

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年1月19日(19.01.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/010075 A1

- (51) 国際特許分類:
G01M 3/28 (2006.01) *F17D 5/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/003263
- (22) 国際出願日: 2016年7月8日(08.07.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-139126 2015年7月10日(10.07.2015) JP
- (71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 海野 峻太郎 (UNNO, Shuntaro). 高瀬 智教 (TAKASE, Tomonori). 梅村 友章 (UMEMURA, Tomoaki).
- (74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所 (PATENT CORPORATE BODY ARCO PATENT OFFICE); 〒6500031 兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 Hyogo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING SERVICE LIFE OF DOUBLE PIPE FOR LIQUEFIED HYDROGEN

(54) 発明の名称: 液化水素用二重管の寿命判定方法及び寿命判定装置

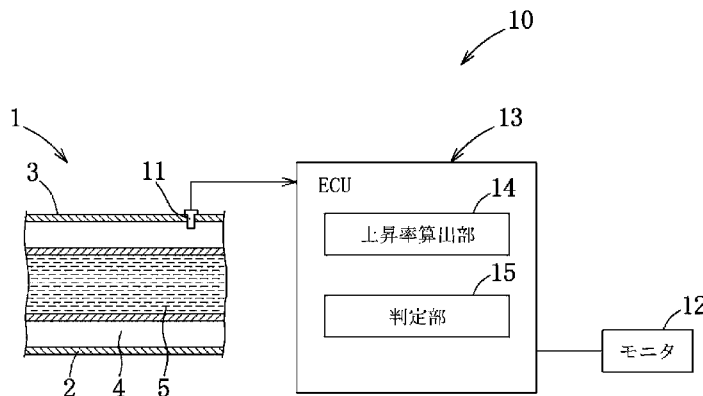


Fig. 2

- 12 Monitor
14 Rate-of-increase calculation unit
15 Determination unit

(57) Abstract: This device for determining the service life of a double pipe for liquefied hydrogen, said double pipe being provided with an inner pipe in which liquefied hydrogen can flow, an outer pipe externally fitted to the inner pipe with a space therebetween, and a vacuum layer formed between the inner pipe and the outer pipe, is provided with: a first pressure detection means which detects a first pressure inside the vacuum layer a plurality of times and at least once when the liquefied hydrogen is not flowing through the pipe; and a control means which controls the first pressure detection means. The control means is provided with: a rate-of-increase calculation means which calculates the rate of increase of the pressure inside the vacuum layer on the basis of the plurality of detected first pressures; and a determination means which, in cases when the calculated rate of increase of the pressure is greater than a first threshold value, determines that the double pipe for liquefied hydrogen has reached the service life limit thereof.

(57) 要約:

[続葉有]

寿命判定装置が、内部で液化水素が通液可能な内管と、内管に間隔を空けて外嵌された外管と、内管と外管との間に形成された真空層とを備える液化水素用二重管の寿命判定装置であり、少なくとも1回の非通液時に真空層内の第1圧力を複数回検出する第1圧力検出手段と、第1圧力検出手段を制御する制御手段とを備える。制御手段が、検出された複数の第1圧力に基づいて真空層内の圧力上昇率を算出する上昇率算出手段と、算出された圧力上昇率が第1閾値よりも大きい場合に、液化水素用二重管が耐用限界であると判定する判定手段とを有する。

明 細 書

発明の名称： 液化水素用二重管の寿命判定方法及び寿命判定装置 技術分野

[0001] 本発明は、液化水素用二重管の寿命を判定する方法及び装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、代替エネルギーとして環境負荷の少ない水素燃料の使用が推進されつつある。

水素燃料は、その比重がLNGの約1／6の0.07であり、ガス拡散し易く、空気中の酸素ガスと反応して引火する可能性が高い。それ故、ガス拡散防止及び輸送効率の観点から、水素燃料は液化水素の形で輸送される。

液化水素は、LNGの沸点に比べて極めて低い沸点（－253℃）であるため、低温流体輸送管を用いて液化水素を流す場合、空気中の酸素や窒素の融点や沸点が液化水素の温度よりも高いことから、これら空気中の気体が液化或いは固化して輸送管の外周面に付着する虞がある。

[0003] 特許文献1の低温流体用二重管は、FRP製の内管とFRP製の外管によって低温流体用二重管を構成し、内管の外周面にアルミニウムを蒸着した不織布を巻きつけ、内管と外管との間に真空層を形成し、内管を流れる液化ヘリウムの気化を防止している。

