

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6636044号
(P6636044)

(45) 発行日 令和2年1月29日(2020.1.29)

(24) 登録日 令和1年12月27日(2019.12.27)

(51) Int.Cl.

G01M 3/26 (2006.01)

F 1

G01M 3/26

A

請求項の数 11 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-556056 (P2017-556056)
 (86) (22) 出願日 平成28年12月13日 (2016.12.13)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/087004
 (87) 国際公開番号 WO2017/104643
 (87) 国際公開日 平成29年6月22日 (2017.6.22)
 審査請求日 平成30年6月7日 (2018.6.7)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-243622 (P2015-243622)
 (32) 優先日 平成27年12月14日 (2015.12.14)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-115963 (P2016-115963)
 (32) 優先日 平成28年6月10日 (2016.6.10)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
日本国 (JP)

(73) 特許権者 390019035
 株式会社フクダ
 東京都練馬区貫井3丁目16番5号
 (74) 代理人 100085556
 弁理士 渡辺 昇
 (74) 代理人 100115211
 弁理士 原田 三十義
 (74) 代理人 100153800
 弁理士 青野 哲巳
 (72) 発明者 福島 冊雄
 日本国東京都練馬区貫井3丁目16番5号
 株式会社フクダ内
 (72) 発明者 望月 勇輔
 日本国東京都練馬区貫井3丁目16番5号
 株式会社フクダ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】漏れ検査装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検査対象からの漏れを検査する漏れ検査装置であって、
 前記検査対象に接続されるための検査路を有し、試験圧を供給する漏れ検出路と、
 前記漏れ検出路に設けられ、規定の温度及び圧力(以下「規定条件」と称す)下で規定の漏れ(以下「規定漏れ値」と称す)を発生させる漏れ素子と、
 前記漏れ検出路に設けられた漏れ測定手段と、
 処理手段と、を備え、前記処理手段が、
 前記漏れ測定手段によって前記漏れ素子からの漏れ(以下「素子実測漏れ値」と称す)を実測する素子実測動作と、

前記漏れ測定手段によって前記検査対象からの漏れ(以下「対象実測漏れ値」と称す)を実測する対象実測動作と、

前記素子実測漏れ値に基づいて前記対象実測漏れ値を前記規定条件下での規定条件換算漏れ値に換算し、前記規定条件換算漏れ値に基づいて漏れ判定する判定動作を行ない、

前記素子実測動作においては、前記漏れ検出路と前記漏れ素子とが連通されて、前記試験圧が前記漏れ検出路から前記漏れ素子に導入され、

前記対象実測動作においては、前記漏れ検出路と前記漏れ素子とが遮断され、かつ前記検査路に前記検査対象が接続されて前記試験圧が前記検査路から前記検査対象に導入されることを特徴とする漏れ検査装置。

【請求項 2】

装置筐体と、前記検査対象が配置される検査部を含み、
前記装置筐体には、前記漏れ測定手段及び前記処理手段が設けられ、
前記検査部には、前記検査対象の配置部と前記漏れ素子とが、互いに近接して設けられ
ていることを特徴とする請求項 1 に記載の漏れ検査装置。

【請求項 3】

前記漏れ検出路が、基準容器を含む基準路と、前記基準路と前記検査路とを連通、遮断
可能な弁手段と、を有し、

前記漏れ測定手段が、前記検査路と前記基準路との間に設けられた差圧計であり、
前記弁手段によって、前記測定後に前記検査路が大気解放される一方、前記基準路ひい
ては前記基準容器が試験圧に維持されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の漏れ検
査装置。 10

【請求項 4】

前記試験圧を測定する試験圧測定手段と、
前記漏れ素子又は検査対象の外部圧力を測定する外部圧力測定手段と、
前記漏れ素子又は検査対象の周辺温度を測定する温度測定手段と
を更に備え、前記処理手段が、前記対象実測動作時における前記試験圧測定手段、外部
圧力測定手段及び温度測定手段の測定値、並びに前記漏れ素子の基準漏れ孔の大きさによ
つて決まる基準漏れ孔寸法係数及び前記規定漏れ値に基づいて、前記対象実測漏れ値を前
記規定条件換算漏れ値に換算する換算係数を算出することを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何
れか 1 項に記載の漏れ検査装置。 20

【請求項 5】

検査対象からの漏れを検査する漏れ検査方法であって、
規定の温度及び圧力（以下「規定条件」と称す）下で規定の漏れ（以下「規定漏れ値」と
称す）を発生させる漏れ素子を漏れ検出路と連通させて、試験圧を前記漏れ検出路から
前記漏れ素子に導入して、前記漏れ素子からの素子実測漏れ値を実測する素子実測工程と
、
前記漏れ検出路と前記漏れ素子とを遮断し、かつ検査対象を前記漏れ検出路と接続し、
試験圧を前記漏れ検出路から前記検査対象に導入して、前記検査対象からの対象実測漏れ
値を実測する対象実測工程と、

前記素子実測漏れ値に基づいて前記対象実測漏れ値を前記規定条件下での規定条件換算
漏れ値に換算し、前記規定条件換算漏れ値に基づいて漏れ判定する判定工程と、
を備えたことを特徴とする漏れ検査方法。 30

【請求項 6】

前記規定条件換算漏れ値が、前記検査対象の漏れ判定の閾値の 0 . 8 ~ 1 . 2 倍である
ことを特徴とする請求項 5 に記載の漏れ検査方法。

【請求項 7】

複数の検査対象を順次漏れ判定し、
先順の良品判定された検査対象の実測漏れ値に対して、後順の良品判定された検査対象
の実測漏れ値が、所定割合以上増減したときは、前記素子実測工程をし直すことによつて
前記素子実測漏れ値を更新することを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の漏れ検査方法。 40

【請求項 8】

前記規定漏れ値と前記素子実測漏れ値とに基づいて換算係数を算出し、
前記換算係数に基づいて前記対象実測漏れ値を規定条件換算漏れ値に換算することを特
徴とする請求項 5 ~ 7 の何れか 1 項に記載の漏れ検査方法。

【請求項 9】

前記対象実測工程時の試験圧、外部圧力及び周辺温度、並びに前記漏れ素子の基準漏れ
孔の大きさによって決まる基準漏れ孔寸法係数及び前記規定漏れ値に基づいて換算係数を
算出し、

