(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7523663号
(P7523663)

(45)発行日　令和6年7月26日(2024.7.26)

(24)登録日　令和6年7月18日(2024.7.18)

(51)国際特許分類

		FI		
G01M 3/20 (2006.01)		G01M	3/20	B
G01M 13/005 (2019.01)		G01M	13/005	

請求項の数　11　（全13頁）

(21)出願番号　特願2023-503390(P2023-503390)
(86)(22)出願日　令和3年12月15日(2021.12.15)
(86)国際出願番号　PCT/JP2021/046355
(87)国際公開番号　WO2022/185660
(87)国際公開日　令和4年9月9日(2022.9.9)
審査請求日　令和5年6月21日(2023.6.21)
(31)優先権主張番号　特願2021-33460(P2021-33460)
(32)優先日　令和3年3月3日(2021.3.3)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　000004385
ＮＯＫ株式会社
東京都港区芝大門１丁目１２番１５号
(74)代理人　100179970
弁理士　桐山 大
(74)代理人　100071205
弁理士　野本 陽一
(72)発明者　齋藤 達也
静岡県菊川市赤土２０００番地 ＮＯＫ株式会社内
(72)発明者　川井 智博
神奈川県藤沢市辻堂新町４－３－１ ＮＯＫ株式会社内
審査官　岩永 寛道

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　シール部品の検査方法、検査装置、及び検査プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