このような低温流体用二重管では、内管と外管との間に真空層を形成し、真空層内に内管の冷熱を伝達する対流を発生させないため、内管の冷熱が外管に伝達されず、断熱効果を発揮することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平8－15397号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 通常、低温流体用二重管では、外部損傷の有無確認や流す流体の漏洩確認

等によって配管の交換時期や補修時期、所謂管寿命を判定している。

しかし、特許文献1の低温流体用二重管では、寿命判定の主要項目の1つである真空層の断熱機能の低下を精度良く判定することができない虞がある。

[0006] 内管と外管との間の真空層内には、分子同士の衝突が殆ど無い分子流領域が形成されているため、外管は内管内を流れる液化水素の冷熱から真空層によって断熱されている。

一方、水素は原子半径が小さいため、水素ガス状態は、内管の壁部から透過する性質を有している。それ故、内管等に損傷が存在しない健全状態であっても、長期運用によって水素ガスが真空層内に透過する可能性があるため、真空層内が分子同士の衝突が十分に発生する粘性流領域に変化する虞がある。

また、内管や外管に損傷が生じた場合には、当然、真空層内が分子流領域から粘性流領域に変化し、期待する断熱効果を発揮することができない。

[0007] 本発明の目的は、二重管の真空層の断熱機能の低下を精度よく検出することができる液化水素用二重管の寿命判定方法及び寿命判定装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一態様に係る寿命判定装置は、内部で液化水素が通液可能な内管と、前記内管に間隔を空けて外嵌された外管と、前記内管と前記外管との間に形成された真空層とを備える液化水素用二重管の寿命判定方法において、少なくとも1回の非通液時に前記真空層内の第1圧力を複数回検出する第1圧力検出ステップと、前記検出された複数の第1圧力に基づいて前記真空層内の圧力上昇率を算出する上昇率算出ステップと、前記算出された圧力上昇率が第1閾値よりも大きい場合に、前記液化水素用二重管が耐用限界であると判定する判定ステップと、を有する。

[0009] この方法によれば、真空層内の圧力をパラメータとして真空層の断熱機能の低下を精度良く検出することができ、簡単な構成で液化水素用二重管の寿

命を判定することができる。

[0010] 前記判定ステップにおいて、前記算出された圧力上昇率が前記第1閾値よりも小さいときであっても、前記検出された複数の第1圧力の最新値が第2閾値よりも大きい場合には、前記液化水素用二重管が耐用限界であると判定してもよい。

[0011] この方法によれば、管壁の損傷が発生していない場合であっても、水素ガスの透過に起因した真空層の断熱機能の低下を精度良く検出することができる。

[0012] 少なくとも1回の通液時に前記真空層内の第2圧力を複数回検出する第2圧力検出ステップを有し、前記判定ステップにおいて、前記液化水素用二重管が耐用限界であることを判定したとき、前記検出された複数の第1圧力の最新値と前記検出された複数の第2圧力の最新値との差が第3閾値よりも大きい場合、前記外管からリークが起きていると判定し、前記検出された複数の第1圧力の最新値と前記検出された複数の第2圧力の最新値との差が第3閾値以下の場合、前記内管からリークが起きていると判定してもよい。

[0013] この方法によれば、簡易な手法で損傷が発生している管を特定することができる。

[0014] 本発明の一態様に係る寿命判定装置は、内部で液化水素が通液可能な内管と、前記内管に間隔を空けて外嵌された外管と、前記内管と前記外管との間に形成された真空層とを備える液化水素用二重管の寿命判定装置において、少なくとも1回の非通液時に前記真空層内の第1圧力を複数回検出する第1圧力検出手段と、前記第1圧力検出手段を制御する制御手段とを備え、前記制御手段が、前記検出された複数の第1圧力に基づいて前記真空層内の圧力上昇率を算出する上昇率算出手段と、前記算出された圧力上昇率が第1閾値よりも大きい場合に、前記液化水素用二重管が耐用限界であると判定する判定手段とを有する。この構成によれば、前述した方法と同様に、真空層内の圧力をパラメータとして真空層の断熱機能の低下を精度良く検出することができ、簡単な構成で液化水素用二重管の寿命を判定することができる。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、二重管の真空層の断熱機能の低下を精度よく検出することができる液化水素用二重管の寿命判定方法及び寿命判定装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の実施形態に係る液化水素用二重管の要部破断斜視図である。

[図2]液化水素用二重管の寿命判定装置のブロック図である。

[図3]図3 A－Cは通液時及び非通液時における真空層内の圧力特性を示す。

図3 Aは健全時のグラフ、図3 Bは内管リーク時のグラフ、図3 Cは外管リーク時のグラフである。

[図4]寿命判定処理のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明を実施するための形態について実施例に基づいて説明する。