前記換算係数に基づいて前記対象実測漏れ値を規定条件換算漏れ値に換算することを特
徴とする請求項 5 又は 6 に記載の漏れ検査方法。 50

【請求項 10】

前記素子実測工程時の素子実測漏れ値、試験圧、外部圧力及び周辺温度に基づいて前記基準漏れ孔寸法係数を算出することを特徴とする請求項 9 に記載の漏れ検査方法。

【請求項 11】

検査対象からの漏れを検査する漏れ検査方法であって、

規定の温度及び圧力下で規定の漏れを発生させる基準漏れ孔への試験圧の導入下における前記基準漏れ孔からの漏れの実測値に基づいて、前記検査対象への試験圧の導入下における前記検査対象からの漏れの実測値を、前記検査対象の仮想欠陥孔の大きさに相当する孔寸法相当値に換算し、

前記孔寸法相当値に基づいて漏れ判定することを特徴とする漏れ検査方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、漏れ検査装置及び方法に関し、特に規定の温度及び圧力条件下で一定の漏れ量を示す漏れ素子を用いた漏れ検査装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

エアリークテスタ（漏れ検査装置）でワーク（検査対象）の合否を判定する場合、その基準を示す単位としては一般に「漏れ量」を採用する。エアリークテスタの内部では、圧力の降下（負圧又はチャンバ法では圧力上昇であるが、話を簡潔にするため、ここでは加圧法を前提に記載する）を計測している。以前は、合否判定の閾値を降下圧力の大きさで規定することが多かったが、同じ量の漏れがあってもワークの容積が異なると圧力の降下量も変わってしまうため、漏れ量で規定することが定着しつつある。

20

【0003】

特許文献 1（特開 2012-112752）には、エアリークテスタの校正や保守等に用いられる漏れ素子が記載されている。漏れ検出路に漏れ素子が接続される。漏れ素子は、キャピラリ管を有している。漏れ素子によれば、規定の温度及び圧力条件下で、キャピラリ管から一定の漏れを発生させる。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2012-112752 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、細い通路を流れる漏れ量は、通路の入り口と出口の圧力が変化すれば変わってしまう。また、温度が変わっても変化する。つまり、漏れ試験の条件（主に圧力及び温度）が変われば、実際に流れる漏れ量は変化する。したがって、ある固定の条件下での漏れ量を閾値として定めただけでは、圧力及び温度が変わったときに同一の判定基準で検査をしているとは言えない。

40

【0006】

エアリークテスタで検査する気体漏れの範囲は、そのほとんどが粘性流の領域にある。粘性流の代表的な計算式としてハーゲンポアズイユの式がある（式 1）。

【数 1】

$$Q = \frac{\pi D^4}{128 \eta L} \frac{P_1 + P_2}{2} (P_1 - P_2) \quad (1)$$

ここで、

50

Q : 流量 (Pa · m³ / s)
 D : 管の内径 (m)
 L : 導管の長さ (m)
 : 気体の粘性係数 (Pa · s)
 P₁ : 入口の圧力 (Pa)
 P₂ : 出口の圧力 (Pa)

である。

【0007】

式1から解るように、流量Q(漏れ量)を変化させるパラメータは、“孔”すなわち検査対象の密封欠陥の性状を示すD,L以外にも存在する。つまり、気体の粘性係数は、温度(検査対象の温度や周辺温度)により変化する。入口圧力P₁(試験圧)は、レギュレータの性能等により変動する可能性がある。出口圧力P₂(大気圧)は、気象条件や地域によって変動する。更に式(1)は体積流量の計算であり、漏れ通路を通る気体は、温度変化に伴う収縮/膨張の影響も加わる。このため、実際の流量で判定していると、試験条件が変わることで検査の基準も変動してしまう。

【0008】

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、同じ大きさの密封欠陥であれば、温度及び圧力等の条件が変わっても同じ結果が得られる漏れ判定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】

前記問題点を解決するために、発明者は、漏れ判定の基準を“実際の漏れ”から“規定条件下での漏れ”ひいては“検査対象の密封欠陥の大きさ”に移すことを着想した。

すなわち、本発明は、検査対象からの漏れを検査する漏れ検査方法であって、

規定の温度及び圧力下で規定の漏れを発生させる基準漏れ孔からの漏れの実測値に基づいて、前記検査対象からの漏れの実測値を、前記検査対象の仮想欠陥孔(仮想の密封欠陥)の大きさに相当する孔寸法相当値に換算し、前記孔寸法相当値に基づいて漏れ判定することを特徴とする。

前記孔寸法相当値は、温度及び圧力等の試験条件ないしは環境条件が変わっても、密封欠陥の大きさが同じであれば、同じ値になる。これによって、同じ漏れ判定結果を得ることができる。

【0010】

本発明装置は、検査対象からの漏れを検査する漏れ検査装置であって、

前記検査対象に接続される検査路を有し、前記検査路から前記検査対象に試験圧を供給する漏れ検出路と、

前記漏れ検出路に設けられ、規定の温度及び圧力(以下「規定条件」と称す)下で規定の漏れ(以下「規定漏れ値」と称す)を発生させる漏れ素子と、

前記漏れ検出路に設けられた漏れ測定手段と、

処理手段と、を備え、前記処理手段が、

前記漏れ測定手段によって前記漏れ素子からの漏れ(以下「素子実測漏れ値」と称す)を実測する素子実測動作と、

前記漏れ測定手段によって前記検査対象からの漏れ(以下「対象実測漏れ値」と称す)を実測する対象実測動作と、

前記素子実測漏れ値に基づいて前記対象実測漏れ値を前記規定条件下での規定条件換算漏れ値に換算し、前記規定条件換算漏れ値に基づいて漏れ判定する判定動作を行なうことを特徴とする。

前記規定条件換算漏れ値は、前記検査対象の仮想欠陥孔(仮想の密封欠陥)の大きさに相当する孔寸法相当値の一例であり、温度及び圧力等の条件が変わっても、密封欠陥の大きさが同じであれば、同じ値になる。これによって、同じ漏れ判定結果を得ることができる。

10

20

30

40

50

【0011】

前記漏れ検査装置が、装置筐体と、前記検査対象が配置される検査部を含み、前記装置筐体には、前記漏れ測定手段及び前記処理手段が設けられ、前記検査部には、前記検査対象の配置部と前記漏れ素子とが、互いに近接して設けられていることが好ましい。

