

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-117823

(P2011-117823A)

(43) 公開日 平成23年6月16日 (2011.6.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 13/06 (2006.01)	GO 1 B 13/06	2 F 0 6 6
GO 1 B 21/08 (2006.01)	GO 1 B 21/08	2 F 0 6 9
GO 1 B 21/32 (2006.01)	GO 1 B 21/32	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2009-275312 (P2009-275312)
 (22) 出願日 平成21年12月3日 (2009.12.3)

(71) 出願人 000003687
 東京電力株式会社
 東京都千代田区内幸町1丁目1番3号
 (74) 代理人 100100516
 弁理士 三谷 恵
 (72) 発明者 海江田 理
 東京都千代田区内幸町1丁目1番3号 東京電力株式会社内
 Fターム(参考) 2F066 AA16 BB03 FF01 HH13 JJ12
 2F069 AA46 CC02 EE02 EE23 GG06
 GG07 GG17 GG20 GG59 NN15

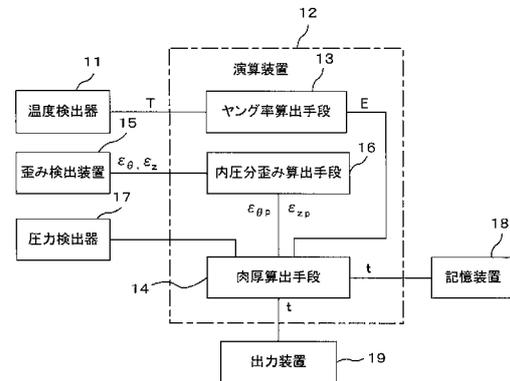
(54) 【発明の名称】 配管肉厚測定装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 配管表面に生じる歪みのうち熱による歪み分を除去して配管の肉厚を正確に測定できる配管肉厚測定装置を提供する。

【解決手段】 圧力検出器 17 で配管の内圧を検出し、歪み検出装置 15 で配管表面の周方向の歪み及び軸方向の歪みを検出し、温度検出器 11 で配管の温度を検出し、ヤング率算出手段 13 は温度検出器 11 で検出した配管温度に基づいて配管材のヤング率を求め、内圧分歪み算出手段 16 は歪み検出装置 15 で検出した配管表面の周方向の歪み及び軸方向の歪みから熱による歪み分を除去し、配管の内圧による配管表面の周方向の歪み及び軸方向の歪みを算出し、肉厚算出手段 14 は圧力検出器 17 で検出した配管の内圧、内圧分歪み算出手段 16 で算出した配管の内圧による配管表面の周方向の歪みまたは軸方向の歪み、及びヤング率算出手段 13 で求めた配管材のヤング率に基づいて配管の肉厚を求める。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

配管の内圧を検出する圧力検出器と、配管表面の周方向の歪み及び軸方向の歪みを検出する歪み検出装置と、配管の温度を検出する温度検出器と、前記温度検出器で検出した配管温度に基づいて配管材のヤング率を求めるヤング率算出手段と、前記歪み検出装置で検出した配管表面の周方向の歪み及び軸方向の歪みから熱による歪み分を除去し前記配管の内圧による配管表面の周方向の歪み及び軸方向の歪みを算出する内圧分歪み算出手段と、前記圧力検出器で検出した配管の内圧、前記内圧分歪み算出手段で算出した前記配管の内圧による配管表面の周方向の歪みまたは軸方向の歪み及び前記ヤング率算出手段で求めた配管材のヤング率に基づいて前記配管の肉厚を求める肉厚算出手段とを備えたことを特徴とする配管肉厚測定装置。

10

【請求項 2】

前記歪み検出装置は、歪みを検出するセンサ部の両端に前記配管表面への固定部を有した歪みセンサを 2 個用意し、前記配管の歪みの測定箇所において前記センサ部を交差して 2 個の歪みセンサを固定部により前記配管表面に固定して配置されたことを特徴とする請求項 1 記載の配管肉厚測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、配管表面の歪みを用いて配管の肉厚を測定する配管肉厚測定装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