同一の規格で製造された複数のゴム製のシール部品のガスの透過量をヘリウムリークテストによって個々に測定し、

前記シール部品ごとに、透過量が上昇する非安定区間中の予め定められた基準時の測定値と、透過量が安定する安定区間の測定値とを対にしたサンプルデータを取得し、

取得した複数のサンプルデータに基づいて、前記基準時の測定値と前記安定区間の測定値との関係を１次関数で定義し、

前記シール部品と同一の規格で製造された検査対象となるシール部品のガスの透過量をヘリウムリークテストによって測定し、

前記１次関数を用いて、前記検査対象となるシール部品の前記基準時の測定値から前記安定区間の測定値を推測する、

シール部品の検査方法。

【請求項２】

前記１次関数は、前記サンプルデータ中の前記基準時の測定値を説明変数、前記安定区間の測定値を目的変数とし、

前記検査対象となるシール部品の安定区間の測定値は、前記１次関数を用いた単回帰分析によって推測する、

請求項１に記載のシール部品の検査方法。

【請求項３】

最小二乗法によって前記１次関数を求める、
請求項１に記載のシール部品の検査方法。
【請求項４】
最小二乗法によって前記１次関数を求める、
請求項２に記載のシール部品の検査方法。
【請求項５】
前記１次関数は、相関係数を０．９以上とする、
請求項１ないし３のいずれか一に記載のシール部品の検査方法。
【請求項６】
前記１次関数は、決定係数を０．９以上とする、
請求項１ないし３のいずれか一に記載のシール部品の検査方法。
【請求項７】
前記１次関数は、相関係数を０．９以上とし、かつ決定係数を０．９以上とする、
請求項１ないし３のいずれか一に記載のシール部品の検査方法。
【請求項８】
ゴム製のシール部品のガスの透過量をヘリウムリークテストによって測定した測定値を入力する入力部と、
同一の規格で製造された複数のシール部品の測定値ごとに、透過量が上昇する非安定区間中の予め定められた基準時の測定値と、透過量が安定する安定区間の測定値とを対にしたサンプルデータを生成するサンプル生成部と、
生成した複数のサンプルデータに基づいて、前記基準時の測定値と前記安定区間の測定値との関係を１次関数で定義する定義部と、
前記１次関数を用いて、前記シール部品と同一の規格で製造された検査対象となるシール部品の前記基準時の測定値から前記安定区間の測定値を推測する推測部と、
を備えるシール部品の検査装置。
【請求項９】
前記定義部は、前記サンプルデータ中の前記基準時の測定値を説明変数、前記安定区間の測定値を目的変数として前記１次関数を定義し、
前記推測部は、前記１次関数を用いた単回帰分析によって前記検査対象となるシール部品の安定区間の測定値を推測する、
請求項８に記載のシール部品の検査装置。
【請求項１０】
コンピュータにインストールされ、このコンピュータに、
同一の規格で製造された複数のゴム製のシール部品のガスの透過量をヘリウムリークテストによって個々に測定した測定値の入力を受け付ける機能と、
前記シール部品ごとに、透過量が上昇する非安定区間中の予め定められた基準時の測定値と、透過量が安定する安定区間の測定値とを対にしたサンプルデータを生成する機能と、
生成した複数のサンプルデータに基づいて、前記基準時の測定値と前記安定区間の測定値との関係を１次関数で定義する機能と、
前記シール部品と同一の規格で製造された検査対象となるシール部品のガスの透過量をヘリウムリークテストによって測定した測定値の入力を受け付ける機能と、
前記１次関数を用いて、前記検査対象となるシール部品の前記基準時の測定値から前記安定区間の測定値を推測する機能と、
を実行させるシール部品の検査プログラム。
【請求項１１】
前記１次関数は、前記サンプルデータ中の前記基準時の測定値を説明変数、前記安定区間の測定値を目的変数として定義され、
前記検査対象となるシール部品の安定区間の測定値は、前記１次関数を用いた単回帰分析によって推測される、
請求項１０に記載のシール部品の検査プログラム。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、シール部品の透過漏れを検査するシール部品の検査方法、検査装置、及び検査プログラムに関する。
【背景技術】
【０００２】
例えば固体高分子形燃料電池では、酸素の流路と水素の流路とを区画する上で、シール部材が重要な役割を担っている。この種の燃料電池は、膜電極接合体（ＭＥＡ）を一対のセパレータで挟み込んだ複数枚の燃料電池セルを積層したスタック構造を備えている。膜電極接合体は、電解質膜をアノード電極（陽極）とカソード電極（陰極）とで挟み込んだ構造物であり、それぞれの電極は、触媒層とガス拡散層（ＧＤＬ）との積層構造を有している。セパレータはガス拡散層に密接し、ガス拡散層との間に水素と酸素との流路を形成する。
【０００３】
燃料電池セルは、セパレータに形成した流路を利用し、アノード電極には水素を、カソード電極には酸素を供給する。これによって水の電気分解と逆の電気化学反応を生じさせて発電を行なう。
【０００４】
このような固体高分子形燃料電池の構造上、水素の流路と酸素の流路とは確実に区画されなければならず、これらの流路を区画するシール部品に高いシール性能が求められる。とりわけ水素の密封性は、安全性の観点からも発電効率の観点からも重要度が高い。
【０００５】
その一方でシール部品の材料であるゴムは、ガスの透過性を有している。このため固体高分子形燃料電池では、シール部品と他の部材との間に生じている隙間からガスが漏れることがあるばかりでなく、水素がシール部品を透過する透過漏れも発生する（特許文献１の段落［０００４］参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【文献】特開２０２０－１５９９３５号公報
【文献】特開２０１６－１０６２１５号公報
【非特許文献】
【０００７】
【文献】高橋明　小笠原五郎著、「気体透過性試験」、日本ゴム協会誌　第４９巻第８号、１９７６年、ｐ３９－４７
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
シール部品の透過漏れは、ヘリウムリークディテクタを用いたヘリウムリークテストによって検査することができる。ヘリウムリークテストは、漏れ検査の中でも感度が高く、微小な漏れに対する検査精度に優れている。透過漏れの検出については明記されていないものの、固体高分子形燃料電池を開示する特許文献２にも、ヘリウムリークディテクタを用いたシール部品のガス漏れ検出が紹介されている（同文献の段落［０００３］参照）。
【０００９】
ヘリウムリークディテクタを用いたヘリウムリークテストは、微小な漏れの検出が可能であるという利点を有する一方で、正確な漏れ量を測定できる状態になるまでに時間がかかる。例えば固体高分子形燃料電池に用いるようなシール部品についていうならば、７～１０分もの検査時間を必要とする。仮に一つの検査対象に対して検査を三回実施すると、完了までに２１～３０分もの時間がかかってしまう。