これによって、検査対象と漏れ素子の周辺温度及び外部圧力（出口圧力）を互いに略一致させることができる。ひいては、前記換算の適確性を高めることができる。

【0012】

前記漏れ検出路が、基準容器を含む基準路と、前記基準路と前記検査路とを連通、遮断可能な弁手段と、を有し、

10

前記漏れ測定手段が、前記検査路と前記基準路との間に設けられた差圧計であり、

前記弁手段によって、前記測定後に前記検査路が大気解放される一方、前記基準路ひいては前記基準容器が試験圧に維持されることが好ましい。

これによって、基準容器の断熱圧縮等による影響を除くことが出来る。さらに、副次的に以下の効果が期待される。

(1) 加圧又は排気工程で激しい流れが生じているタイミングでは、センサ部が遮断されており、センサに連通するタイミングではワークと同圧（テスト圧）で流れがほとんどない状態であるため、センサ内へ異物が侵入することが無い。

(2) マスタ（基準容器）はワーク（検査対象）と異なり加圧と排気を繰り返し行う。そのため、多湿な地域で使用すると、内部に結露した水が溜まることがあり、マスタの故障につながる場合があったが、本方式では回避できる。

20

(3) 差圧センサ（漏れ測定手段）の加圧・排気によるストレスが減るため、耐久性の向上が期待される。

【0013】

前記漏れ検査装置が、前記試験圧を測定する試験圧測定手段と、

前記漏れ素子又は検査対象の外部圧力を測定する外部圧力測定手段と、

前記漏れ素子又は検査対象の周辺温度を測定する温度測定手段と

を更に備え、前記処理手段が、前記対象実測動作時における前記試験圧測定手段、外部圧力測定手段及び温度測定手段の測定値、並びに前記漏れ素子の基準漏れ孔の大きさによって決まる基準漏れ孔寸法係数及び前記規定漏れ値に基づいて、前記対象実測漏れ値を前記規定条件換算漏れ値に換算する換算係数を算出することが好ましい。

30

これによって、検査対象の実測時の周辺温度や外部圧力等の環境条件に合わせて、対象実測漏れ値を規定条件換算漏れ値に適確に換算することができる。

【0014】

本発明方法は、検査対象からの漏れを検査する漏れ検査方法であって、

規定の温度及び圧力（以下「規定条件」と称す）下で規定の漏れ（以下「規定漏れ値」と称す）を発生させる漏れ素子を、試験圧を供給する漏れ検出路と連通させて、前記漏れ素子からの素子実測漏れ値を実測する素子実測工程と、

検査対象を前記漏れ検出路と接続して、前記検査対象からの対象実測漏れ値を実測する対象実測工程と、

40

前記素子実測漏れ値に基づいて前記対象実測漏れ値を前記規定条件下での値に換算し、前記換算した値に基づいて漏れ判定する判定工程と、

を備えたことを特徴とする。

前記規定条件換算漏れ値は、孔寸法相当値であり、温度及び圧力等の条件が変わっても、密封欠陥の大きさが同じであれば、同じ値になる。これによって、同じ漏れ判定結果を得ることができる。

【0015】

前記規定の漏れ値が、前記検査対象の漏れ判定の閾値の0.8~1.2倍であることが好ましい。

これによって、漏れ素子と検査対象との間の温度及び圧力に対する変動特性のズレをな

50

るべく小さくできる。

規定状態で漏れ素子の漏れ閾値と近似した漏れになる検査対象を用いることが好ましい。

【0016】

複数の検査対象を順次漏れ判定し、

先順の良品判定された検査対象の実測漏れ値に対して、後順の良品判定された検査対象の実測漏れ値が、所定割合以上増減したときは、前記素子実測工程をし直すことによって前記素子実測漏れ値を更新することが好ましい。

これによって、温度や圧力が大きく変動した場合、素子実測漏れ値を設定し直すことでの漏れ判定の正確さを確保できる。

前記先順の対象実測漏れ値は、前回の素子実測漏れ値の取得直後の良品検査対象の実測値であってもよい。

【0017】

前記規定漏れ値と前記素子実測漏れ値とに基づいて換算係数を算出し、

前記換算係数に基づいて前記対象実測漏れ値を規定条件換算漏れ値に換算することが好ましい。前記換算係数は、実測値を規定条件下での値に換算するための係数である。

【0018】

前記対象実測工程時の試験圧、外部圧力及び周辺温度、並びに前記漏れ素子の基準漏れ孔の大きさによって決まる基準漏れ孔寸法係数及び前記規定漏れ値に基づいて換算係数を算出し、

前記換算係数に基づいて前記対象実測漏れ値を規定条件換算漏れ値に換算することが好ましい。

これによって、検査対象を検査する都度、その検査時の温度や圧力等の環境条件を反映した換算係数を算出して、対象実測漏れ値を規定条件換算漏れ値に換算できる。したがって、同じ大きさの密封欠陥であれば、温度及び圧力等の条件が変わっても、確実に同じ漏れ判定結果が得られるようにすることができ、漏れ判定の信頼性を一層高めることができる。

【0019】

前記素子実測工程時の素子実測漏れ値、試験圧、外部圧力及び周辺温度に基づいて前記基準漏れ孔寸法係数を算出することが好ましい。

これによって、基準漏れ孔の大きさ（直径及び長さ等）が不確かであったり、直径が一定でなかったりしても、基準漏れ孔寸法係数を適確に設定することができ、ひいては、換算の適確性を高めることができる。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、同じ大きさの密封欠陥であれば、温度及び圧力等の条件が変わっても同じ漏れ判定結果が得られるようにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】図1は、本発明の第1実施形態に係る漏れ検査装置の回路図である。

【図2】図2は、本発明の第2実施形態に係る漏れ検査装置の回路図である。

【図3】図3は、本発明の第3実施形態に係る漏れ検査装置の回路図である。

【図4】図4は、前記第3実施形態に係る漏れ検査装置の動作のタイムチャートである。

【図5】図5は、本発明の第4実施形態に係る漏れ検査装置の回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施形態を図面にしたがって説明する。

[第1実施形態]

図1に示すように、漏れ検査装置1は、漏れ検出路10と、処理手段3（制御手段）と漏れ素子5を備えている。漏れ検出路10は、共通路11と、基準路18と、検査路1

10

20

30

40

50

9を含む。圧力源2から共通路11が延びている。共通路11には、圧力調整弁21と、圧力計31（試験圧測定手段）と、三方弁からなる加圧排気弁22とが圧力源2側から順次設けられている。