一般に、配管の肉厚を測定するものとしては、超音波探触子を用いた方法が広く用いられている。これは超音波探触子から超音波を配管外面に照射し、配管内面から反射して戻ってくる時間から配管肉厚を直接測定する方法である（例えば、特許文献 1 参照）。また、超音波による肉厚測定に代えて、配管に電流を流し、ある測定点間の電位差を計測し、その電位差の変化から肉厚を定量化する電位差法が実証段階にある。

【0003】

超音波を用いる肉厚測定方法では、配管が高温であると超音波探触子を配管の高温部に接触させることが困難である。また、発電プラントを停止し配管が冷却している状態であっても、配管の外周面には保温材が装着されているので、肉厚の測定の度に配管の保温材を剥がす必要があり、検査のために多大の労力とコストとが掛かる。

30

【0004】

一方、電位差法は発電プラントの運転中において高温箇所でも肉厚を計測できるというメリットがあるが、初期肉厚との比較で肉厚を決定するために測定開始前には超音波による肉厚測定が必要となる。また、電流を供給するためのケーブルや電位差計測端子の設置等が必要となり施工が複雑となる。

【0005】

そこで、配管表面歪みを測定し、その測定値と配管内圧や配管材質のヤング率等の他の物理量とを合わせて計算することにより配管肉厚を求めるようにしたものも開発されている（例えば、特許文献 2 参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2006 - 194649 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 107327 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、特許文献 2 のものでは、配管の内圧による配管表面の周方向または軸方向の歪

50

みを歪み検出装置で計測して配管肉厚を測定するので、施工が容易で配管の高温部においても配管の肉厚を測定できるが、熱による歪みが考慮されていないので、熱による歪みが肉厚の誤差として現れることになる。

【0008】

すなわち、配管の温度変化がほとんどない定常状態での測定の場合には問題がないが、配管が高温から低温の領域で温度差がある環境で使用される場合には、配管の内圧だけでなく、熱によっても配管に歪みが生じるので、この熱による配管表面の歪みが配管肉厚の誤差として現れる。従って、配管の内圧による歪み分を正確に把握することが困難となる。

【0009】

本発明の目的は、配管表面に生じる歪みのうち熱による歪み分を除去して配管の肉厚を正確に測定できる配管肉厚測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】

【0010】

請求項1の発明に係る配管肉厚測定装置は、配管の内圧を検出する圧力検出器と、配管表面の周方向の歪み及び軸方向の歪みを検出する歪み検出装置と、配管の温度を検出する温度検出器と、前記温度検出器で検出した配管温度に基づいて配管材のヤング率を求めるヤング率算出手段と、前記歪み検出装置で検出した配管表面の周方向の歪み及び軸方向の歪みから熱による歪み分を除去し前記配管の内圧による配管表面の周方向の歪み及び軸方向の歪みを算出する内圧分歪み算出手段と、前記圧力検出器で検出した配管の内圧、前記内圧分歪み算出手段で算出した前記配管の内圧による配管表面の周方向の歪みまたは軸方向の歪み及び前記ヤング率算出手段で求めた配管材のヤング率に基づいて前記配管の肉厚を求める肉厚算出手段とを備えたことを特徴とする。

【0011】

請求項2の発明に係る配管肉厚測定装置は、請求項1の発明において、前記歪み検出装置は、歪みを検出するセンサ部の両端に前記配管表面への固定部を有した歪みセンサを2個用意し、前記配管の歪みの測定箇所において前記センサ部を交差して2個の歪みセンサを固定部により前記配管表面に固定して配置されたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、配管表面の周方向の歪み及び軸方向の歪みから熱による歪み分を除去し、配管の内圧による配管表面の周方向の歪み及び軸方向の歪みを算出するので、内圧による歪み分のみを配管の肉厚計算に用いることができる。従って、配管の肉厚を精度良く算出できる。

