

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7174526号
(P7174526)

(45)発行日 令和4年11月17日(2022.11.17)

(24)登録日 令和4年11月9日(2022.11.9)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 N 27/20 (2006.01) G 0 1 N 27/20 Z
G 0 1 B 7/26 (2006.01) G 0 1 B 7/26

請求項の数 10 (全16頁)

(21)出願番号	特願2018-63597(P2018-63597)	(73)特許権者	000006208 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(22)出願日	平成30年3月29日(2018.3.29)	(74)代理人	110000785 S S I P 弁理士法人
(65)公開番号	特開2019-174314(P2019-174314 A)	(72)発明者	久保田 雄貴 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱 重工業株式会社内
(43)公開日	令和1年10月10日(2019.10.10)	(72)発明者	青木 清隆 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱 重工業株式会社内
審査請求日	令和3年2月17日(2021.2.17)	(72)発明者	坂田 文稔 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目 3番1号 三菱日立パワーシステムズ株 式会社内
		審査官	村田 顕一郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電気抵抗法を用いた密集亀裂深さ計測装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

電気抵抗法を用いた亀裂深さの計測装置であって、
測定対象物の部材表面にそれぞれ当接されて前記部材表面に生じた亀裂の両側に電源電圧を印加するための入力端子及び出力端子と、
前記亀裂の両側に当接可能に構成された複数の測定端子対と、
各々の前記測定端子対について測定端子間の電位差を検出するための電位差計と、
前記部材表面に沿って前記入力端子と前記出力端子とを結ぶ方向に延在し、前記入力端子及び前記出力端子、複数の前記測定端子対及び前記電位差計を案内するためのガイド部と、
前記入力端子、前記出力端子、前記複数の測定端子対及び前記電位差計を搭載したキャリアと連結されて、前記ガイド部に沿って移動可能に配置され、前記亀裂の長さ及び個数を計測するように構成された亀裂計測部と、
を備え、
前記電位差計によって計測された前記電位差、及び、前記亀裂計測部によって計測された前記亀裂の長さ及び個数に基づいて前記亀裂深さを求めるように構成されることを特徴とする計測装置。

【請求項2】

複数の前記測定端子対は、夫々、前記入力端子と前記出力端子とを結ぶ方向と交差する方向に並んで配置される

ことを特徴とする請求項 1 に記載の計測装置。

【請求項 3】

少なくとも前記入力端子及び前記出力端子と、複数の前記測定端子対と、前記電位差計とが、前記部材表面に沿って前記入力端子と前記出力端子とを結ぶ方向に移動可能に構成されている

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の計測装置。

【請求項 4】

前記入力端子と該入力端子に電源を介して接続された前記出力端子とがそれぞれ車輪状に形成され、

複数の前記測定端子対は、それぞれ第 1 端子及び第 2 端子を含み、

複数の前記第 1 端子及び複数の前記第 2 端子は、前記部材表面に当接される各々の先端が周方向に沿って配置されるようにして各々放射状に構成され、

放射状に構成された複数の前記第 1 端子の中心と前記入力端子及び前記出力端子の何れか一方、及び、放射状に構成された複数の前記第 2 端子の中心と前記入力端子及び前記出力端子の何れか他方が、それぞれ車軸を介して接続され、

前記入力端子、前記出力端子、複数の前記第 1 端子及び複数の前記第 2 端子が、回転により前記入力端子と前記出力端子とを結ぶ方向に沿って移動可能に構成されている

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の計測装置。

【請求項 5】

前記電源及び前記電位差計を搭載するとともに、前記車軸を介して前記入力端子、前記出力端子及び前記測定端子対を一体的に連結するフレームをさらに備える

ことを特徴とする請求項 4 に記載の計測装置。

【請求項 6】

前記車軸は絶縁体を含む

ことを特徴とする請求項 4 に記載の計測装置。

【請求項 7】

前記入力端子及び前記出力端子、複数の前記測定端子対及び前記電位差計を搬送可能に搭載するキャリアをさらに備える

ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の計測装置。

【請求項 8】

前記ガイド部に沿って移動可能に配置され、前記部材表面を清掃可能に構成された表面処理部をさらに備える

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載の計測装置。

【請求項 9】

複数の前記測定端子対のうち、測定対象の亀裂の両端の電位差測定に用いる測定端子対を切り替えるためのリレースイッチをさらに備える

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の計測装置。

【請求項 10】

前記測定対象物は火炉壁管を含む

ことを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、電気抵抗法を用いた密集亀裂深さ計測装置及び計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、例えば、陸用ボイラの火炉壁管等で生じる溝状腐食亀裂の深さを非破壊で計測する方法として、デジタル X 線検査（精度： $\pm 0.3\text{ mm}$ ）が用いられている。このデジタル X 線検査では、X 線源と検査対象物との間に空間を確保する必要がある他、X 線源の位置調整や移動に時間を要するため広範囲の検査が困難であり、また、検査者以外の作業員