【0023】

共通路11から基準路18と検査路19が分岐されている。基準路18には基準遮断弁28が設けられている。基準路18の下流端は、基準容器8に接続されている。検査路19には検査遮断弁29が設けられている。検査路19の下流端は検査対象9に接続されている。遮断弁28, 29よりも下流の基準路18及び検査路19どうし間に差圧計33（漏れ測定手段）が設けられている。

弁21～29によって、弁手段が構成されている。

10

【0024】

さらに、検査遮断弁29よりも下流（検査対象9側）の検査路19から校正路15が延びている。校正路15には校正弁25が設けられている。校正路15の下流端に漏れ素子5が設けられている。校正弁25の開閉によって、漏れ素子5が漏れ検出路10に接離される。漏れ素子5は、検査対象の“孔”（欠陥）と同様の挙動が期待される素子であり、決められた温度及び圧力条件（規定条件）の下で値付けされたものである。すなわち、漏れ素子5は、基準漏れ孔5aを有し、規定の温度及び圧力条件下で規定の漏れ量 Q_{5s} （規定漏れ値）を発生させる。漏れ素子5の外表面等には、規定条件の温度、圧力、及び規定漏れ量 Q_{5s} の値が表記されている。

【0025】

20

更に、漏れ検査装置1には、処理手段3が設けられている。

処理手段3は、マイクロコンピュータや、弁手段21～29の駆動回路等を含む。処理手段3によって、漏れ検査装置1の弁手段21～29等の動作が制御され、更には漏れ判定処理が行われる。前記マイクロコンピュータのメモリ3m（記憶手段）には、漏れ検査のシーケンスプログラムの他、検査対象9の漏れ判定の閾値 Q_{9B} （Pa・m³/s）、漏れ素子5の規定漏れ量 Q_{5s} （Pa・m³/s）、検査対象9の容積V（m³）等の、漏れ判定に必要なデータが格納される。

【0026】

漏れ検査装置1による漏れ検査方法を説明する。

予め、漏れ素子5の規定漏れ量 Q_{5s} を処理手段3に記憶させる。また、検査対象9の漏れ判定の閾値を設定し、処理手段3に記憶しておく。

30

好ましくは、漏れ素子5としては、規定漏れ量 Q_{5s} が検査対象9の漏れ判定の閾値になるべく近いものを選択する。規定漏れ量 Q_{5s} は、検査対象9の漏れ判定の閾値の好ましくは0.8～1.2倍である。

また、漏れ素子5の規定条件（規定の温度及び規定の圧力）は、検査対象9の漏れ試験現場の試験条件（温度及び圧力）となるべく近いことが好ましい。

【0027】

これによって、少なくとも試験条件の近くでは、漏れ素子5と検査対象9との間の温度及び圧力に対する変動特性のズレをなるべく小さくできる。

【0028】

40

<素子実測>

検査路19には漏れの無い良品検査対象9を接続しておく。

加圧排気弁22によって共通路11と、基準路18及び検査路19を連通させる。また、遮断弁28, 29を開く。これによって、圧力源2からのエア圧が、圧力調整弁21において試験圧まで減圧される。この試験圧が、基準路18から基準容器8に導入されるとともに、検査路19から漏れ無し良品検査対象9に導入される。

【0029】

次に、遮断弁28, 29を閉じる。これによって、基準遮断弁28より基準容器8側の基準路18と、検査遮断弁29より検査対象9側の検査路19とが互いに独立した閉鎖空間となる。

50

【0030】

次に、校正弁25を開けることで漏れ素子5を漏れ検出路10と接続する。これによって、漏れ素子5から漏れが発生し、遮断弁28, 29より下流の基準路18と検査路19との間に圧力差が発生する。この圧力変化 P_{5R} を差圧計33によって検出する。圧力変化の実測データ P_{5R} は、処理手段3へ入力される。処理手段3は、下式(2)の演算を行なうことで、漏れ素子5からの実測漏れ量 Q_{5R} (素子実測漏れ値)を算出する。

【数2】

$$Q_{5R} = \frac{V \cdot \Delta P_{5R}}{\Delta t} \quad (2)$$

10

ここで、 t は、実測圧力変化 P_{5R} の検出時間(s)である。

【0031】

<換算係数算出>

さらに、処理手段3は、次式(3)にしたがって換算係数 k を求め、これをメモリ3mに記憶しておく。

【数3】

$$k = \frac{Q_{5S}}{Q_{5R}} = \frac{Q_{5S} \Delta t}{\Delta P_{5R} V} \quad (3)$$

20

【0032】

なお、素子実測漏れ量 Q_{5R} (又は実測圧力変化 P_{5R}) は、試験圧導入による温度変化や検査対象9の膨張等による変動分を取り除いた値とすることが好ましい。取り除く方法としては、マスタリング法(特開平9-33381号公報等参照)、フィッティング法(特開2004-061201号公報参照)、リニアフィッティング法(特開2012-255687号公報参照)等の公知の手法を適用することができる。

【0033】

<対象実測>

そのうえで、実際の検査対象9に対して漏れ検査を行う。

30

詳しくは、前記実際の検査対象9を検査路19に接続する。

加圧排気弁22によって共通路11と、基準路18及び検査路19を連通させる。また、遮断弁28, 29を開く。これによって、圧力源2からのエア圧が、圧力調整弁21において試験圧まで減圧される。この試験圧が、基準路18から基準容器8に導入されるとともに、検査路19から検査対象9に導入される。

【0034】

次に、遮断弁28, 29を閉じる。これによって、基準遮断弁28より基準容器8側の基準路18と、検査遮断弁29より検査対象9側の検査路19とが互いに独立した閉鎖空間となる。

【0035】

次に、差圧計33によって、基準路18と検査路19との間ひいては基準容器8と検査対象9との間の圧力差の時間変化 P_{9R} (実測圧力変化)を検出する。実測圧力変化 P_{9R} は、処理手段3へ入力される。処理手段3は、下式(4)の演算を行なうことで、規定条件換算漏れ値 Q_{9S} を算出する(換算工程)。なお、規定条件換算漏れ値 Q_{9S} (又は実測圧力変化 P_{9R})は、上記と同様にして、試験圧導入による温度変化や検査対象9の膨張等による変動分を取り除いた値とすることが好ましい。