【００１０】
ヘリウムリークテストに時間がかかるのは、検査対象を透過した検査ガスに含まれるヘリウムを検知して漏れ量を測定するという原理上、検査ガスの透過量が安定するまで待たなければならないからである。ＪＩＳ－Ｚ２３３１はヘリウムリークテストについて各種手法を規定しているが、いずれの手法を採用しても、検査対象を透過した検査ガスに含まれるヘリウムを検知するという検査原理は変わらず、検査時間に長時間を要する。
【００１１】
検査時間の短縮化が望まれる。
【課題を解決するための手段】
【００１２】
シール部品の検査方法の一態様は、同一の規格で製造された複数のゴム製のシール部品のガスの透過量をヘリウムリークテストによって個々に測定し、前記シール部品ごとに、透過量が上昇する非安定区間中の予め定められた基準時の測定値と、透過量が安定する安定区間の測定値とを対にしたサンプルデータを取得し、取得した複数のサンプルデータに基づいて、前記基準時の測定値と前記安定区間の測定値との関係を１次関数で定義し、前記シール部品と同一の規格で製造された検査対象となるシール部品のガスの透過量をヘリウムリークテストによって測定し、前記１次関数を用いて、前記検査対象となるシール部品の前記基準時の測定値から前記安定区間の測定値を推測する工程と、を備える。
【００１３】
シール部品の検査装置の一態様は、ゴム製のシール部品のガスの透過量をヘリウムリークテストによって測定した測定値を入力する入力部と、同一の規格で製造された複数のシール部品の測定値ごとに、透過量が上昇する非安定区間中の予め定められた基準時の測定値と、透過量が安定する安定区間の測定値とを対にしたサンプルデータを生成するサンプル生成部と、生成した複数のサンプルデータに基づいて、前記基準時の測定値と前記安定区間の測定値との関係を１次関数で定義する定義部と、前記１次関数を用いて、前記シール部品と同一の規格で製造された検査対象となるシール部品の前記基準時の測定値から前記安定区間の測定値を推測する推測部と、を備える。
【００１４】
シール部品の検査プログラムの一態様は、コンピュータにインストールされ、このコンピュータに、同一の規格で製造された複数のゴム製のシール部品のガスの透過量をヘリウムリークテストによって個々に測定した測定値の入力を受け付ける機能と、前記シール部品ごとに、透過量が上昇する非安定区間中の予め定められた基準時の測定値と、透過量が安定する安定区間の測定値とを対にしたサンプルデータを生成する機能と、生成した複数のサンプルデータに基づいて、前記基準時の測定値と前記安定区間の測定値との関係を１次関数で定義する機能と、前記シール部品と同一の規格で製造された検査対象となるシール部品のガスの透過量をヘリウムリークテストによって測定した測定値の入力を受け付ける機能と、前記１次関数を用いて、前記検査対象となるシール部品の前記基準時の測定値から前記安定区間の測定値を推測する機能と、を実行させる。
【発明の効果】
【００１５】
シール部品の透過漏れを検査する透過検査に要する時間を短縮することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１６】
【図１】シール部品のガス透過曲線を例示するグラフ。
【図２】個体が異なる複数のシール部品それぞれのガス透過曲線を例示するグラフ。
【図３】実施の一形態として、シール部品の検査方法の実施に必要なヘリウムリークディテクタとコンピュータとのハードウエア構成を示すブロック図。
【図４】非安定区間中の基準時の測定値をＹ軸に、安定区間の測定値をＸ軸においた複数のサンプルデータと、これらのサンプルデータに基づく回帰直線とを示すグラフ。
【図５】シール部品のガス透過曲線上で、検査対象となるシール部品の安定区間の測定値

を推測する処理を図式化して示す模式図。
【図６】１次関数の回帰直線上で、検査対象となるシール部品の安定区間の測定値を推測する処理を図式化して示す模式図。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
実施の形態を図面に基づいて説明する。本実施の形態は、ヘリウムリークディテクタ２０１（図３参照、以下「リークディテクタ２０１」とも略称する）を用いたヘリウムリークテストによって図示しないシール部品の透過漏れを検査するシール部品の検査方法及び検査装置である。本実施の形態では、それらの検査方法及び検査装置に用いられるコンピュータプログラムも紹介する。
【００１８】
つぎの項目にそって説明する。
１．ガス透過曲線の規則性
２．検査原理
３．検査装置
４．検査方法
（１）サンプル取得工程
（２）関数定義工程
（３）漏れ量推測工程
５．まとめ
【００１９】
１．ガス透過曲線の規則性
ゴム製のシール部品、例えば固体高分子燃料電池に用いられ、水素の流路と酸素の流路とを区画するシールのガス透過性を検査する場合、リークディテクタ２０１を用いてヘリウムリークテスト（以下「リークテスト」とも略称する）を実施する。
【００２０】
図１に示すように、リークディテクタ２０１の出力から得られるシール部品の測定値を時間軸の関数で示すと、透過量が上昇する非安定区間Ａを経た後に、透過量が安定する安定区間Ｂに遷移する。これは前述したように、シール部品を透過した検査ガスに含まれるヘリウムを検知して漏れ量を判定するというリークディテクタ２０１の原理上、シール部品を透過する検査ガスの透過量が安定するまでに時間を要するからである。
【００２１】
そこで横軸を時間、縦軸を測定値としたときのガス透過曲線１１は、図１に例示するような形状になる。ガス透過曲線１１は、例えば非特許文献１の第３９－４０ページに記載されているガス透過量の理論式からも明らかなように、ある時間での透過量を定義するつぎの理論式によって表わすことができる。
【００２２】
【数１】

$$Q(t) = -DA\left(\frac{\partial c}{\partial x}\right)_{x=w} = \frac{P\Delta pA}{w}\left[1+2\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n exp\left(-D\left(\frac{n\pi}{w}\right)^2 t\right)\right] \quad \cdots\cdots(1)$$