10

20

30

40

50

を退室させる必要があるため他工事との並行作業ができないなど、一定の制約が生じる。

【 0 0 0 3 】

X線を用いない亀裂深さの非破壊検査法として、電気抵抗法を用いた亀裂深さの計測法が知られている。例えば、特許文献1には、CT試験片に流す亀裂長さ測定電流を1秒以上の間欠通電とし、該間欠通電に基づくCT試験片の電気抵抗値から亀裂深さを求める方法が開示されている。また、特許文献2には、複数の接触針を持つプローブと、同接触針のうち所定の接触針に繋がれる電源を持つ本体とに、それぞれ表示照明手段を設けて通電状態を確認できるようにした亀裂深さ測定器が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【 0 0 0 4 】

【文献】特開平4 - 1 9 4 7 4 1号公報

実開平4 - 4 3 2 5 6号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかし、上記特許文献1及び特許文献2の何れにも、亀裂深さの計測に際して亀裂の長さや端子間に混入する亀裂の個数の影響が考慮されておらず、該亀裂の長さや個数による影響を考慮して亀裂深さを計測するために異なる測定位置で測定を行う構成について何ら開示されていない。

20

【 0 0 0 6 】

上述の事情に鑑みて、本開示の少なくとも一実施形態は、異なる測定位置における亀裂に関する情報を効率的に取得することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

(1) 本開示の少なくとも一実施形態に係る計測装置は、

電気抵抗法を用いた亀裂深さの計測装置であって、

測定対象物の部材表面にそれぞれ当接されて前記部材表面に生じた亀裂の両側に電源電圧を印加するための入力端子及び出力端子と、

前記亀裂の両側に当接可能に構成された複数の測定端子対と、

30

各々の前記測定端子対について測定端子間の電位差を検出するための電位差計と、を備えている。

【 0 0 0 8 】

上記(1)の構成によれば、複数の測定端子対とこれらの測定端子間の電位差を検出可能な電位差計とを備えることにより、電気抵抗法を用いて、亀裂の両側の異なる測定位置において該亀裂に関する情報を効率的に取得することができる。

【 0 0 0 9 】

(2) 幾つかの実施形態では、上記(1)の構成において、

複数の前記測定端子対は、夫々、前記入力端子と前記出力端子とを結ぶ方向と交差する方向に並んで配置されてもよい。

40

【 0 0 1 0 】

上記(2)の構成によれば、入力端子と出力端子とを結ぶ方向と交差する方向に並んで配置された測定端子対を、例えば、亀裂の長さ方向に沿うように配置することにより、亀裂の両側の電位差を、該亀裂の長さ方向における異なる複数の測定位置で計測することができる。よって、例えば、亀裂の最大深さに関する情報を効率的に取得することができる。

【 0 0 1 1 】

(3) 幾つかの実施形態では、上記(1)又は(2)の構成において、

少なくとも前記入力端子及び前記出力端子と、複数の前記測定端子対と、前記電位差計とが、前記部材表面に沿って前記入力端子と前記出力端子とを結ぶ方向に移動可能に構成されてもよい。

50

【 0 0 1 2 】

上記(3)の構成によれば、少なくとも入力端子及び出力端子と、複数の測定端子対と、電位差計とを、部材表面に沿って入力端子と出力端子とを結ぶ方向に移動させながら、亀裂の両側の電位差を順次測定することができる。従って、複数の亀裂を含む評価対象物における亀裂の電位差測定の作業効率を大幅に向上させることができる。

【 0 0 1 3 】

(4)幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(3)の何れか一つに記載の構成において、前記入力端子と該入力端子に電源を介して接続された前記出力端子とがそれぞれ車輪状に形成され、

複数の前記測定端子対は、それぞれ第1端子及び第2端子を含み、

複数の前記第1端子及び複数の前記第2端子は、前記部材表面に当接される各々の先端が周方向に沿って配置されるようにして各々放射状に構成され、

放射状に構成された複数の前記第1端子の中心と前記入力端子及び前記出力端子の何れか一方、及び、放射状に構成された複数の前記第2端子の中心と前記入力端子及び前記出力端子の何れか他方が、それぞれ車軸を介して接続され、

前記入力端子、前記出力端子、複数の前記第1端子及び複数の前記第2端子が、回転により前記入力端子と前記出力端子とを結ぶ方向に沿って移動可能に構成されていてもよい。

【 0 0 1 4 】

上記(4)の構成によれば、回転可能に構成された入力端子、出力端子及び測定端子対を、入力端子と出力端子とを結ぶ方向に沿って一体的に移動させることができる。具体的に、入力端子と出力端子とは、印加範囲を移動させながら常に部材表面に接して電源電圧を印加する。一方、複数の測定端子対は、部材表面に当接する第1端子及び第2端子を回転により切り替えつつ、入力端子及び出力端子の移動に追従して部材表面との当接箇所を変更し、変更された測定端子間の電位差が電位差計で検出される。このような構成により、入力端子と出力端子とを結ぶ方向に複数の亀裂が存在する場合にも、各亀裂の両側の電位差を順次測定することができるので、異なる測定位置における亀裂に関する情報を効率的に取得することができる。

【 0 0 1 5 】

(5)幾つかの実施形態では、上記(4)の構成において、

前記電源及び前記電位差計を搭載するとともに、前記車軸を介して前記入力端子、前記出力端子及び前記測定端子対を一体的に連結するフレームをさらに備えていてもよい。

【 0 0 1 6 】

上記(5)の構成によれば、フレームを備えることにより、該フレームを介して入力端子、出力端子、電源、測定端子対及び電位差計を一体的に構成することができる。よって、複数の測定端子対を備えた亀裂深さの計測装置において、可搬性や操作性を向上させて取り扱い容易な計測装置を得ることができる。