40

【数4】

$$Q_{9s} = k \frac{V \cdot \Delta P_{9R}}{\Delta t} \quad (4)$$

つまり、素子実測漏れ量 Q_{5R} ($= Q_{5s} / k$) に基づいて、対象実測圧力変化 P_{9R} に対応する対象実測漏れ量 Q_{9R} を規定条件下での値に換算する。規定条件換算漏れ値 Q_{9s} は、検査対象 9 の仮想欠陥孔（仮想の密封欠陥）の大きさに相当する孔寸法相当値であり、温度や圧力等の環境条件が変わっても、密封欠陥の大きさが同じであれば、同じ値になる。

10

【0036】

<漏れ判定>

次に、規定条件換算漏れ値 Q_{9s} (孔寸法相当値) に基づいて漏れ判定を行なう。

詳しくは、規定条件換算漏れ値 Q_{9s} が閾値 Q_{9B} 以内であれば、その検査対象 9 を良品（漏れ無し）と判定する。規定条件換算漏れ値 Q_{9s} が閾値 Q_{9B} を超えていれば、その検査対象 9 を不良品（漏れ有り）と判定する。

これによって、同じ大きさの密封欠陥であれば、温度及び圧力等の条件が変わっても同じ漏れ判定結果が得られるようにすることができる。

【0037】

測定終了後は、遮断弁 28, 29 を開け、かつ加圧排気弁 22 を大気解放位置にすることで、検査路 19 及び基準路 18 ひいては基準容器 8 及び検査対象 9 内の試験圧を排出する。

20

以後、同様にして、複数の検査対象 9 の漏れ検査を順次行う。

【0038】

処理手段 3 は、これら検査対象 9 のうち良品判定された検査対象 9 の実測漏れ量 Q_{9R} を逐次メモリ 3 m に蓄積することによって、前記実測漏れ量 Q_{9R} の推移（経時変化）を監視する。

そして、先順の良品判定された検査対象 9 の実測漏れ量 Q_{9R} に対して、後順の良品判定された検査対象 9 の実測漏れ量 Q_{9R} が、所定割合（例えば 3% ~ 10%）以上増減したときは、素子実測工程をし直す。これによって、温度や圧力が漸次変動することで、前回の素子実測漏れ量 Q_{5R} の取得時からの変動幅が大きくなつたときは、素子実測漏れ量 Q_{5R} ひいては換算係数 k を変動後の温度及び圧力に対応する値に更新することができる。以後、更新後の素子実測漏れ量 Q_{5R} 又は換算係数 k を用いて、規定条件換算漏れ値 Q_{9s} を算出し、漏れ判定する。この結果、漏れ判定の正確さを確保することができる。しかも、温度や圧力が急激に大きく変動しない限り、素子実測漏れ量 Q_{5R} を頻繁に実測して更新する必要がなく、煩雑さを回避できる。

30

また、第 1 実施形態によれば、温度センサ及び圧力センサ、並びにこれらセンサの測定値の監視手段を設ける必要が無く、製品コストが上昇するのを防止できる。

【0039】

次に、本発明の他の実施形態を説明する。以下の実施形態において既述の形態と重複する構成に関しては図面に同一符号を付して説明を省略する。

40

[第2実施形態]

図 2 に示すように、第 2 実施形態に係る漏れ検査装置 1B は、装置筐体 1a と、検査部 1b を備えている。

装置筐体 1a には、圧力源 2 と、処理手段 3 と、漏れ検出路 10 における圧力源 2 との接続部から差圧計 33 までの部分と、その部分に配置された空圧素子 21, 22, 28, 29, 31, 33 が格納されている。図示は省略するが、更に、装置筐体 1a には、モニターや、タッチパネル等の入力部の他、弁手段 21 ~ 29 の手動操作等が設けられている。

【0040】

50

検査部 1 b には、基準容器 8 と、検査対象配置部 9 x と、漏れ素子 5 と、校正弁 2 5 が設けられている。検査対象配置部 9 x に検査対象 9 が配置されている。基準路 1 8 が、装置筐体 1 a から延びて検査部 1 b に導入され、その先端部が、基準容器 8 に接続されている。検査路 1 9 が、装置筐体 1 a から延びて検査部 1 b に導入され、その先端部（検査対象接続部）が、検査対象 9 に接続されている。校正路 1 5 が、装置筐体 1 a から延びて検査部 1 b に導入され、その先端の漏れ素子接続部が、漏れ素子 5 に接続されている。検査部 1 b 内における校正路 1 5 上に校正弁 2 5 が介在されている。校正弁 2 5 は、装置筐体 1 a の処理手段 3 によって遠隔的に操作される。

【 0 0 4 1 】

検査部 1 b には、検査対象配置部 9 x と漏れ素子 5 とが、互いに近接して設けられている。すなわち、漏れ素子 5 が検査対象 9 の近くに配置されている。 10

これによって、漏れ素子 5 を検査対象 9 とほぼ同じ温度及び圧力条件に置き、検査対象 9 とできるだけ同じような変動を受けるようにできる。ひいては、漏れ素子 5 の実測漏れ量 $Q_{5,R}$ を基準とした漏れ判定の精度を確保することができる。

なお、漏れ検査装置 1 B において、基準容器 8 については、装置筐体 1 a 内に配置してもよい。

【 0 0 4 2 】

[第 3 実施形態]

図 3 は、本発明の第 3 実施形態に係る漏れ検査装置 1 C を示したものである。漏れ検査装置 1 C では、弁手段として電磁開閉弁 4 1 ~ 4 7 が設けられている。これら開閉弁 4 1 ~ 4 7 のオンオフ操作のフローチャートを図 4 に示す。 20

加圧工程で、弁 4 4 を開き、弁 4 2 を閉じることで、検査対象 9 に試験圧が導入される。一方、基準容器 8 には、弁 4 5, 4 7 を介して試験圧が常時導入されている。

平衡工程で、弁 4 3 を閉じ、弁 4 4 を開き、弁 4 5 を閉じることで、基準容器 8 と検査対象 9 とが連通路 1 7 を介して連通される。

続いて、弁 4 7 を閉じることで、基準容器 8 と検査対象 9 とが遮断される。

そして、差圧計 3 3 によって差圧検出（実測漏れ量 $Q_{9,R}$ の測定）を行なう。

【 0 0 4 3 】

検出工程終了後、弁 4 1 を閉じ、弁 4 2, 4 3 を開き、弁 4 4 を閉じ、弁 4 5, 4 7 を開く。これによって、検査対象 9 が大気解放される。一方、基準容器 8 は、大気解放されることなく、試験圧に維持される。 30