以下の説明は、本発明を液化水素輸送船用移送配管の一部に用いられた液化水素用二重管に適用した場合を例にして説明したものである。

尚、本発明の液化水素用二重管は、液化水素輸送船用移送配管以外に、基地タンクと輸送船タンクとを接続する接続配管、基地タンクと基地タンクとを接続する接続配管等に適用することが可能であり、その適用物、或いは、その用途を制限するものではない。

[0018] まず、液化水素用二重管1について説明する。

図1に示すように、液化水素用二重管1は、内管2と、この内管2に間隔を空けて外嵌された外管3と、内管2と外管3との間に円筒状に形成された真空層4とを備えている。液化水素5は、内管2の内部を通液可能である。液化水素5は、内管2内を流れて輸送船タンク（図示略）に出し入れされる。

内管2は、例えばステンレス鋼や低温用鋼で構成され、外管3は、例えばステンレス鋼や炭素鋼で構成されている。真空層4は、内管2及び外管3等によって円筒状の密閉空間を構成した後、この密閉空間内を真空引きするこ

とによって形成されている。

これにより、液化水素5を内管2内に通液したとき、内管2と外管3との間の対流熱伝達を真空層4によって防止することができ、外管3の外周に液体空気や固体空気が発生するのを防止することができる。

[0019] 次に、液化水素用二重管1の寿命判定装置10について説明する。尚、以下の説明は、液化水素用二重管1の寿命判定方法の説明を含むものである。

図2に示すように、寿命判定装置10は、真空層4内の圧力を検出する圧力センサ11（第1，第2圧力検出手段）と、オペレータに液化水素用二重管1の寿命判定内容を報知可能なモニタ12と、圧力センサ11及びモニタ12と電氣的に接続されたECU（Electronic Control Unit）13（制御手段）等を有している。

[0020] 圧力センサ11は、真空層4内に設置され、定期的、例えば、1日毎、液化水素5を内管2内に通液していないとき（非通液時）の真空層4内の第1圧力 P_1 （Pa）と、液化水素5を内管2内に通液しているとき（通液時）の真空層4内の第2圧力 P_2 （Pa）とを夫々検出している。第1圧力 P_1 は、少なくとも1回の非通液時に複数回検出される。非通液時と通液時とは交互に繰り返されるが、第1圧力 P_1 は、1回の非通液時に1回検出されてもよいし、1回の非通液時に異なるタイミングで複数回検出されてもよい。前者の場合においても、複数回の非通液時夫々に呼応した複数の第1圧力 P_1 が検出されることになる。第2圧力 P_2 も、少なくとも1回の通液時に複数回検出される。第2圧力 P_2 も、1回の通液時に1回検出されてもよいし、1回の通液時に異なるタイミングで複数回検出されてもよい。以下では、単なる一例として、1日に非通液時が1回、通液時が1回存在するものとし、第1圧力 P_1 は各日の通液時に1回検出され、第2圧力 P_2 は各日の非通液時に1回検出されるものとする。圧力センサ11によって検出された第1，第2圧力 P_1 ， P_2 は、ECU13に出力される。

[0021] ECU13は、圧力センサ11によって検出された第1，第2圧力 P_1 ， P_2 を記憶し、これら第1，第2圧力 P_1 ， P_2 に基づいて液化水素用二重

管 1 の耐用限界、具体的には、真空層 4 のリークの有無、損傷ひいてはリークが生じている管の種類、水素ガスの透過の有無を判定し、その判定結果をモニタ 1 2 に出力し、オペレータに報知している。オペレータは、報知内容に基づき液化水素用二重管 1 の寿命を判定し、二重管 1 の補修或いは交換指示を行っている。この ECU 1 3 は、プログラムを実行する CPU、プログラムを記憶した ROM、データやプログラムを一時的に記憶する RAM、EEPROM (Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)、各種データを入出力する入出力インターフェイス等によって構成されている。

[0022] 図 2 に示すように、ECU 1 3 は、定期的に検出された複数の第 1 圧力 P_1 に基づいて真空層 4 内の圧力上昇率 k_1 (Pa/day) を算出する上昇率算出部 1 4 (上昇率算出手段) と、液化水素用二重管 1 が耐用限界か否かを判定する判定部 1 5 (判定手段) 等を備えている。

上昇率算出部 1 4 は、今回 (本日) 測定した第 1 圧力 P_1 と前回 (前日) 測定した第 1 圧力 P_1 との差分を求めることによって、前回から今回に亙る非通液時の真空層 4 内の圧力上昇率 k_1 を算出すると共に、今回の第 1 圧力 P_1 と今回の第 2 圧力 P_2 との差分を求めることによって、非通液時と通液時との真空層 4 内の圧力差分 k_2 (Pa) を算出している。圧力差分 k_2 は、互いに異なるタイミングで取得された複数の第 1 圧力 P_1 の最新値と、互いに異なるタイミングで取得された複数の第 2 圧力 P_2 の最新値との差分である。