【 0 0 1 7 】

(6)幾つかの実施形態では、上記(4)の構成において、

前記車軸は絶縁体を含んでもよい。

【 0 0 1 8 】

上記(6)の構成によれば、入力端子又は出力端子と測定端子とを連結する車軸が絶縁体を含むことにより、該入力端子及び出力端子により印加される電圧が測定端子対に直接印加されずに評価対象物の部材表面に印加される。よって、例えば、部材表面に生じた亀裂の両側に入力端子と出力端子とがそれぞれ当接され、且つ、亀裂の両側に測定端子対の第1端子と第2端子とがそれぞれ当接されるようにして計測装置を配置することにより、亀裂の両側の電位差等の情報を適切に取得することができる。

【 0 0 1 9 】

(7)幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(3)の何れか一つに記載の構成において、

前記入力端子及び前記出力端子、複数の前記測定端子対及び前記電位差計を搬送可能に搭載するキャリアをさらに備えていてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

上記(7)の構成によれば、入力端子及び出力端子と複数の測定端子対と電位差計とを、キャリアによって容易に移動させることができる。従って、例えば、測定対象の亀裂が複数存在する場合、キャリアを移動させながらこれらの亀裂の両側の電位差を順次測定することができる。よって、電気抵抗法を用いて複数の亀裂の深さを計測する作業を効率的に行うことができる。

【 0 0 2 1 】

(8)幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(7)の何れか一つに記載の構成において、前記部材表面に沿って前記入力端子と前記出力端子とを結ぶ方向に延在し、前記入力端子及び前記出力端子、複数の前記測定端子対及び前記電位差計を案内するためのガイド部をさらに備えていてもよい。

10

【 0 0 2 2 】

上記(8)の構成によれば、入力端子及び出力端子、複数の測定端子対及び電位差計をガイド部に沿って案内することができる。

【 0 0 2 3 】

(9)幾つかの実施形態では、上記(8)の構成において、

前記ガイド部に沿って移動可能に配置され、前記亀裂の長さ及び個数の少なくとも一方を計測するように構成された亀裂計測部をさらに備えていてもよい。

【 0 0 2 4 】

上記(9)の構成によれば、亀裂の長さ及び個数の少なくとも一方を亀裂計測部で計測することができる。つまり、電気抵抗法を用いた亀裂深さの計測において、測定精度に与える亀裂の長さの測定値又は個数の測定値の少なくとも一方による影響を考慮して、亀裂深さを高精度に測定することができる。従って、亀裂深さの計測に、例えばX線等の放射線を用いた測定装置を用いる必要がなく、亀裂深さの検査を他の作業と並行して行うことができるので、作業効率を大幅に向上させることができる。

20

【 0 0 2 5 】

(10)幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(9)の何れか一つに記載の構成において、

前記ガイド部に沿って移動可能に配置され、前記部材表面を清掃可能に構成された表面処理部をさらに備えていてもよい。

30

【 0 0 2 6 】

上記(10)の構成によれば、表面処理部により、電位差測定に悪影響を及ぼす恐れのある部材表面の汚れを落とすことができる。よって、測定誤差を抑制して亀裂の両側の電位差、延いては、測定対象の亀裂の深さをより高精度に測定することができる。

【 0 0 2 7 】

(11)幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(3)の何れか一つに記載の構成において、

複数の前記測定端子対のうち、測定対象の亀裂の両端の電位差測定に用いる測定端子対を切り替えるためのリレースイッチをさらに備えていてもよい。

【 0 0 2 8 】

上記(11)の構成によれば、複数の測定端子対のうち、測定対象である亀裂の特性に応じて、電位差測定に用いる測定端子をリレースイッチにより切り替えることができる。これにより、一度の計測作業において、様々な亀裂に適切に対応して該亀裂の両端の電位差を計測することができるため、作業時間の短縮が図られる。

40

【 0 0 2 9 】

(12)幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(11)の何れか一つに記載の構成において、

前記測定対象物は火炉壁管を含んでもよい。

【 0 0 3 0 】

上記(12)の構成によれば、火炉壁管の表面に生じた亀裂の深さを、電気抵抗法を用

50

いて効率的に求めることができる。これにより、火炉壁管に関する亀裂深さの計測に、例えばX線等の放射線を用いた測定装置を用いる必要がなく、該亀裂深さの検査を他の作業と並行して行うことができるので、作業効率を大幅に向上させることができる。

【発明の効果】

【0031】

本開示の少なくとも一実施形態によれば、異なる測定位置における亀裂に関する情報を効率的に取得することができる計測装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本開示の一実施形態に係る亀裂深さ計測装置の構成を概略的に示す図である。 10

