差抑制を実現している。その結果、各流体制御機器の異常診断についても、流体制御機器ごとの動作のばらつきを抑えて流体供給ライン L 1 をより正確且つ精密に行うことが可能である。

[0090] なお、本実施形態では、流量制御装置 F が二つの圧力検出機構 P 1、P 2 を備えるものとしたが、基本的にはどちらか一方のみを設ければ同様の診断を実現することができる。

ただし、バルブ V 2 の C v 値変化診断においては、オリフィス O R を閉じることができないため、圧力検出機構 P 1、P 2 によってオリフィス O R の上流側と下流側の圧力を測定することで、オリフィス O R の異常の有無を判定しながら、C v 値変化を診断することができる。

[0091] また、二つの圧力検出機構 P 1、P 2 がオリフィス O R を挟んで上流側と下流側に設けられていることから、異常判定工程において、加圧状態又は真空状態とされた流路 R 1 及び／又は流路 R 2 内の圧力が降下又は上昇する場合、圧力検出機構 P 1、P 2 で圧力の降下又は上昇の検出にタイムラグが生じる。例えば、上述した＜バルブ V 1 のシートリーク異常診断＞において、真空状態とされた流路 R 1、R 2 内の圧力が上昇する場合、バルブ V 1 にシートリークが発生していれば、バルブ V 1 側の圧力検出機構 P 1 が先に圧力の上昇を検出し、圧力検出機構 P 2 が遅れて圧力の上昇を検出する。他方、バルブ V 2 にシートリークが発生していれば、バルブ V 2 側の圧力検出機構 P 2 が先に圧力の上昇を検出し、圧力検出機構 P 1 が遅れて圧力の上昇を検

出する。

なお、他の異常診断についても同様、＜流量制御装置内バルブF Vのシートリーク異常診断＞であれば流量制御装置内バルブF VとバルブV 2、＜バルブV 2のシートリーク異常診断＞であればバルブV 2と流量制御装置内バルブF V、＜バルブV 2のC v値変化診断＞であればバルブV 2と流量制御装置内バルブF Vのいずれで異常が発生しているかを判別することができる。

[0092] このように、圧力検出機構P 1、P 2における圧力の降下又は上昇のタイムラグを検出することで、閉空間を構成する上流側と下流側の流体制御機器の弁部のいずれに異常が生じているかを判別することができる。特に、圧力検出機構P 1、P 2の間にオリフィスO Rが介在することで、タイムラグが現実的に測定可能な程度のものとなる。また、上述した流体供給ラインLのように配線を行い、複数の流体制御機器ごとの動作のばらつきを抑えた精度の高いガスユニット1として構成すれば、微小な時間のタイムラグも精度よく検出することができる。

[0093] なお、本発明の実施形態は上述した実施形態に限定されることはなく、当業者であれば、本発明の範囲を逸脱しない範囲において、構成、手段、あるいは機能の変更や追加等が種々、可能である。

符号の説明

[0094] 1、2 ガスユニット
10、10 a、10 b、10 c メインケーブル
101、102 分岐ケーブル
11、12、13 延長ケーブル
111、112、113、114 サブケーブル
121、122、123、124 サブケーブル
131、132、133、134 サブケーブル
20、20 a、20 b、20 c メインチューブ
21、22、23 延長チューブ

2 1 1、2 1 2、2 1 3 延長チューブ
2 1 4、2 1 5、2 1 6、2 1 7、2 1 8 サブチューブ
2 2 1、2 2 2、2 2 3 延長チューブ
2 2 4、2 2 5、2 2 6、2 2 7、2 2 8 サブチューブ
2 3 1、2 3 2、2 3 3 延長チューブ
2 3 4、2 3 5、2 3 6、3 2 7、2 3 8 サブチューブ
L 1、L 2、L 3 流体供給ライン
C 1、C 2、C 3 分岐コネクタ
F (F 1、F 2、F 3) 流量制御装置
F V 流量制御装置内バルブ
J 1 分岐継手
J 1 1、J 1 1 1、J 1 1 2、J 1 1 3 継手
J 1 2、J 1 2 1、J 1 2 2、J 1 2 3 継手
J 1 3、J 1 3 1、J 1 3 2、J 1 3 3 継手
O R オリフィス
P 1、P 2 圧力検出機構
R 1、R 2 流路
V (V 1 1～V 1 4、V 2 1～2 4、V 3 1～3 4)、V 1、V 2
バルブ