[0023] 判定部 1 5 は、算出された圧力上昇率 k_1 が第 1 閾値 T_1 (Pa/day) よりも大きい場合に、液化水素用二重管 1 が耐用限界であることを判定している。

第 1 閾値 T_1 は、例えば、耐用限界に達していない健全時の圧力上昇率の 10 倍の値に設定されている。

[0024] 図 3 A に示すように、内管 2 又は外管 3 に損傷等によるリークが発生していない健全時、第 1 圧力 P_1 の圧力上昇率 k_1 は、水素ガスの透過による圧

力増加の影響を受けるのみであり、略一定である。つまり、水素ガスの透過による圧力増加分以上の圧力増加が生じた場合に、内管 2 又は外管 3 に損傷等によるリークが発生したことを判定している。

第 2 圧力 P_2 の圧力上昇率も、第 1 圧力 P_1 と同様に略一定である。

しかし、内管 2 内を流れる液化水素 5 の冷熱によって真空層 4 内が非通液時よりも冷却されることから、通液時には真空層 4 に存在する分子の平均自由行程が長くなり、非通液時の第 1 圧力 P_1 よりも通液時の第 2 圧力 P_2 が低くなっている。

[0025] また、判定部 15 は、圧力上昇率 k_1 が第 1 閾値 T_1 よりも小さいときであっても、今回の第 1 圧力 P_1 （互いに異なるタイミングで取得された複数の第 1 圧力 P_1 の最新値）が第 2 閾値 T_2 （ P_a ）よりも大きい場合には、液化水素用二重管 1 が耐用限界であると判定している。

内管 2 又は外管 3 に損傷等によるリークが発生していないときであっても、長期運用によって真空層 4 は水素ガスの透過による圧力増加の影響を受ける。真空層 4 の断熱機能が所定レベル以下まで低下した場合、液化水素用二重管 1 に損傷等がなくても交換する必要が生じる。

そこで、真空層 4 内の圧力が、分子同士の衝突が活発になり、真空層 4 による断熱機能の低下を招く圧力、例えば、 $10^{-2}P_a$ を第 2 閾値 T_2 に設定している。

[0026] 判定部 15 は、算出された圧力差分 k_2 が第 3 閾値 T_3 （ P_a ）よりも大きい場合、外管 3 にリーク箇所が存在していると判定する。判定部 15 は、圧力差分 k_2 が第 3 閾値 T_3 以下の場合、内管 2 にリーク箇所が存在していると判定している。第 3 閾値 T_3 は、例えば、リークが発生していない健全状態の第 1 圧力 P_1 と第 2 圧力 P_2 との差分を 10 倍にした値に設定している。

[0027] 図 3 B に示すように、内管 2 にリーク箇所が存在している場合、液化水素の通液又は非通液に拘らずリーク箇所を介して真空層 4 内に水素ガスが進入しているため、第 1、第 2 圧力 P_1 、 P_2 はリーク発生と同時に上昇を開始

し、圧力差分 k_2 は略一定である。

図 3 C に示すように、外管 3 にリーク箇所が存在している場合、非通液時は空気（窒素、酸素）が真空層 4 内に進入して第 1 圧力 P_1 がリーク発生と同時に上昇を開始する一方、通液時は真空層 4 内に進入した窒素や酸素が固化（又は液化）することにより内管 2 に吸着して圧力増加しないため、圧力差分 k_2 は時間経過と共に増加する。

それ故、前提となるリーク発生判定では、リーク発生箇所が内管 2 と外管 3 のうち何れで発生しても圧力が増加する第 1 圧力 P_1 の圧力上昇率 k_1 を判定対象として採用している。

[0028] 次に、図 4 のフローチャートに基づき、液化水素用二重管 1 の寿命判定処理について説明する。尚、 S_i ($i = 1, 2 \dots$) は、各処理のためのステップを示す。

[0029] まず、 S_1 では、液化水素用二重管 1 の定期的な寿命判定時期か否かについて判定する。

S_1 の判定の結果、寿命判定時期である場合、 S_2 に移行し、通液時及び非通液時の夫々の第 1, 第 2 圧力 P_1, P_2 を含む各種情報を入力する。

S_1 の判定の結果、寿命判定時期ではない場合、寿命判定時期になるまでカウントを継続する。

[0030] 次に、今回の第 1, 第 2 圧力 P_1, P_2 について取得済か否か判定する (S_3)。

S_3 の判定の結果、今回の第 1, 第 2 圧力 P_1, P_2 が取得済の場合、 S_4 に移行し、圧力上昇率 k_1 が第 1 閾値 T_1 よりも大きいかな否かについて判定する。