【図2】電気抵抗法を用いた亀裂深さの測定原理を説明するための概略図である。

【図3】電気抵抗法を用いた亀裂深さの測定原理を説明するための概略図であり、(a)は亀裂14の上方からみた平面図、(b)は亀裂の長さL1方向からみた図を示す。

【図4】図2と同様の図であり、図2よりも亀裂長さが短い場合を示す。

【図5】図3と同様の図であり、図3よりも亀裂長さが短い場合を示す。

【図6】入力端子、出力端子及び測定端子対を直列に配置して電位差を測定する状態を示す斜視図である。

【図7】入力端子、出力端子及び測定端子対を直列に配置して電位差を測定する状態を示し、(a)は測定端子間に亀裂が1個、(b)は測定端子間に亀裂が2個、(c)は測定端子間及び測定端子と入力端子との間にそれぞれ亀裂が1個存在する状態を示す。 20

【図8】入力端子と出力端子及び測定端子対を並列に配置して電位差を測定する状態を示す斜視図である。

【図9】入力端子と出力端子及び測定端子対を並列に配置して電位差を測定する状態を示し、(a)は測定端子間に亀裂が1個、(b)は測定端子間に亀裂が2個、(c)は測定端子間及び測定端子対の外側にそれぞれ亀裂が1個存在する状態を示す。

【図10】本開示の一実施形態に係る亀裂深さの計測方法による亀裂深さの推定値と実測値との関係を示す図である。

【図11】測定端子間に含まれる亀裂の数と電位差との関係を示す図である。

【図12】他の実施形態に係る計測装置の構成を示す図であり、(a)は平面図、(b)は側面図である。 30

【図13】他の実施形態に係る測定装置の構成を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

以下、添付図面を参照して本開示の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。 40

また例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

【0034】

図1は、本開示の一実施形態に係る亀裂深さの計測装置1の構成を概略的に示す図である。

図1に示すように、本開示の少なくとも一実施形態に係る計測装置1は、電気抵抗法を用いた亀裂深さDの計測装置1であって、測定対象物10の部材表面12にそれぞれ当接 50

されて部材表面 1 2 に生じた亀裂 1 4 の両側に電源電圧を印加するための入力端子 2 及び出力端子 4 と、亀裂 1 4 の両側に当接可能に構成された複数の測定端子対 6, 6 と、各々の測定端子対 6, 6 について測定端子 6 間の電位差 V を検出するための電位差計 8 と、を備えている。

【0035】

まず、電気抵抗法を用いた亀裂深さ D の測定原理について説明する。なお、当該原理については従来周知であるためその細部については詳述せず、本開示に関する点のみ説明する。

図 2、電気抵抗法を用いた亀裂深さ D の測定原理を説明するための概略図であり、亀裂 1 4 の長さ L_1 方向に直交する方向からみた図である。図 3 は、電気抵抗法を用いた亀裂深さ D の測定原理を説明するための概略図であり、(a) は亀裂 1 4 の上方からみた平面図、(b) は亀裂 1 4 の長さ L_1 方向からみた図である。なお、図 2 では、亀裂 1 4 の深さ D_1 を評価する対象である評価対象物 1 0 として、例えば、管軸方向 A からみた配管の一部を示している。

図 2 及び図 3 に示すように、例えば、管軸方向 A と直交する方向に生じた亀裂 1 4 の深さ D を求める場合、管軸方向 A において該亀裂 1 4 の一方側にあたる評価対象物 1 0 の部材表面 1 2 に電源電圧の入力端子 2 を、亀裂 1 4 の他方側の部材表面 1 2 に電源電圧の出力端子 4 をそれぞれ当接させる。そして、入力端子 2 及び出力端子 4 間に電圧を印加すると、亀裂 1 4 の下方（部材表面 1 2 からの距離が亀裂 1 4 の深部よりも深い箇所）を通るルートで入力端子 2 から出力端子 4 に一定の電流が流れる（例えば、図 3 (b) 参照）。そして、電位差計 8 にそれぞれ接続された測定端子対 6, 6 を上記亀裂 1 4 の一方側と他方側とにそれぞれ当接させることにより、亀裂 1 4 の両側（上記一方側及び他方側）の電位差 V が電位差計 8 で計測される。この電位差 V と亀裂 1 4 とは直線関係で表わされるため、上記の電位差 V を計測することで亀裂 1 4 の深さ D が求められるものである。

【0036】

ここで、本発明者らによる鋭意研究により、電気抵抗法を用いた亀裂 1 4 の深さの計測においては、亀裂 1 4 の長さ L （例えば、上記 L_1 又は L_2 ）や個数によって測定誤差が生じ得ることが明らかになった。

図 4 は図 2 と同様の図であり、図 2 に示す亀裂長さ L_1 よりも亀裂 1 4 の長さ L_2 が短い場合（ $L_1 > L_2$ ）を示す。図 5 は図 3 と同様の図であり、図 3 に示す亀裂長さ L_1 よりも亀裂 1 4 の長さ L_2 が短い場合を示す。

図 4 及び図 5 に示すように、亀裂 1 4 の長さ L が短い場合、該亀裂 1 4 の側方を迂回する電流の経路（例えば、図 5 (a) 及び図 5 (b) 参照）が生じて電位差 V すなわち電気抵抗値が低く観測される（ $R = V / I$ ）。したがって、亀裂長さ L を考慮せずに、電位差計 8 で計測された電位差 V のみに基づき亀裂深さ D を推定した場合は、亀裂深さ D の実測値との測定誤差の割合が大きくなる。一方、電位差計 8 で計測された電位差 V に亀裂長さ L を考慮して亀裂深さ D を推定した場合は誤差の割合が大幅に低減され亀裂深さ D の実測値との測定誤差が、例えば、デジタル X 線検査と同程度である $\pm 0.3 \text{ mm}$ の範囲内に概ね収まることが明らかとなったものである（例えば、図 1 0 参照）。