Ｑ：透過量
ｔ：時間
Ｄ：拡散係数
Ａ：透過断面積
ｗ：シール接触幅（透過長）
∂ｃ／∂ｘ：シール接触幅（ｘ＝ｗ）あたりの気体濃度（ｃ）
Ｐ：透過係数

Δｐ：ヘリウム圧力

【００２３】

拡散係数Ｄ及び透過係数Ｐは、シール部品の材料などに特有の値であり、ガス透過曲線１１を決定づける要因になっている。

【００２４】

実際のリークテストに際しては、気体濃度ｃ及びヘリウム圧力Δｐは開始直後に徐々に大きくなり、いずれ安定する。これによって透過量が上昇する非安定区間Ａと、透過量が安定する安定区間Ｂとが発生する。

【００２５】

２．検査原理

ガス透過曲線１１は、式（１）の理論式で表されるために、どのようなシール部品であっても類似した形状をとることになる。

【００２６】

図２のグラフに示されているガス透過曲線１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、……１１ｎは、同一の規格で製造された個体が異なる複数のシール部品について、リークディテクタ２０１によって測定したそれぞれのガス透過量に基づくガス透過曲線１１である。個々のシール部品の個体差によって値は分散しているが、曲線形状の類似性は保たれていることがわかる。本実施の形態の検査方法はこの点に着目し、検査対象であるシール部品のリークディテクタ２０１による測定値中、非安定区間Ａの測定値から安定区間Ｂの測定値を推測する（図５、図６参照）。

【００２７】

安定区間Ｂの測定値を推測するために、本実施の形態の検査方法はサンプル取得工程、関数定義工程、及び漏れ量推測工程という三つの工程を実施する。本実施の形態の検査装置は、サンプル取得工程の実行を支援する入力部及びサンプル生成部、関数定義工程の実行を支援する定義部、及び漏れ量推測工程の実行を支援する推測部を備えている。

【００２８】

サンプル取得工程では、同一の規格で製造された複数のゴム製のシール部品のガスの透過量Ｑ（ｔ）をヘリウムリークテストによって個々に測定し、シール部品ごとに、透過量が上昇する非安定区間Ａ中の基準時ＣＴ（図５参照）の測定値と、透過量が安定する安定区間Ｂの測定値とを対にした複数のサンプルデータＳＤ（図４参照）を取得する。

【００２９】

関数定義工程では、複数のサンプルデータＳＤに基づいて、非安定区間Ａ中の基準時ＣＴの測定値と安定区間Ｂの測定値との関係を１次関数で定義する。

【００３０】

漏れ量推測工程では、シール部品と同一の規格で製造された検査対象となるシール部品のガスの透過量Ｑ（ｔ）をヘリウムリークテストによって測定し、定義した１次関数を用いて、検査対象となるシール部品の非安定区間Ａの測定値から安定区間Ｂの測定値を推測する。

【００３１】

３．検査装置

本実施の形態では、上記三つの工程による検査方法をパーソナルコンピュータ（パソコン）やタブレット端末などの情報処理装置と、リークディテクタ２０１とによって実行する。ここでは情報処理装置としてパソコン１０１を利用した場合を例に挙げ、そのアーキテクチャを紹介する。

【００３２】

図３に示すように、パソコン１０１のアーキテクチャは一般的なパーソナルコンピュータと変わることがない。各種処理を実行して各部を集中的に制御するＣＰＵ１０２を中核に据え、メインメモリ１０３、フラッシュメモリ１０４、ＨＤＤ１０５、ネットワークに接続するための通信インターフェース（ＩＦ）１０６、周辺機器を接続するためのＩ／Ｏ１０７がＣＰＵ１０２に接続されている。