S_3 の判定の結果、今回の第 1, 第 2 圧力 P_1, P_2 が取得済ではない場合、液化水素用二重管 1 には液化水素 5 を流す状態と流さない状態が夫々発生するため、今回の第 1, 第 2 圧力 P_1, P_2 が取得されるまで情報入力を繰り返す。

[0031] S_4 の判定の結果、圧力上昇率 k_1 が第 1 閾値 T_1 よりも大きい場合、 S

5に移行し、圧力差分 k_2 が第3閾値 T_3 よりも大きいかな否かを判定する。

S5の判定の結果、圧力差分 k_2 が第3閾値 T_3 よりも大きい場合、S6に移行し、モニタ12を介して外管3に損傷、それに伴うリークが発生していることを報知し、終了する。

S5の判定の結果、圧力差分 k_2 が第3閾値 T_3 以下の場合、S7に移行し、モニタ12を介して内管2に損傷、それに伴うリークが発生していることを報知し、終了する。

[0032] S4の判定の結果、圧力上昇率 k_1 が第1閾値 T_1 以下の場合、各管壁の損傷によるリークが発生していないため、S8に移行し、第1圧力 P_1 が第2閾値 T_2 よりも大きいかな否かを判定する。

S8の判定の結果、第1圧力 P_1 が第2閾値 T_2 よりも大きい場合、水素ガスの透過によって断熱機能が所定レベル以下に低下しているため、S9に移行し、モニタ12を介して極度の水素ガス透過が発生していることを報知し、終了する。

S8の判定の結果、第1圧力 P_1 が第2閾値 T_2 以下の場合、水素ガスの透過が生じていないため、S10に移行し、モニタ12を介して健全状態を報知し、終了する。

[0033] 次に、液化水素用二重管1の寿命判定方法及び寿命判定装置10の作用、効果について説明する。

この液化水素用二重管1の寿命判定方法及び寿命判定装置10によれば、真空層4内の圧力上昇率 k_1 が第1閾値 T_1 よりも大きい場合に、液化水素用二重管1が耐用限界であることを判定するため、真空層4内の圧力をパラメータとして真空層4の断熱機能の低下を精度良く検出することができ、簡単な構成で液化水素用二重管1の寿命を判定することができる。

[0034] 算出された圧力上昇率 k_1 が第1閾値 T_1 よりも小さいときであっても、検出された複数の第1圧力 P_1 の最新値が第2閾値 T_2 よりも大きい場合には、液化水素用二重管1が耐用限界であると判定するため、内管2又は外管3の管壁の損傷が発生していない場合であっても、水素ガスの透過に起因し

た真空層 4 の断熱機能の低下を精度良く検出することができる。

[0035] 液化水素用二重管 1 が耐用限界であることを判定したときにおいて、検出された複数の第 1 圧力 P_1 の最新値と検出された複数の第 2 圧力 P_2 の最新値との差 (k_2) が第 3 閾値 T_3 よりも大きい場合、外管 3 に損傷が発生し、外管 3 からリークが起きていると判定する。検出された複数の第 1 圧力 P_1 の最新値と検出された複数の第 2 圧力 P_2 の最新値との差 (k_2) が第 3 閾値 T_3 以下の場合、内管 2 に損傷が発生し、内管 2 からリークが起きていると判定する。このため、簡易な手法で損傷が発生している管を特定することができる。

[0036] 次に、前記実施形態を部分的に変更した変形例について説明する。

1) 前記実施形態においては、第 1 ～第 3 閾値を、健全時の圧力上昇率の 10 倍の値、 $10^{-2} P_a$ 、健全状態の第 1 圧力と第 2 圧力との差分を 10 倍にした値に夫々設定した例を説明したが、液化水素用二重管の材質や仕様等に応じて適宜設定することが可能である。

[0037] 2) 前記実施形態においては、第 1 圧力と第 2 圧力を 1 日毎に判定する例を説明したが、非通液時に第 1 圧力を常時監視し、通液時に第 2 圧力を常時監視し、第 1 圧力の最新値および第 2 圧力の最新値を用いて常時寿命判定しても良い。

また、非通液時に第 1 圧力を常時監視し、通液時に第 2 圧力を常時監視し、所定期間毎に寿命判定することも可能である。

[0038] 3) その他、当業者であれば、本発明の趣旨を逸脱することなく、前記実施例に種々の変更を付加した形態で実施可能で、本発明はそのような変更形態を包含するものである。