これによって、基準容器 8 の断熱圧縮による影響を除くことができる。

校正弁 4 6 は、常時閉じておく。

弁 4 4 ~ 4 7 、差圧計 3 3 、及び基準容器 8 等を含むエア通路は、図 3 において二点鎖線にて示す金属製の計測プロック 4 に組み込まれている。

【 0 0 4 4 】

[第 4 実施形態]

図 5 は、本発明の第 4 実施形態に係る漏れ検査装置 1 D を示したものである。漏れ検査装置 1 D は、第 3 実施形態（図 4 ）の漏れ検査装置 1 C において、更に、温度測定手段 6 と、大気圧測定手段 3 2（外部圧力測定手段）を備えている。検査対象 9 と漏れ素子 5 とが互いに近くに配置されている。これら検査対象 9 及び漏れ素子 5 の近くに温度測定手段 6 及び大気圧測定手段 3 2 が配置されている。 40

【 0 0 4 5 】

温度測定手段 6 は、漏れ検査装置 1 D の、特に検査対象 9 及び漏れ素子 5 の周辺部における温度 T_6 （又は K）を測定する。

また、大気圧測定手段 3 2 は、検査対象 9 及び漏れ素子 5 の外部圧力すなわち検査対象 9 及び漏れ素子 5 の周辺の大気圧の絶対圧力 $P_{3,2}$ （Pa-abs.）を測定する。大気圧の絶対圧力 $P_{3,2}$ は、検査対象 9 の外部圧力（密封欠陥の出口圧力）または漏れ素子 5 の外部圧力（漏れ孔 5 a の出口圧力）に相当する。

なお、2 つの大気圧測定手段 3 2 を検査対象 9 の近くと漏れ素子 5 の近くに別々に設け

てもよい。2つの温度測定手段6を検査対象9の近くと漏れ素子5の近くに別々に設けてもよい。

【0046】

漏れ検査装置1Dにおいては、次のようにして漏れ検査を行なう。

<素子実測工程>

素子実測工程では、差圧計33(漏れ測定手段)によって素子実測圧力変化 P_{5R} を測定し、式2にしたがって素子実測漏れ値 Q_{5R} を導出する。

また、試験圧測定手段31によって試験圧 P_{31} (Pa)を測定し、大気圧測定手段32によって大気圧の絶対圧力 P_{32} (Pa-abs.)を測定し、温度測定手段6によって周辺温度 T_6 (K)を測定する。以下、素子実測工程時の各測定値 P_{31} , P_{32} , T_6 は添え字の末尾にAを付して、それぞれ P_{31A} , P_{32A} , T_{6A} と表記する。 10

【0047】

ハーゲンポアズイユの法則(式1)によれば、これらの値 Q_{5R} , P_{31A} , P_{32A} 、 T_{6A} の間には以下の関係が成り立つ。

【数5】

$$Q_{5R} = A \cdot \frac{1}{\eta_{6A}} \cdot \frac{P_{31A} + P_{32A}}{2} \left(P_{31A} - P_{32A} \right) \cdot \frac{T_s}{T_{6A}} \quad (5)$$

なお、式5における試験圧 P_{31A} は、絶対圧力(Pa-abs.)である。試験圧測定手段31がゲージ圧計である場合には、試験圧測定手段31の測定値に大気圧実測値 P_{32A} を加算することで絶対圧力 P_{31A} に換算する。 20

T_s は、規定条件の温度(K)であり、例えば $T_s = 296.15K (= 23)$ である。

η_{6A} は、実測温度 T_{6A} (K)における気体(空気)の粘性係数(Pa·s)である。例えば $20 (= 293.15K)$ における空気の粘性係数は、 18.2×10^{-5} (Pa·s)であるから、サザランドの式によれば、以下の関係が成り立つ。

【数6】

$$\eta_{6A} = 18.2 \times 10^{-5} \cdot \left(\frac{293.15 + C}{T_{6A} + C} \right) \cdot \left(\frac{T_{6A}}{293.15} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (6)$$

C は、サザランド定数であり、空気の場合、 $C = 117$ である。

【0048】

式5における右辺第1項のAは、漏れ素子5の基準漏れ孔5aの大きさ(D_4 , L_5)によって決まる基準漏れ孔寸法係数であり、ハーゲンポアズイユの法則(式1)から例えば下式で定義できる。

【数7】

$$A = \frac{\pi D_5^4}{128 L_5} \quad (7) \quad 40$$

D_5 は、漏れ素子5の基準漏れ孔5aの直径である。 L_5 は、漏れ素子5の基準漏れ孔5aの長さである。要するに、基準漏れ孔寸法係数Aは、基準漏れ孔5aの大きさを示す係数であり、具体的には、基準漏れ孔5aの直径 D_5 の4乗に比例し、基準漏れ孔5aの長さ L_5 に反比例する。

【0049】

更に、基準漏れ孔寸法係数Aは、式5及び6から下式でも表される。

【数8】

$$A = Q_{5R} \cdot 18.2 \times 10^{-5} \cdot \left(\frac{293.15 + C}{T_{6A} + C} \right) \cdot \left(\frac{T_{6A}}{293.15} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{2}{(P_{31A} + P_{31B}) \cdot (P_{31A} - P_{31B})} \cdot \frac{T_{6A}}{T_S} \quad (8)$$

基準漏れ孔5aの直径D₄及び長さL₄は、不明であったり製造誤差があったりして、不確かな場合がある。基準漏れ孔5aの長さ方向の場所によって直径D₄が一定していないかったり断面が真円ではなかったりする場合もある。そのような場合を考慮して、第4実施形態における素子実測工程では、式8にQ_{5R}、P_{31A}、P_{32A}及びT_{6A}の測定値を当てはめることで、基準漏れ孔寸法係数Aを算出する。これによって、基準漏れ孔5aの直径D₄及び長さL₄が不確かであったり、直径D₄が一定でなかったりしても、基準漏れ孔寸法係数Aを適確に設定することができる。基準漏れ孔寸法係数Aは、メモリ3mに記憶させておく。

【0050】

素子実測工程すなわち基準漏れ孔寸法係数Aの算出工程は、例えば午前や午後の始業時等、時間を決めて定期的に行ってもよく、温度や圧力等の環境条件が大きく変化した時などに不定期に行ってもよい。