【0037】

図 6 は、入力端子 2、出力端子 4 及び測定端子対 6, 6 を直列に配置して電位差 V を測定する状態を示す斜視図である。図 7 は、入力端子 2、出力端子 4 及び測定端子対 6, 6 を直列に配置して電位差 V を測定する状態を示し、(a) は測定端子 6, 6 間に亀裂が 1 個、(b) は測定端子 6, 6 間に亀裂が 2 個、(c) は測定端子 6, 6 間及び測定端子 6 と入力端子 2 との間にそれぞれ亀裂が 1 個存在する状態を示す。

図 6 及び図 7 に示すように、電源電圧の入出力端子 2, 4 や測定端子 6, 6 間に存在する亀裂 1 4 の個数が増加すると（例えば、図 7 (a) 及び図 7 (b) 参照）、電気抵抗が増加するため電位差計 8 で計測される電位差 V が増加する。このため、亀裂深さ D の測定精度に影響が生じ得る（例えば、図 1 1 参照）。

従って、上記のような測定誤差を低減するには亀裂 1 4 の長さ L や個数を考慮すること

が有効であるという知見が得られたものである。

なお、個々の亀裂 1 4 の幅は、例えば、約 2 . 5 mm 程度であってもよい。また、亀裂 1 4 の長さ L 又は個数の少なくとも一方と、亀裂 1 4 の長さ L 方向に直交する方向における該亀裂 1 4 の一方側及び他方側間の電位差 V と、亀裂 1 4 の深さ D との相関を示す評価式は、亀裂 1 4 の長さ L や測定端子対 6 , 6 の間に含まれる亀裂 1 4 の個数、或いは、評価対象物 1 0 として用いる材料等に応じて、予め測定することで取得してもよい。

入力端子 2、出力端子 4 及び測定端子 6 , 6 は、例えば、キャリア 2 4 に搭載された可搬型のプローブとして設けられていてもよい（例えば、図 2、図 1 0 (a) 及び図 1 0 (b) 参照）。なお、測定端子対 6 , 6 の中央位置は、入出力端子対 2 , 4 の中央位置を通る亀裂 1 4 の長さ L 方向に沿う線から、入出力端子対 2 , 4 を結ぶ方向において、例えば、 $\pm 1 0 \%$ の位置に配置されるように構成されてもよい。また、測定端子 6 , 6 間の距離は、入出力端子対 2 , 4 間の距離の、例えば、0 . 7 ~ 1 . 5 倍であってもよい。

10

【 0 0 3 8 】

上記の構成によれば、複数の測定端子対 6 , 6 とこれらの測定端子 6 間の電位差 V を検出可能な電位差計 8 とを備えることにより、電気抵抗法を用いて、亀裂 1 4 の両側の異なる測定位置において該亀裂 1 4 に関する情報を効率的に取得することができる。なお、亀裂 1 4 に関する情報は、例えば、亀裂 1 4 の長さ L、幅、個数、亀裂 1 4 の両側の電位差 V、深さ D 等の他、種々の情報が含まれ得る。

【 0 0 3 9 】

幾つかの実施形態では、例えば、図 1 に示すように、複数の前記測定端子対 6 , 6 は、夫々、入力端子 2 と出力端子 4 とを結ぶ方向（図 1 に非限定的に示す例では、例えば管軸方向 A）と交差する方向に並んで配置されてもよい。その際、例えば、複数の前記測定端子対 6 , 6 が、管軸方向 A と直交する方向に並んで配置されてもよい。

20

【 0 0 4 0 】

上記の構成によれば、入力端子 2 と出力端子 4 とを結ぶ方向と交差する方向に並んで配置された測定端子対 6 , 6 を、例えば、亀裂 1 4 の長さ方向に沿うように配置することにより、亀裂 1 4 の両側の電位差 V を、該亀裂 1 4 の長さ方向における異なる複数の測定位置で計測することができる。よって、例えば、亀裂 1 4 の最大深さに関する情報を効率的に取得することができる。

なお、複数の前記測定端子対は、複数の第 1 端子と複数の第 2 端子とが、前記亀裂の長さ方向に直交する方向からみてそれぞれ円弧状に配置され得るように構成してもよい。このようにすれば、測定対象として、例えば、配管の表面等に生じた亀裂 1 4 を計測する際に、測定対象物 1 0 である配管の表面に全ての測定端子 6 が当接するように配置することができる。