【００３３】
入力装置１０９は、一例としてはデータ入力用に用意されたキーボード及びマウスであり、他の一例としては表示装置１０８に設けられたタッチパネルである。情報処理装置としてタブレット端末やスマホなどの情報端末を使用する場合、入力装置１０９にはタッチパネルが用いられる。表示装置１０８及び入力装置１０９は、パソコン１０１のユーザインターフェースとなる。
【００３４】
パソコン１０１のＨＤＤ１０５には、シール部品の検査のために用いられるコンピュータプログラム、検査プログラムＰＧがインストールされている。検査プログラムＰＧは、例えば個々のセルに入力された値に基づいて１次関数の計算を実行することができる一般的な表計算ソフトウエアである。このような検査プログラムＰＧは、その起動時に全部又は一部がメインメモリ１０３に読み込まれ、シール部品の検査方法の実施を支援する各種の処理、つまり後述する第１～第３の工程の処理をＣＰＵ１０２に実行させる。
【００３５】
検査プログラムＰＧは、ＨＤＤ１０５に格納されるのみならず、例えば光メディア、半導体記憶装置、データ伝送媒体などの各種の記憶媒体に格納されて可搬性をもったり、データ転送が可能な状態になったりもする。
【００３６】
リークディテクタ２０１はディスプレイ２０２を備え、ヘリウムリークテストの測定結果をディスプレイ２０２に表示する。
【００３７】
４．検査方法
検査プログラムＰＧにしたがいパソコン１０１が実行する各種の処理によって支援されるシール部品の検査方法を順に説明する。
【００３８】
（１）サンプル取得工程
この工程は、次工程（関数定義工程）で定義する１次関数の説明変数及び目的変数の値をサンプルデータＳＤとして取得する工程である。サンプルデータＳＤは、個体が異なる複数のシール部品のそれぞれについて、リークディテクタ２０１によってガスの透過量Ｑ（ｔ）を測定することによって取得される。
【００３９】
リークディテクタ２０１は、複数のシール部品からリークテストによって採取した測定値、つまりある時間ごとのガスの透過量Ｑ（ｔ）のデータをディスプレイ２０２に表示する。透過量Ｑ（ｔ）のデータは、その値が上昇する非安定区間Ａから安定する安定区間Ｂに至るまでの間、所定の周期で取得した一連のデータである。
【００４０】
リークディテクタ２０１による測定に際して、パソコン１０１では検査プログラムＰＧを起動させておく。検査プログラムＰＧは、前述したように関数計算を実行し得る表計算ソフトウエアであり、起動することで、表示装置１０８に複数のセル（図示せず）をマトリクス状に表示させる。
【００４１】
作業者は、リークディテクタ２０１のディスプレイ２０２に表示される透過量Ｑ（ｔ）のうち、値が上昇する非安定区間Ａ中の基準時ＣＴの測定値と、値が安定する安定区間Ｂの測定値とを対にしたデータをサンプルデータＳＤとして、これらの値を表計算ソフトウエアのセルに入力する。
【００４２】
このときパソコン１０１の入力装置１０９は、シール部品のガスの透過量Ｑ（ｔ）をリークテストによって測定した測定値を入力する入力部として機能する。
【００４３】
基準時ＣＴは、リークディテクタ２０１がリークテストを実行した後、予め定められた

時間が経過した時点を意味する。この基準時ＣＴの意味合いは、サンプル取得工程においても、後述する漏れ量推測工程での基準時ＣＴ（図５参照）においても同様である。ただし基準時ＣＴは、正確に秒単位で一致している必要はなく、ある程度の時間の範囲のずれは許容される。例えば数秒から数十秒程度のずれは問題ない。

【００４４】

入力するサンプルデータＳＤのデータ数は、３０個以上である。つまり作業者は、同一の規格で製造された３０個以上のゴム製のシール部品のそれぞれについて、サンプルデータＳＤをなす透過量Ｑ（ｔ）の値をパソコン１０１に入力する。

【００４５】

パソコン１０１のＣＰＵ１０２は、検査プログラムＰＧにしたがい、入力されたサンプルデータＳＤを例えばメインメモリ１０３の図示しないワークエリアに一時記憶し、次工程である関数定義工程の実施に備える。

【００４６】

こうしてパソコン１０１は、同一の規格で製造された複数のシール部品の測定値ごとに、透過量Ｑ（ｔ）が上昇する非安定区間Ａ中の予め定められた基準時ＣＴの測定値と、透過量が安定する安定区間Ｂの測定値とを対にしたサンプルデータＳＤを生成するサンプル生成部の機能を実行する。

【００４７】

（２）関数定義工程

【００４８】

検査プログラムＰＧは、フラッシュメモリ１０４のワークエリアに一時記憶した複数のサンプルデータＳＤに基づいて、非安定区間Ａ中の基準時ＣＴの測定値と、安定区間Ｂの測定値との関係を１次関数で定義する。このとき検査プログラムＰＧは、例えばマクロのようなプログラムを利用して一連の処理の全部又は一部を自動で実行するように構築されていても、作業者の手入力に基づくコマンドによってそのような一連の処理の全部又は一部を実行するように構築されていてもよい。