符号の説明

[0039] 1 液化水素用二重管
2 内管
3 外管
4 真空層

5	液化水素
1 0	寿命判定装置
1 1	圧力センサ
1 3	E C U
1 4	上昇率算出部
1 5	判定部
k 1	圧力上昇率
k 2	圧力差分
T 1	第 1 閾値
T 2	第 2 閾値
T 3	第 3 閾値

請求の範囲

- [請求項1] 内部で液化水素が通液可能な内管と、前記内管に間隔を空けて外嵌された外管と、前記内管と前記外管との間に形成された真空層とを備える液化水素用二重管の寿命判定方法において、
- 少なくとも1回の非通液時に前記真空層内の第1圧力を複数回検出する第1圧力検出ステップと、
- 前記検出された複数の第1圧力に基づいて前記真空層内の圧力上昇率を算出する上昇率算出ステップと、
- 前記算出された圧力上昇率が第1閾値よりも大きい場合に、前記液化水素用二重管が耐用限界であると判定する判定ステップと、
- を有することを特徴とする液化水素用二重管の寿命判定方法。
- [請求項2] 前記判定ステップにおいて、前記算出された圧力上昇率が前記第1閾値よりも小さいときであっても、前記検出された複数の第1圧力の最新値が第2閾値よりも大きい場合には、前記液化水素用二重管が耐用限界であると判定することを特徴とする請求項1に記載の液化水素用二重管の寿命判定方法。
- [請求項3] 少なくとも1回の通液時に前記真空層内の第2圧力を複数回検出する第2圧力検出ステップを有し、
- 前記判定ステップにおいて、前記液化水素用二重管が耐用限界であることを判定したとき、
- 前記検出された複数の第1圧力の最新値と前記検出された複数の第2圧力の最新値との差が第3閾値よりも大きい場合、前記外管からリークが起きていると判定し、
- 前記検出された複数の第1圧力の最新値と前記検出された複数の第2圧力の最新値との差が第3閾値以下の場合、前記内管からリークが起きていると判定することを特徴とする請求項1又は2に記載の液化水素用二重管の寿命判定方法。
- [請求項4] 内部で液化水素が通液可能な内管と、前記内管に間隔を空けて外嵌

された外管と、前記内管と前記外管との間に形成された真空層とを備える液化水素用二重管の寿命判定装置において、

少なくとも 1 回の非通液時に前記真空層内の第 1 圧力を複数回検出する第 1 圧力検出手段と、

前記第 1 圧力検出手段を制御する制御手段とを備え、

前記制御手段が、

前記検出された複数の第 1 圧力に基づいて前記真空層内の圧力上昇率を算出する上昇率算出手段と、

前記算出された圧力上昇率が第 1 閾値よりも大きい場合に、前記液化水素用二重管が耐用限界であると判定する判定手段とを有することを特徴とする液化水素用二重管の寿命判定装置。

[図1]

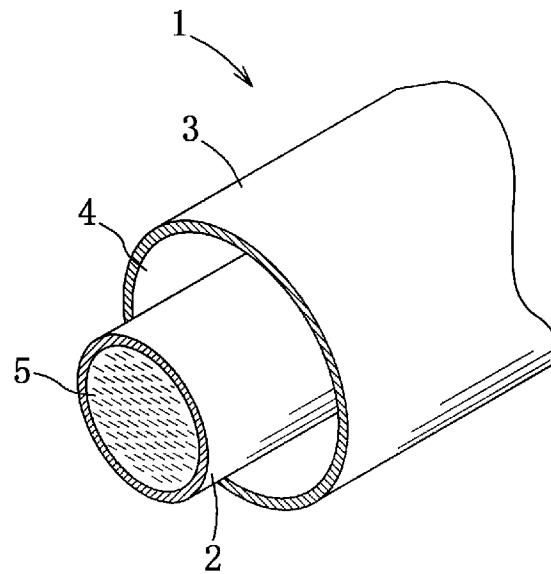


Fig. 1

[図2]