30

【 0 0 4 1 】

幾つかの実施形態では、例えば、図 1 0 (a) 及び図 1 0 (b) に示すように、少なくとも入力端子 2 及び出力端子 4 と、複数の測定端子対 6 , 6 と、電位差計 8 とが、部材表面 1 2 に沿って入力端子 2 と出力端子 4 とを結ぶ方向（例えば管軸方向 A）に移動可能に構成されてもよい。移動方式としては、例えば、モノレール式、クローラ式、車輪式、歩行式などを適用し得る。このように構成すれば、少なくとも入力端子 2 及び出力端子 4 と、複数の測定端子対 6 , 6 と、電位差計 8 とを、部材表面 1 2 に沿って入力端子 2 と出力端子 4 とを結ぶ方向に移動させながら、亀裂 1 4 の両側の電位差 V を順次測定することができる。従って、複数の亀裂 1 4 を含む測定対象物 1 0 における亀裂 1 4 の電位差測定の作業効率を大幅に向上させることができる。

40

なお、測定対象物 1 0 の被測定面が上下方向に延在（例えば、鉛直面又は傾斜面等、水平以外の面）する場合の移動方式としては、例えば、吸着式（真空利用）や磁石式などを適用してもよい。さらに、計測装置 1 と接続したケーブル等を巻き取りドラムで巻き取る構成を用いて計測装置の移動を補助しても良い。

【 0 0 4 2 】

幾つかの実施形態では、例えば、図 1 0 に示すように、入力端子 2 及び出力端子 4、複

50

数の測定端子対 6 , 6 及び電位差計 8 を搬送可能に搭載する端子保持部としてのキャリア 2 4 をさらに備えていてもよい。キャリア 2 4 は、上下に（すなわち、測定対象物 1 0 との距離を変更可能な方向に）移動可能な機構を有していてもよく、計測対象部位に各端子 2 , 4 , 6 を接触させて電気抵抗を計測してもよい。このように構成すれば、入力端子 2 及び出力端子 4 と複数の測定端子対 6 , 6 と電位差計 8 とを、キャリア 2 4 によって容易に移動させることができる。従って、例えば、測定対象の亀裂 1 4 が複数存在する場合、キャリア 2 4 を移動させながらこれらの亀裂 1 4 の両側の電位差 V を順次測定することができる。よって、電気抵抗法を用いて複数の亀裂 1 4 の深さ D を計測する作業を効率的に行うことができる。なお、キャリア 2 4 に電源 1 6 も搭載する構成としてもよい。

【 0 0 4 3 】

幾つかの実施形態では、例えば、図 1 0 に示すように、部材表面 1 2 に沿って入力端子 2 と出力端子 4 とを結ぶ方向に延在し、入力端子 2 及び出力端子 4、複数の測定端子対 6 , 6 及び電位差計 8 を案内するためのガイド部 2 6 をさらに備えていてもよい。このように構成すれば、入力端子 2 及び出力端子 4、複数の測定端子対 6 , 6 及び電位差計 8 をガイド部 2 6 に沿って案内することができる。

【 0 0 4 4 】

幾つかの実施形態では、例えば、図 1 0 に示すように、ガイド部 2 6 に沿って移動可能に配置され、亀裂 1 4 の長さ及び個数の少なくとも一方を計測するように構成された亀裂計測部 2 8 をさらに備えていてもよい。亀裂計測部 2 8 は、例えばレーザー散乱法により傷（例えば亀裂 1 4）の長さを求めるように構成され得る。キャリア 2 4、亀裂計測部 2 8 又は表面処理部 3 0 は、例えば、位置決め機構等によってガイド部 2 6 における任意の位置に移動して位置決め可能に構成されていてもよい。このように亀裂計測部 2 8 を備えた構成すれば、亀裂 1 4 の長さ L 及び個数の少なくとも一方を亀裂計測部 2 8 で計測することができる。つまり、電気抵抗法を用いた亀裂深さ D の計測において、測定精度に与える亀裂 1 4 の長さの測定値又は個数の測定値の少なくとも一方による影響を考慮して、亀裂深さ D を高精度に測定することができる。従って、亀裂深さ D の計測に、例えば X 線等の放射線を用いた測定装置を用いる必要がなく、亀裂深さ D の検査を他の作業と並行して行うことができるので、作業効率を大幅に向上させることができる。

【 0 0 4 5 】

幾つかの実施形態において、計測装置 1 は、例えば、図 1 0 に示すように、ガイド部 2 6 に沿って移動可能に配置され、部材表面 1 2 を清掃可能に構成された表面処理部 3 0 をさらに備えていてもよい。

表面処理部 3 0 は、計測装置 1 による亀裂深さ D の計測や亀裂計測部 2 8 による亀裂の長さ L 又は個数の計測に先行して測定対象物 1 0 の表面を清掃するための前処理部（前処理装置）として機能する。従って、この表面処理部 3 0 は、計測装置 1 においてガイド部 2 6 に沿う移動方向の前部に配置され得る。かかる表面処理部 3 0 は、例えば、高圧水ノズルやブラスターを含んで構成され得る。

このように表面処理部 3 0 を備えた構成によれば、表面処理部 3 0 により、電位差測定に悪影響を及ぼす恐れのある部材表面 1 2 の汚れを事前に除去することができる。よって、測定誤差を抑制して亀裂 1 4 の両側の電位差 V 、延いては、測定対象の亀裂の深さ D をより高精度に測定することができる。