【００４９】

一例として、検査プログラムＰＧは、サンプルデータＳＤに含まれている非安定区間Ａ中の基準時ＣＴの測定値を説明変数、安定区間Ｂの測定値を目的変数として、複数のサンプルデータＳＤから回帰直線ＲＬ（図４参照）を得、この回帰直線ＲＬから１次関数式を求めるような演算動作をＣＰＵ１０２に実行させる。

【００５０】

図４は、非安定区間Ａにおける基準時ＣＴの透過量Ｑ（ｔ）の測定値をＹ軸に、この測定値に対応する同一のシール部品の安定区間Ｂの透過量Ｑ（ｔ）の測定値をＸ軸においた複数のサンプルデータＳＤと、これらのサンプルデータＳＤに基づく回帰直線ＲＬとを示すグラフである。このグラフは概念的であり、見やすいようにサンプルデータＳＤのデータ数を減らして示している。

【００５１】

図４のグラフ中、回帰直線ＲＬは、

$$Y = aX + b \quad \cdots\cdots (2)$$

の１次関数式で表される。本実施の形態では、非安定区間Ａ中の基準時ＣＴの測定値（Ｙ値）を説明変数、安定区間Ｂの測定値（Ｘ値）を目的変数とするため、式（２）は、次式（３）のように変形して用いられる。

$$X = (Y - b) / a \quad \cdots\cdots (3)$$

【００５２】

検査プログラムＰＧは、式（２）（３）中の定数ａ（傾き）及び定数ｂ（ｙ切片）を求めるために、例えば最小二乗法、つまり個々のサンプルデータＳＤの誤差の二乗の和を最小にする演算処理をＣＰＵ１０２に実行させる。ＣＰＵ１０２は、ＸとＹの共分散をＸの分散で割った次式（４）によって定数ａの傾きを算出する。

【００５３】

【数２】

$$\frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})(y_i-\overline{y})}{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2} \quad \cdots\cdots(4)$$

ｎ：サンプルデータ（Ｘ，Ｙ）の総数
ｘ ｉ：サンプルデータＸの個々の数値
ｘバー：サンプルデータＸの平均値
ｙ ｉ：サンプルデータＹの個々の数値
ｙバー：サンプルデータＹの平均値

【００５４】

定数ｂの切片は、上記式（２）中、基準時ＣＴの測定値（Ｙ値）の平均値をＹに、安定区間Ｂの測定値（Ｘ値）の平均値をＸに、式（４）で求めた定数ａをａにそれぞれ代入することで算出される。

【００５５】

本実施の形態では、サンプルデータＳＤのばらつきを考慮し、相関係数や決定係数によってばらつきの多いデータを排除する。そのための手法の一例として、式（２）の１次関数を定義するに際して、相関係数Ｒが０．９以上になるサンプルデータＳＤを用いる。

【００５６】

相関係数Ｒは、ＸとＹの共分散を、Ｘの標準偏差とＹの標準偏差との積で割ることによって求めることができる。検査プログラムＰＧは、次式（５）の演算をＣＰＵ１０２に実行させ、相関係数Ｒを算出する。

【００５７】

【数３】

$$R=\frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})(y_i-\overline{y})}{\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2}\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i-\overline{y})^2}} \quad \cdots\cdots(5)$$

【００５８】

検査プログラムＰＧは、ＣＰＵ１０２に式（５）を演算させて相関係数Ｒを求め、相関係数Ｒが０．９以上になるサンプルデータＳＤを用いて式（２）の１次関数を定義する。

【００５９】

ばらつきの多いサンプルデータＳＤを排除する別の手法の一例としては、式（２）の１次関数を定義するに際して、決定係数R^2が０．９以上になるサンプルデータＳＤを用いるようにしてもよい。決定係数R^2は、相関係数Ｒを二乗することによって求めることができる。

【００６０】

ばらつきの多いサンプルデータＳＤを排除するさらに別の手法の一例としては、式（２）の１次関数を定義するに際して、相関係数Ｒが０．９以上で、かつ決定係数R^2が０．９以上になるサンプルデータＳＤを用いるようにしてもよい。

【００６１】

以上の処理によって、定数ａ（傾き）及びｂ（ｙ切片）の値が定められた式（２）の１次関数式が求められる。この１次関数式は、例えばフラッシュメモリ１０４に記憶され、登録される。