【0013】

また、歪み検出装置は、歪みを検出するセンサ部の両端に固定部を有した2個の歪みセンサを用意し、配管の歪みの測定箇所において2個の歪みセンサのセンサ部を交差して配管表面に固定するので、配管の歪みの同一測定箇所において、周方向歪み及び軸方向歪みを同時に正確に取得でき、配管表面に生じる歪みのうち熱歪み分を精度良く打ち消すことができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の実施の形態に係る配管肉厚測定装置の一例を示す構成図。

【図2】本発明の実施の形態に係る配管肉厚測定装置の測定対象である配管の一例の斜視図。

【図3】本発明の実施の形態における歪み検出装置の一例を示す構成図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態を説明する。図1は本発明の実施の形態に係る配管肉厚測定装置の一例を示す構成図である。配管の温度Tは温度検出器11で検出され、演算装置1

10

20

30

40

50

2のヤング率算出手段13に入力される。温度検出器11は配管の温度を検出するものである。例えば、熱電対や測温抵抗体または光ファイバ等で直接計測される。また、配管の保温がある部分では内部流体の温度を配管温度とすることもできるので、流体の温度を検出する温度検出器からの計測データを用いることも可能である。

【0016】

温度検出器11で検出された配管温度Tはヤング率算出手段13に入力され、ヤング率算出手段13において配管材のヤング率Eが算出される。配管材のヤング率Eは温度依存性があるので、予め準備した温度-ヤング率曲線から求める。ヤング率算出手段13で算出されたヤング率Eは肉厚算出手段14に入力される。

【0017】

歪み検出装置15は、配管表面の周方向の歪み ϵ_{θ} 及び軸方向の歪み ϵ_z を検出するものであり、歪みゲージあるいは光ファイバを用いた歪みセンサ等を用いて構成される。歪み検出装置15で検出された配管表面の周方向の歪み ϵ_{θ} 及び軸方向の歪み ϵ_z は内圧分歪み算出手段16に入力される。

【0018】

内圧分歪み算出手段16は、歪み検出装置15で検出した配管表面の周方向の歪み ϵ_{θ} 及び軸方向の歪み ϵ_z から熱による歪み分 ϵ_t を除去し、配管の内圧による配管表面の周方向の歪み ϵ_p 及び軸方向の歪み ϵ_{zp} を算出する。

【0019】

配管内圧によって生じる歪み ϵ_p 、 ϵ_{zp} は、配管の軸方向と周方向でその量が異なるが、熱による歪みによって生じる歪み ϵ_t は軸方向と周方向でその量に差は生じない。すなわち、歪み検出装置15で検出される配管表面の歪み ϵ_{θ} 、 ϵ_z は、(1)式、(2)式で示される。

【0020】

[数1]

$$\epsilon_{\theta} = \epsilon_p + \epsilon_t \quad \dots (1)$$

[数2]

$$\epsilon_z = \epsilon_{zp} + \epsilon_t \quad \dots (2)$$

一方、配管内圧によって生じる配管表面の周方向の歪み ϵ_p 、軸方向の歪み ϵ_{zp} は、(3)式、(4)式で示される。なお、kは配管の内径外径比、Pは配管の内圧、Eは配管材のヤング率、 ν はポアソン比である。

【0021】

[数3]

$$\epsilon_p = \{ (2 - \nu) / (k^2 - 1) \} \cdot \{ P / E \} \quad \dots (3)$$

[数4]

$$\epsilon_{zp} = \{ (1 - 2\nu) / (k^2 - 1) \} \cdot \{ P / E \} \quad \dots (4)$$

(3)式、(4)式から、配管内圧によって生じる配管表面の周方向の歪み ϵ_p と軸方向の歪み ϵ_{zp} との関係は(5)式で示される。

【0022】

$$\epsilon_{zp} = \epsilon_p \{ (1 - 2\nu) / (2 - \nu) \} \quad \dots (5)$$

また、(1)式、(2)式及び(5)式から、配管内圧によって生じる配管表面の周方向の歪み ϵ_p は(6)式で示され、配管内圧によって生じる配管表面の軸方向の歪み ϵ_{zp} は(7)式で示される。