【 0 0 4 6 】

幾つかの実施形態では、例えば、図 1 3 に示すように、入力端子 2 と該入力端子 2 に電源 1 6 を介して接続された出力端子 4 とがそれぞれ車輪状に形成され、複数の測定端子対 6 , 6 は、それぞれ第 1 端子 6 A 及び第 2 端子 6 B を含み、複数の第 1 端子 6 A 及び複数の第 2 端子 6 B は、部材表面 1 2 に当接される各々の先端が周方向に沿って配置されるようにして各々放射状に構成され、放射状に構成された複数の第 1 端子 6 A の中心と入力端子 2 及び出力端子 4 の何れか一方、及び、放射状に構成された複数の第 2 端子 6 B の中心と入力端子 2 及び出力端子 4 の何れか他方が、それぞれ車軸 2 0 を介して接続され、入力端子 2、出力端子 4、複数の第 1 端子 6 A 及び複数の第 2 端子 6 B が、回転により入力端

10

20

30

40

50

子 2 と出力端子 4 とを結ぶ方向に沿って移動可能に構成されていてもよい。

【 0 0 4 7 】

上記の構成によれば、回転可能に構成された入力端子 2、出力端子 4 及び測定端子対 6、6 を、入力端子 2 と出力端子 4 とを結ぶ方向に沿って一体的に移動させることができる。具体的に、入力端子 2 と出力端子 4 とは、印加範囲を移動させながら常に部材表面 1 2 に接して電源電圧を印加する。一方、複数の測定端子対 6、6 は、部材表面 1 2 に当接する第 1 端子 6 A 及び第 2 端子 6 B を回転により切り替えつつ、入力端子 2 及び出力端子 4 の移動に追従して部材表面 1 2 との当接箇所を変更し、変更された測定端子 6 間の電位差 V が電位差計 8 で検出される。このような構成により、入力端子 2 と出力端子 4 とを結ぶ方向に複数の亀裂 1 4 が存在する場合にも、各亀裂 1 4 の両側の電位差 V を順次測定することができるので、異なる測定位置における亀裂 1 4 に関する情報を効率的に取得することができる。

10

【 0 0 4 8 】

幾つかの実施形態では、例えば、図 1 3 に示すように、電源 1 6 及び電位差計 8 を搭載するとともに、車軸 2 0 を介して入力端子 2、出力端子 4 及び測定端子対 6、6 を一体的に連結するフレーム 2 2 をさらに備えていてもよい。このように構成すれば、フレーム 2 2 を備えることにより、該フレーム 2 2 を介して入力端子 2、出力端子 4、電源 1 6、測定端子対 6、6 及び電位差計 8 を一体的に構成することができる。よって、複数の測定端子対 6、6 を備えた亀裂深さの計測装置 1 において、可搬性や操作性を向上させて取り扱い容易な計測装置 1 を得ることができる。

20

【 0 0 4 9 】

幾つかの実施形態において、車軸 2 0 は絶縁体を含んでもよい。このようにすれば、入力端子 2 又は出力端子 4 と測定端子 6 とを連結する車軸 2 0 が絶縁体を含むことにより、該入力端子 2 及び出力端子 4 により印加される電圧が測定端子対 6、6 に直接印加されずに測定対象物 1 0 の部材表面 1 2 に印加される。よって、例えば、部材表面 1 2 に生じた亀裂 1 4 の両側に入力端子 2 と出力端子 4 とがそれぞれ当接され、且つ、亀裂 1 4 の両側に測定端子対 6、6 の第 1 端子 6 A と第 2 端子 6 B とがそれぞれ当接されるようにして計測装置 1 を配置することにより、亀裂 1 4 の両側の電位差等の情報を適切に取得することができる。なお、車軸 2 0 の全体が絶縁体で構成されるようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】

幾つかの実施形態では、上記 (1) 乃至 (3) の何れか一つに記載の構成において、複数の前記測定端子対 6、6 のうち、測定対象の亀裂 1 4 の両端の電位差測定に用いる測定端子対 6、6 を切り替えるためのリレースイッチ 3 2 をさらに備えていてもよい。このようリレースイッチ 3 2 は、計測の際に端子間の干渉を回避するために用いられ得る。このようにリレースイッチ 3 2 を備えた構成によれば、複数の測定端子対 6、6 のうち、測定対象である亀裂 1 4 の特性に応じて、電位差測定に用いる測定端子 6 をリレースイッチ 3 2 で切り替えることができる。これにより、一度の計測作業において、様々な亀裂 1 4 に適切に対応して該亀裂 1 4 の両端の電位差を計測することができるため、作業時間の短縮が図られる。

30

なお、幾つかの実施形態では、上述した全ての端子を使用するのではなく、亀裂計測部 2 8 での計測結果に応じて、使用する端子を選択しても良い。

40

【 0 0 5 1 】

幾つかの実施形態において、測定対象物 1 0 は火炉壁管 1 0 A を含んでもよい。このようにすれば、火炉壁管 1 0 A の表面に生じた亀裂 1 4 の深さを、電気抵抗法を用いて効率的に求めることができる。これにより、火炉壁管 1 0 A に関する亀裂深さの計測に、例えば X 線等の放射線を用いた測定装置を用いる必要がなく、該亀裂深さの検査を他の作業と並行して行うことができるので、作業効率を大幅に向上させることができる。