【００６２】

こうしてパソコン１０１は、生成した複数のサンプルデータＳＤに基づいて、非安定区

間Ａ中の基準時ＣＴの測定値と安定区間Ｂの測定値との関係を１次関数で定義する定義部の機能を実行する。

【００６３】

（３）漏れ量推測工程

図５及び図６に示すように、この工程では、検査対象となるシール部品を検査し、予め定められた基準時ＣＴのガスの透過量Ｑ（ｔ）の測定値から安定区間Ｂの測定値を推測する。検査対象は、サンプル取得工程でリークテストを実施した複数のシール部品と同一の規格で製造されたシール部品である。

【００６４】

漏れ量推測工程を実行するには、関数定義工程で定義した式（２）の１次関数のＹに、検査対象であるシール部品の基準時ＣＴでのガスの透過量Ｑ（ｔ）の測定値を代入する。作業者は、リークディテクタ２０１のディスプレイ２０２に表示される透過量Ｑ（ｔ）のうち、非安定区間Ａ中の基準時ＣＴの測定値を知得したならば、その値を検査プログラムＰＧである表計算ソフトウエアのセルに入力する。入力されたデータは、例えばメインメモリ１０３のワークエリアに一時記憶される。

【００６５】

検査プログラムＰＧは、例えばマクロのようなプログラムによって、あるいは作業者の手入力に基づくコマンドによって漏れ量推測工程の実施が指令されると、フラッシュメモリ１０４に登録した１次関数式（式（２）参照）を呼び出す。そしてこの１次関数式のＹに、ワークエリアに一時記憶した基準時ＣＴのガスの透過量Ｑ（ｔ）の値を代入する。基準時ＣＴの測定値（Ｙ値）は、説明変数として用いられる。そこで目的変数となるＸ値を左辺におく式（３）に式（２）を変形することで、安定区間Ｂの透過量Ｑ（ｔ）の測定値（Ｘ値）を推測することができる。

【００６６】

こうしてパソコン１０１は、１次関数を用いて、シール部品と同一の規格で製造された検査対象となるシール部品の非安定区間Ａ中の基準時ＣＴの測定値から安定区間Ｂの測定値を推測する推測部の機能を実行する。

【００６７】

検査プログラムＰＧは、検査したシール部品について、安定区間Ｂのガスの透過量Ｑの推測値を表示装置１０８に表示させる。作業者は、表示された推測値を参照し、推測値が検査対象であるシール部品の要求スペックを超えていなければ、検査合格と判定する（図６参照）。

【００６８】

５．まとめ

関数定義工程及び漏れ量推測工程では、１次関数を用いた単回帰分析という手法によって、非安定区間Ａ中の基準時ＣＴに測定された透過量Ｑ（ｔ）の値から、安定区間Ｂの透過量Ｑ（ｔ）の測定値が推測される。したがって本実施の形態によれば、ヘリウムリークディテクタ２０１によるヘリウムリークテストに際して、測定値が非安定区間Ａから安定区間Ｂに至る前の段階で、検査対象となるシール部品の安定区間Ｂにおける測定値を推測することができる。このためシール部品の透過漏れを検査する透過検査に要する時間を短縮することができる。

【００６９】

実施に際しては、例えばパソコン１０１にリークディテクタ２０１を接続し、サンプル取得工程及び漏れ量推測工程のいずれか一方又は両方の実施時、ガスの透過量Ｑ（ｔ）のデータをリークディテクタ２０１からパソコン１０１に適宜自動で送信するように構成してもよい。このような処理は、リークディテクタ２０１にも検査プログラムＰＧをインストールするか、パソコン１０１からの要求に応じ、リークディテクタ２０１がパソコン１０１にデータ送信できるように構成されていれば実行可能である。

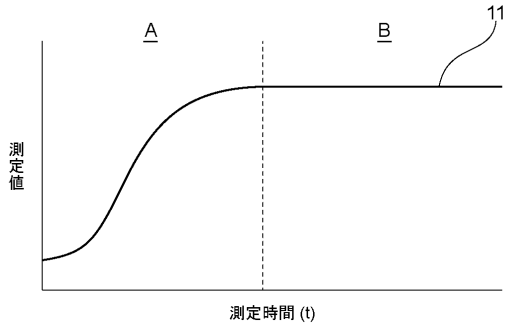
【符号の説明】

【００７０】

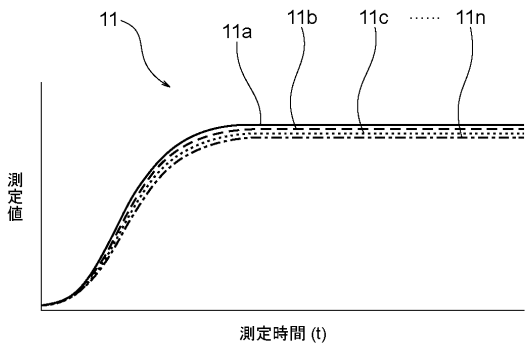
１１（１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、……１１ｎ）　ガス透過曲線
１０１　パソコン
１０２　ＣＰＵ
１０３　メインメモリ
１０４　フラッシュメモリ
１０５　ＨＤＤ
１０６　通信インターフェース
１０７　Ｉ／Ｏ
１０８　表示装置
１０９　入力装置
２０１　ヘリウムリークディテクタ（リークディテクタ）
Ａ　非安定区間
Ｂ　安定区間
ＣＴ　基準時
ＲＬ　回帰直線
ＳＤ　サンプルデータ