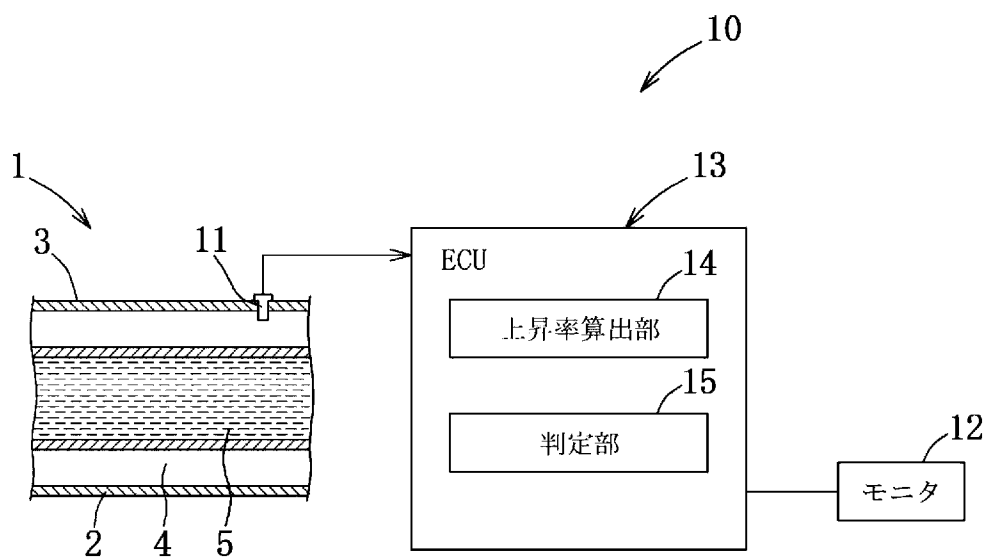


Fig. 2

[図3]

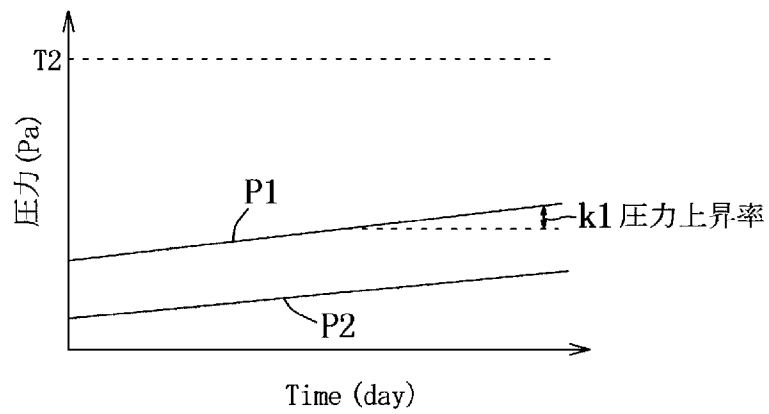


Fig. 3A

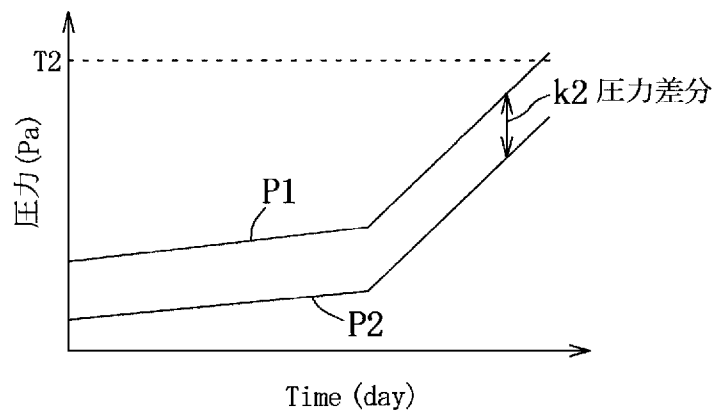


Fig. 3B

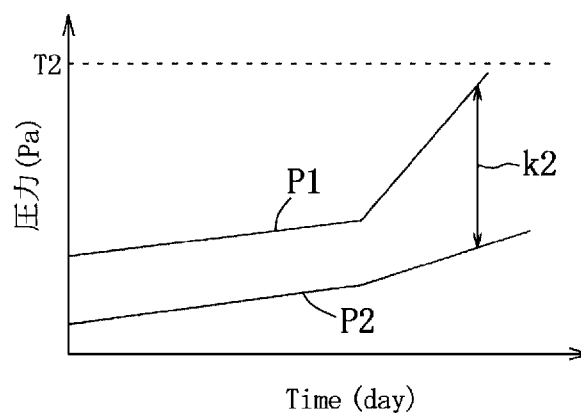


Fig. 3C

[図4]