【0023】

[数5]

$$\epsilon_p = (2 - \nu) \cdot (\epsilon_{zp} - \epsilon_z) / (1 + \nu) \quad \dots (6)$$

[数6]

$$\epsilon_{zp} = (1 - 2\nu) \cdot (\epsilon_p - \epsilon_z) / (1 + \nu) \quad \dots (7)$$

内圧分歪み算出手段16は、歪み検出装置15で検出した配管表面の周方向の歪み ϵ_{θ} 及び軸方向の歪み ϵ_z から、(1)式、(2)式及び(5)式を用いて、(6)式、(7)

10

20

30

40

50

)式で示される配管内圧によって生じる配管表面の周方向の歪み ρ 、配管内圧によって生じる配管表面の軸方向の歪み z_p を算出し、肉厚算出手段14に入力される。

【0024】

一方、圧力検出器17は配管の内圧Pを検出するものであり、圧力検出計で検出された配管の内圧Pは肉厚算出手段14に入力される。発電プラントの運転中においては配管内に高温流体が流れており、その流体の監視制御のために圧力検出器が常設されているので、その配管に常設されている圧力検出器を用いることが可能である。

【0025】

肉厚算出手段14は、ヤング率算出手段13で算出された配管材のヤング率E、内圧分歪み算出手段16で算出された配管内圧によって生じる配管表面の周方向の歪み ρ または配管内圧によって生じる配管表面の軸方向の歪み z_p 、圧力検出器17で検出された配管の内圧Pに基づいて、配管の肉厚tを算出する。肉厚算出手段14で算出された肉厚tは記憶装置18に記憶されるとともに出力装置19に出力される。出力装置19は、例えば表示装置や印字装置である。

10

【0026】

次に、肉厚算出手段14での肉厚tの算出について説明する。図2に示すように、配管20の内径をa、配管20の外径をbとすると、配管の内径外径比kは(8)式で示され、配管の肉厚tは(9)式で示される。

【0027】

[数8]

$$k = b / a \dots (8)$$

20

[数9]

$$t = (b - a) / 2 \dots (9)$$

配管の外径bは一定であるとする、配管の肉厚tが減肉している部分では配管の内径aが小さくなっているので、(8)式から配管の内径外径比kは大きくなる。

【0028】

前述したように、配管内圧によって生じる配管表面の周方向の歪み ρ 、軸方向の歪み z_p は、(3)式、(4)式で示されるので、配管内圧によって生じる配管表面の周方向の歪み ρ 、軸方向の歪み z_p が大きな箇所では減肉が生じていると判断できる。

30

【0029】

配管の外径bは既知であり、配管内圧によって生じる配管表面の周方向の歪み ρ 、軸方向の歪み z_p は、歪み検出装置16で検出された配管表面の周方向の歪み ρ 、軸方向の歪み z により算出され、配管の内圧Pは圧力検出器17で検出され、配管材のヤング率Eはヤング率算出手段13で配管温度Tから算出されるので、(3)式、(4)式、(8)式、(9)式から、配管の肉厚tを求めることができる。

【0030】

例えば、(3)式、(8)式、(9)式を用いて、配管の肉厚tを求めると(10)式が得られる。

【数10】

40

$$t = \left[1 - \frac{1}{\sqrt{\frac{2-\nu}{\varepsilon_{\theta p}} \frac{P}{E} + 1}} \right] \frac{b}{2} \dots (10)$$

【0031】

次に、歪み検出装置15について説明する。図3は光ファイバを用いた光ファイバ歪み検出センサで構成された歪み検出装置15の一例を示す構成図であり、図3(a)は斜視

50

図、図 3 (b) は平面図である。図 3 に示すように、歪み検出装置 1 5 は、2 個の歪みセンサ 2 1 a、2 1 b を交差させて構成されている。

【 0 0 3 2 】

歪みセンサ 2 1 a、2 1 b は、歪みを検出するセンサ部 2 2 が光ファイバで形成され、このセンサ部 2 2 の両端に配管表面に固定するための固定部 2 3 が設けられている。2 個の歪みセンサ 2 1 a、2 1 b は、配管の歪みの測定箇所においてセンサ部 2 2 を交差して配置され、固定部 2 3 により配管表面に固定される。