【図面】

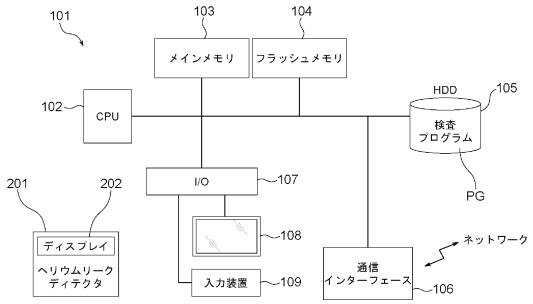
【図１】



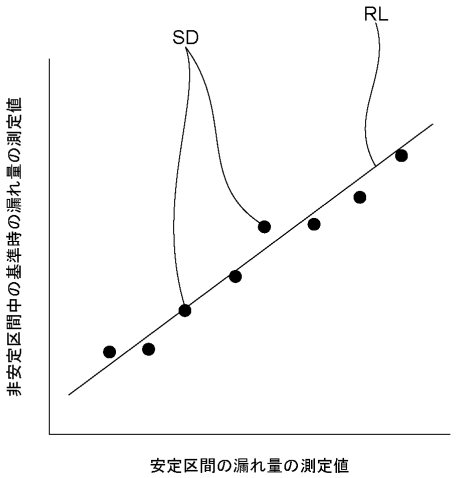
【図２】



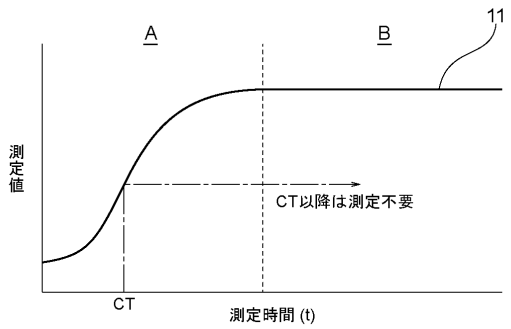
【図３】


101
103
104
メインメモリ
フラッシュメモリ
102
CPU
HDD
105
検査
プログラム
PG
201
202
I/O
107
108
ディスプレイ
ヘリウムリーク
ディテクタ
入力装置
109
通信
インターフェース
106
ネットワーク

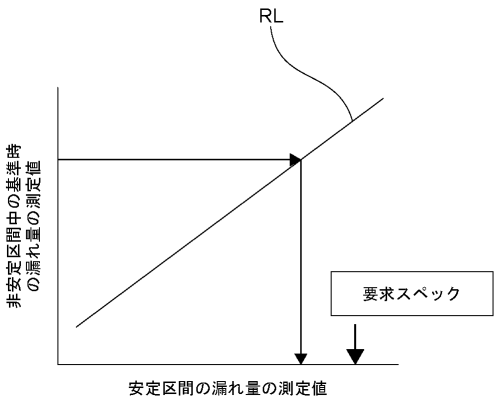
【図４】


SD
RL
非安定区間中の基準時の漏れ量の測定値
安定区間の漏れ量の測定値

【図５】


A
B
11
測定値
CT以降は測定不要
CT
測定時間 (t)

【図６】


RL
非安定区間中の基準時
の漏れ量の測定値
要求スペック
安定区間の漏れ量の測定値

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０００－１８６６３２（ＪＰ，Ａ）
特表２０１６－５００８２６（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００３／００７４９５４（ＵＳ，Ａ１）
特開２００４－１５７０３５（ＪＰ，Ａ）
特開２０２０－１５９９３５（ＪＰ，Ａ）
高橋 明 ほか，気体透過性試験，日本ゴム協会誌[オンライン]，1976年，第４９巻第８号，P.39-47，[検索日 2022.02.24],インターネット〈URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/gomu1944/49/8/49_611/_pdf〉

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｍ ３／００－ ３／４０
Ｇ０１Ｍ １３／００－ １３／０４５
Ｇ０１Ｍ ９９／００
Ｇ０１Ｎ １５／０８