基準漏れ孔5aの直径D₄及び長さL₅が正しく判明している場合は、式7を用いて基準漏れ孔寸法係数Aを演算してもよい。

【0051】

<対象実測工程>

実際の検査対象9を検査する際は、差圧計33によって差圧変化P_{9R}を測定し、式9にしたがって対象実測漏れ値Q_{9R}を導出する。

【数9】

$$Q_{9R} = \frac{V \cdot \Delta P_{9R}}{\Delta t} \quad (9)$$

【0052】

また、試験圧測定手段31によって試験圧P₃₁(Pa)を測定し、大気圧測定手段32によって大気圧の絶対圧力P₃₂(Pa-abs.)を測定し、温度測定手段6によって周辺温度T₆(K)を測定する。以下、対象実測工程時の各測定値P₃₁、P₃₂、T₆は、添え字の末尾にBを付して、それぞれP_{31B}、P_{32B}、T_{6B}と表記する。

【0053】

ハーゲンポアズイユの法則(式1)によれば、式5と同様に、以下の関係が成り立つ。

【数10】

$$Q_{5R} = A \cdot \frac{1}{\eta_{6B}} \cdot \frac{P_{31B} + P_{32B}}{2} \left(P_{31B} - P_{32B} \right) \cdot \frac{T_S}{T_{6B}} \quad (10)$$

式10における試験圧P_{31B}は、絶対圧力(Pa-abs.)である。試験圧測定手段31がゲージ圧計である場合には、試験圧測定手段31の測定値に大気圧実測値P_{32B}を加算することで絶対圧力P_{31B}に換算する。

η_{6B}は、実測温度T_{6B}(K)における気体(空気)の粘性係数(Pa·s)であり、例えば20(=293.15K)における空気の粘性係数18.2×10⁻⁵(Pa·s)と、サザランドの式とから、以下の関係が成り立つ。

【数11】

$$\eta_{6B} = 18.2 \times 10^{-5} \cdot \left(\frac{293.15 + C}{T_{6B} + C} \right) \cdot \left(\frac{T_{6B}}{293.15} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (11)$$

10

20

40

50

【0054】

式3の左辺及び中辺に、式10及び11を当てはめることで、下式が導かれる。

【数12】

$$k = \frac{Q_{5s} \cdot 2}{A \cdot (P_{31B} + P_{32B}) \cdot (P_{31B} - P_{32B})} \cdot \frac{T_{6B}}{T_S} \cdot 18.2 \times 10^{-5} \cdot \left(\frac{293.15 + C}{T_{6B} + C} \right) \cdot \left(\frac{T_{6B}}{293.15} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (12)$$

したがって、検査対象9の実測時における測定値 P_{31B} 、 P_{32B} 及び T_6 、並びに漏れ素子5に関する基準漏れ孔寸法係数A及び規定漏れ値 Q_{5s} に基づいて、換算係数kを適確に求めることができる。この換算係数kに基づき、下式の演算を行なうことで、対象実測漏れ値 Q_{9R} を規定条件換算漏れ値 Q_{9s} に換算する（換算工程）。

【数13】

$$Q_{9s} = k \cdot Q_{9R} \quad (13)$$

【0055】

そして、規定条件換算漏れ値 Q_{9s} に基づいて、検査対象9の密封性を判定する。すなわち、 Q_{9s} が閾値以下であれば検査対象9を良品（漏れ無し）と判定する。 Q_{9s} が閾値を超えていれば検査対象9を不良品（漏れ有り）と判定する。

漏れ検査装置1Dによれば、検査対象9を検査する都度、その検査時の環境条件を反映した換算係数kを算出して、対象実測漏れ値 Q_{9R} を規定条件換算漏れ値 Q_{9s} に換算できる。したがって、同じ大きさの密封欠陥であれば、温度及び圧力等の条件が変わっても、確実に同じ漏れ判定結果が得られるようにすることができ、漏れ判定の信頼性を一層高めることができる。

更に、換算係数kの算出に用いる基準漏れ孔寸法係数Aについても、定期又は不定期に見直すことで、規定条件換算漏れ値 Q_{9s} への換算の適確性を高めることができる。

【0056】

本発明は、前記実施形態に限られず、その趣旨を逸脱しない範囲内で種々の改変をなすことができる。

例えば、流量によって漏れ判定するのに限られず、差圧又は直圧によって漏れ判定してもよい。

圧力源2は、エアコンプレッサー等の正圧源に限られず、真空ポンプ等の負圧源であってもよい。

本発明は、エアリークテストに限られず、ヘリウムリークテスト、水素リークテスト、その他種々のリークテストに適用可能である。

【産業上の利用可能性】

【0057】

本発明は、密封品の良否判定に適用できる。

【符号の説明】

【0058】

1, 1B, 1C, 1D	漏れ検査装置
1 a	装置筐体
1 b	検査部
2	圧力源
3	処理手段（制御手段）
3 m	メモリ（記憶手段）
4	計測ブロック
5	漏れ素子
5 a	基準漏れ孔
6	温度測定手段
8	基準容器