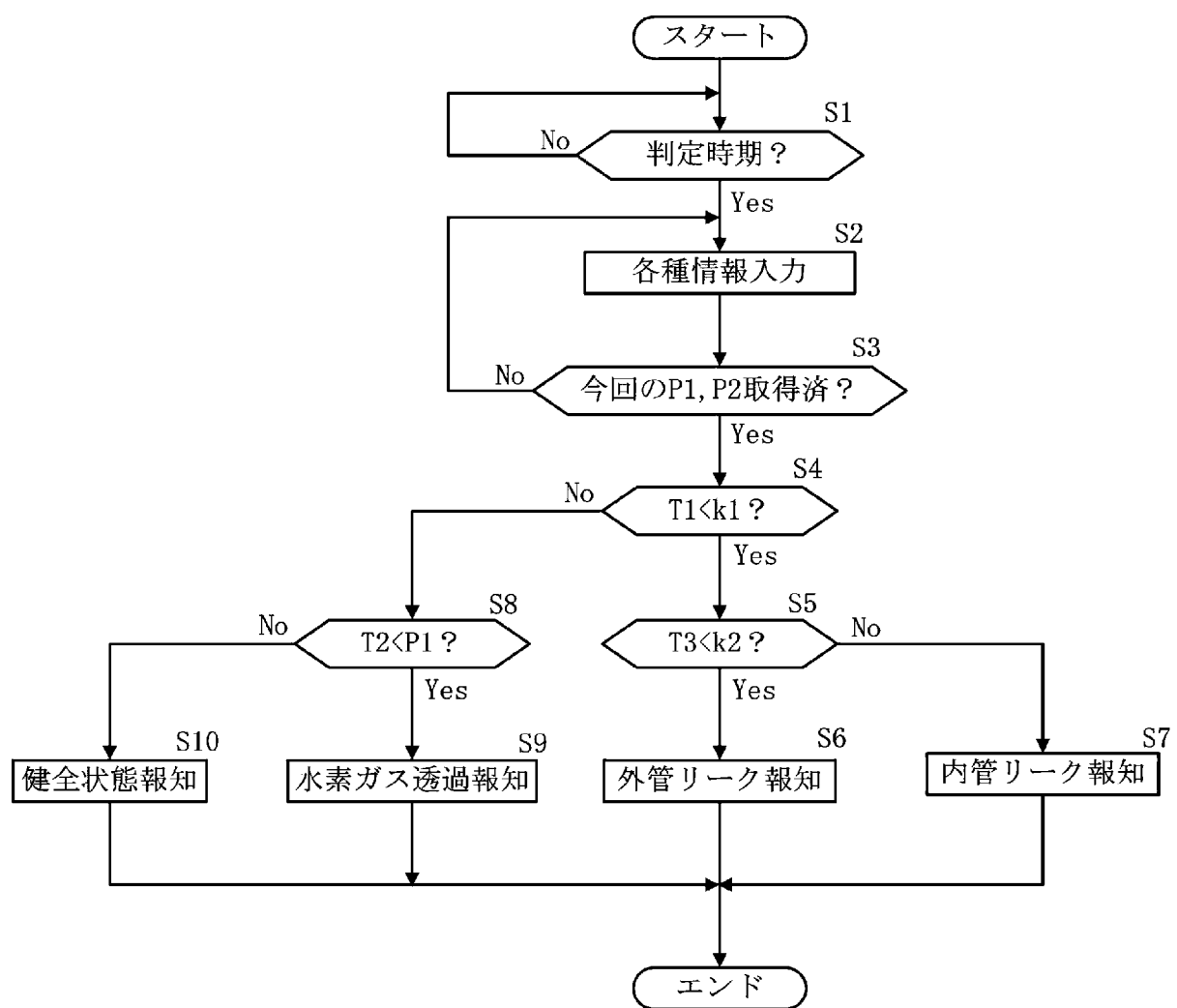


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/003263

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M3/28(2006.01)i, F17D5/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M3/28, F17D5/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 56-43530 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 22 April 1981 (22.04.1981), (Family: none)	1-4
A	JP 1-254834 A (Nippon Steel Corp.), 11 October 1989 (11.10.1989), (Family: none)	1-4
A	US 2008/0104969 A1 (HEISE et al.), 08 May 2008 (08.05.2008), & DE 102007052635 A1	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 September 2016 (12.09.16)

Date of mailing of the international search report
27 September 2016 (27.09.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01M3/28(2006.01)i, F17D5/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01M3/28, F17D5/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 56-43530 A（石川島播磨重工業株式会社）1981.04.22, （ファミリーなし）	1-4
A	JP 1-254834 A（新日本製鐵株式会社）1989.10.11, （ファミリーなし）	1-4
A	US 2008/0104969 A1（HEISE et al.）2008.05.08, & DE 102007052635 A1	1-4

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.09.2016

国際調査報告の発送日

27.09.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

田中 秀直

2 J

3409

電話番号 03-3581-1101 内線 3252