【 0 0 3 3 】

センサ部 2 2 の光ファイバは、伸び歪みを検出するための屈曲部が設けられており、光ファイバの屈曲部で互いの歪みセンサ 2 1 a、2 1 b が交差している。センサ部 2 2 の光ファイバに所定の強度の光を入射したとすると、光は光ファイバの屈曲部において外部に漏れ光が生じる。屈曲部の伸縮により屈曲部からの漏れ光の量が異なるので、この漏れ光の量を測定することによって歪みを検出する。なお、図 3 では、センサ部 2 2 に繋がる光ファイバの記載を省略しているが、センサ部 2 2 からの光の送受信を行う光ファイバは、固定部を経由して図示省略の光送受信部に接続される。

10

【 0 0 3 4 】

すなわち、光送受信部から光ファイバを介してセンサ部 2 2 に光を送信し、固定箇所での光ファイバの伸び縮みによって生じた光を光送受信部で受信し、歪み検出装置 1 5 に送信する。歪み検出装置 1 5 では、ベンディング散乱光、プリルアン散乱光、ブラッグ反射光などのうち何れかを測定することにより配管の周方向または軸方向の歪みを検出することになる。

20

【 0 0 3 5 】

このように、本発明の実施の形態では、配管内圧によって生じる歪みは配管の軸方向と周方向でその量が異なり、一方、熱による歪みによって生じる歪みは軸方向と周方向とでその量に差は生じないことに着目し、配管の軸方向と周方向とを同時に測定できる歪みセンサにて軸方向、周方向の歪み量を測定し、両者の値を比較することで熱歪み分を除去する。すなわち、同一箇所の周方向及び軸方向の歪みを同時に測定するにあたり、図 3 に示すように配管表面との固定部 2 3 を 2 箇所に持つ歪みセンサ 2 1 を 2 つ用意し、それぞれ固定部 2 3 とセンサ部 2 2 との接続点の高さを変えて空中で交差するように配置する。

【 0 0 3 6 】

本発明の実施の形態によれば、周方向歪み及び軸方向歪みを取得し、配管表面に生じる歪みのうち熱歪み分を打ち消すので、内圧による歪み分のみを配管の肉厚計算に用いることができる。従って、配管の肉厚量を正確に算出できる。

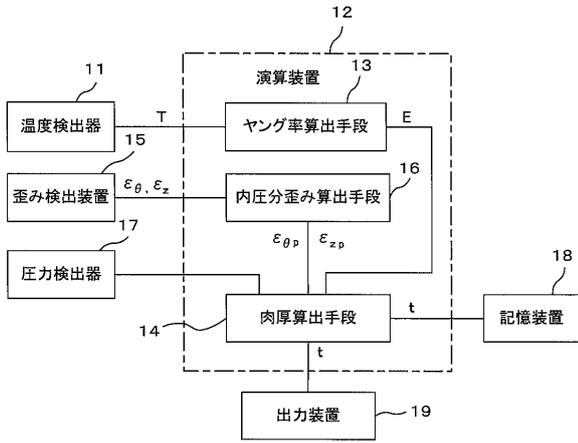
30

【 符号の説明 】

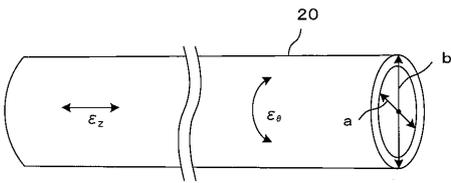
【 0 0 3 7 】

1 1 ... 温度検出器、1 2 ... 演算装置、1 3 ... ヤング率算出手段、1 4 ... 肉厚算出手段、1 5 ... 歪み検出装置、1 6 ... 内圧分歪み算出手段、1 7 ... 圧力検出器、1 8 ... 記憶装置、1 9 ... 出力装置、2 0 ... 配管、2 1 ... 歪みセンサ、2 2 ... センサ部、2 3 ... 固定部

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