10

20

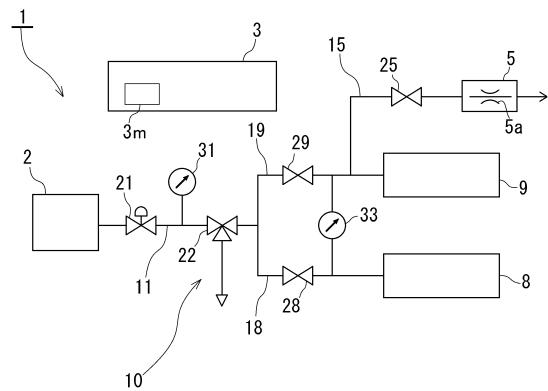
30

40

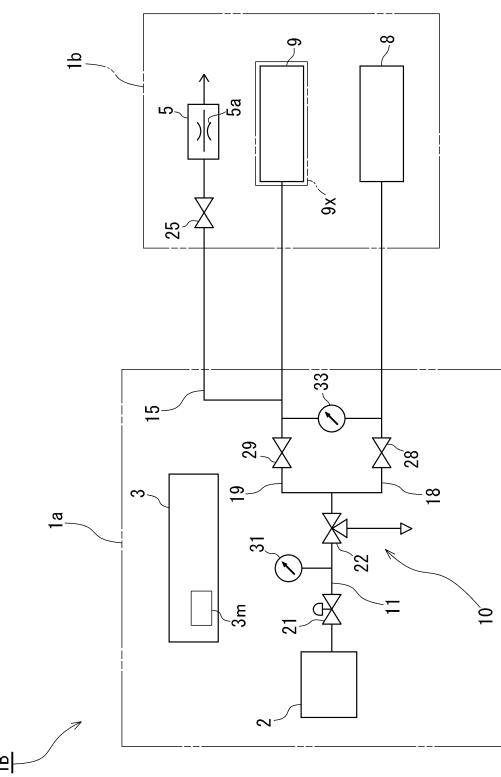
50

9	検査対象	
1 0	漏れ検出路	
1 1	共通路	
1 5	校正路	
1 8	基準路	
1 9	検査路	
2 1	圧力調整弁	
2 2	三方弁	
2 5	校正弁	
2 8	基準遮断弁	10
2 9	検査遮断弁	
3 1	圧力計（試験圧測定手段）	
3 2	大気圧測定手段（外部圧力測定手段）	
3 3	差圧計（漏れ測定手段）	
A	基準漏れ孔寸法係数	
k	換算係数	
P 3 1 A	素子実測工程時の試験圧実測値	
P 3 1 B	対象実測工程時の試験圧実測値	
P 3 2 A	素子実測工程時の大気圧実測値（外部圧力実測値）	
P 3 2 B	対象実測工程時の大気圧実測値（外部圧力実測値）	20
P 5 R	素子実測圧力変化（素子実測漏れ値）	
P 9 R	対象実測圧力変化	
Q 5 S	規定漏れ量（規定漏れ値）	
Q 5 R	素子実測漏れ量（素子実測漏れ値）	
Q 9 R	対象実測漏れ量（対象実測漏れ値）	
Q 9 S	規定条件換算漏れ値	
Q 9 B	検査対象の漏れ判定の閾値	
T 6 A	素子実測工程時の周辺温度実測値	
T 6 B	対象実測工程時の周辺温度実測値	
T S	規定条件温度	30

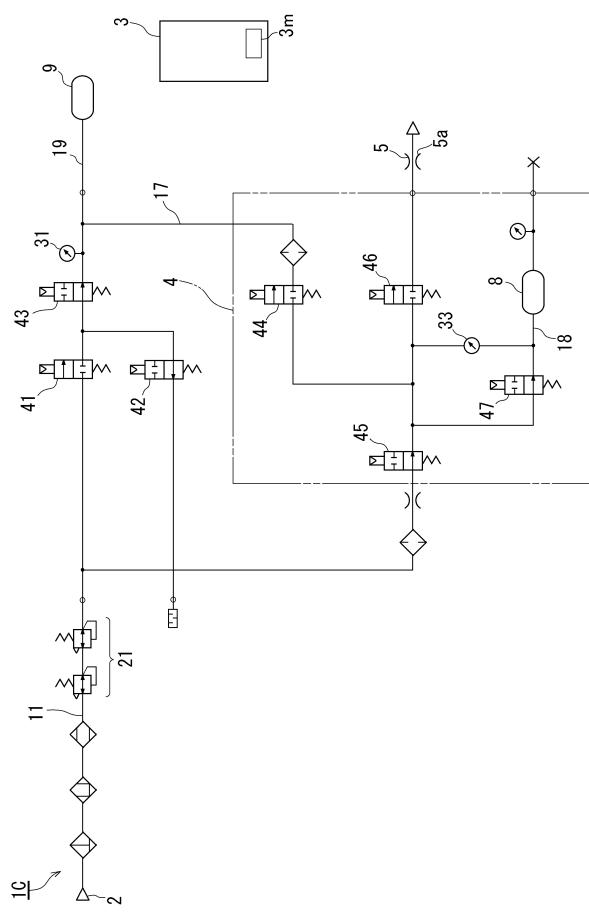
【図1】



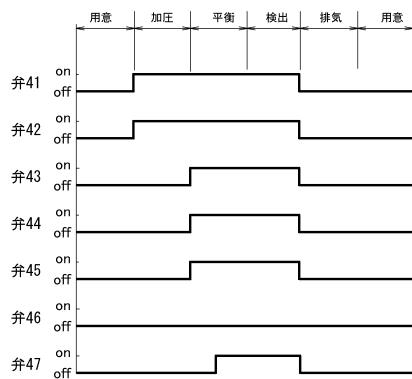
【図2】



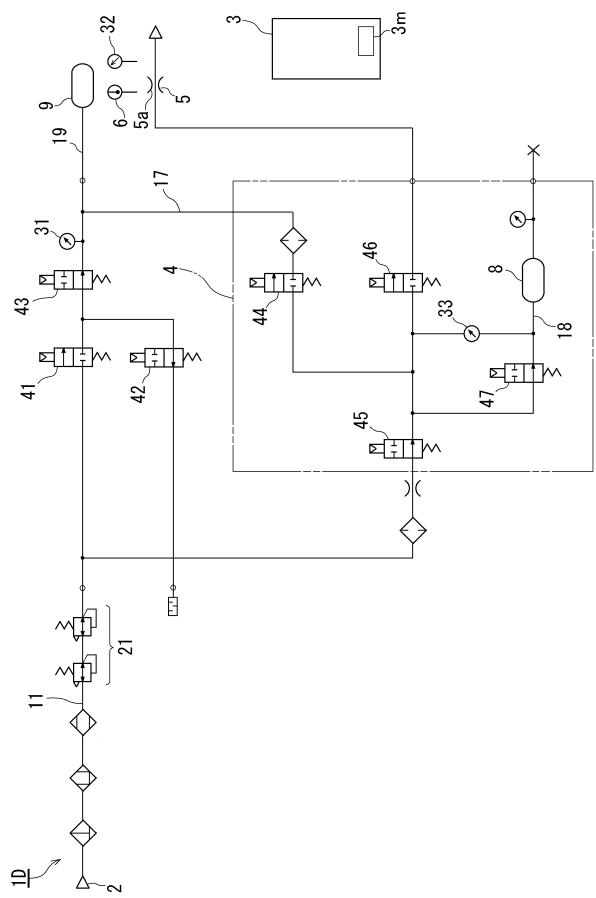
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 伊東 正和
日本国東京都練馬区貫井3丁目16番5号 株式会社フクダ内

審査官 安田 明央

(56)参考文献 特開2012-112752(JP, A)
特開平04-132926(JP, A)
特開2012-032351(JP, A)
特開平10-132695(JP, A)
特表平09-508471(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 01 M 3 / 00 - 3 / 40