【 0 0 5 2 】

幾つかの実施形態において、計測装置 1 は、上述した何れかの構成又はそれらの何れかを組み合わせて備えることにより、測定対象物 1 0 の表面の亀裂 1 4 長さ L 又は亀裂深さ

50

Dを自動で計測し得るように構成されていてもよい（亀裂長さ又は亀裂深さの自動計測装置）。このようにすれば、亀裂長さL又は亀裂深さDの検査の作業効率をより一層向上させることができる。

【0053】

以上述べた構成によれば、異なる測定位置における亀裂14に関する情報を効率的に取得することができる。

【0054】

本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

【符号の説明】

【0055】

- 1 計測装置（亀裂深さ計測装置）
- 2 入力端子
- 4 出力端子
- 6 測定端子（測定端子対）
- 6A 測定端子（第1端子）
- 6B 測定端子（第2端子）
- 8 電位差計
- 10 測定対象物（配管／火炉壁管）
- 12 部材表面
- 14 亀裂
- 16 電源
- 20 車軸（絶縁体）
- 22 フレーム
- 24 キャリア
- 26 ガイド部（レール）
- 28 亀裂計測部
- 30 表面処理部
- 32 リレースイッチ
- A 管軸方向
- D 亀裂深さ
- L1, L2 亀裂長さ

10

20

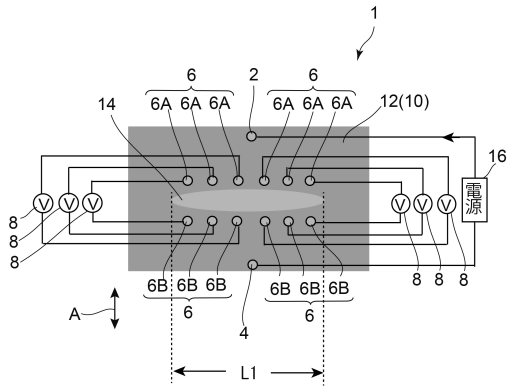
30

40

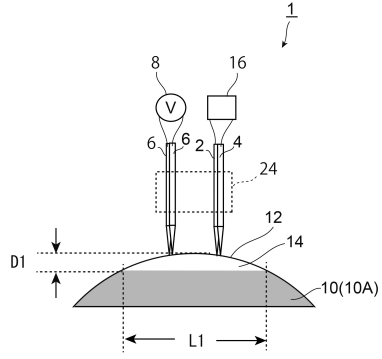
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

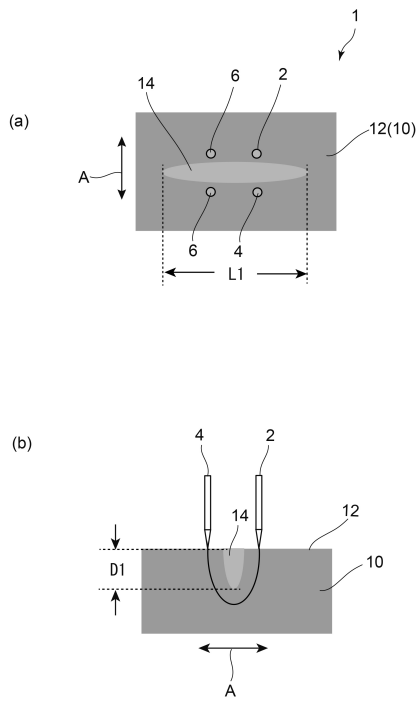
20

30

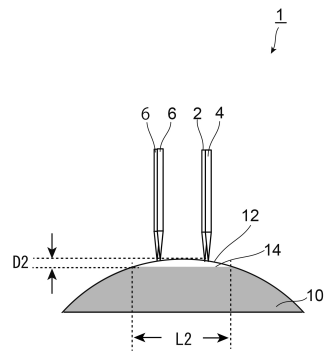
40

50

【 図 3 】



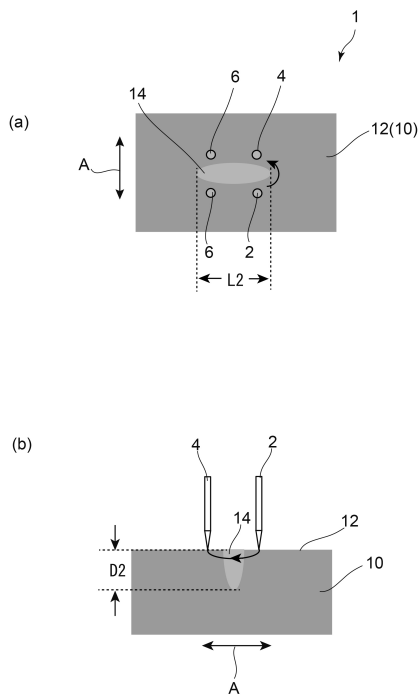
【 図 4 】



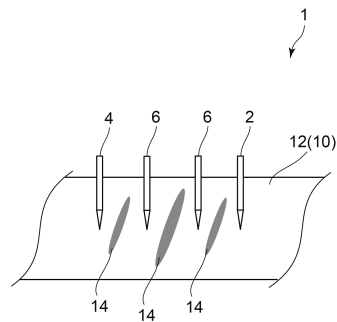
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

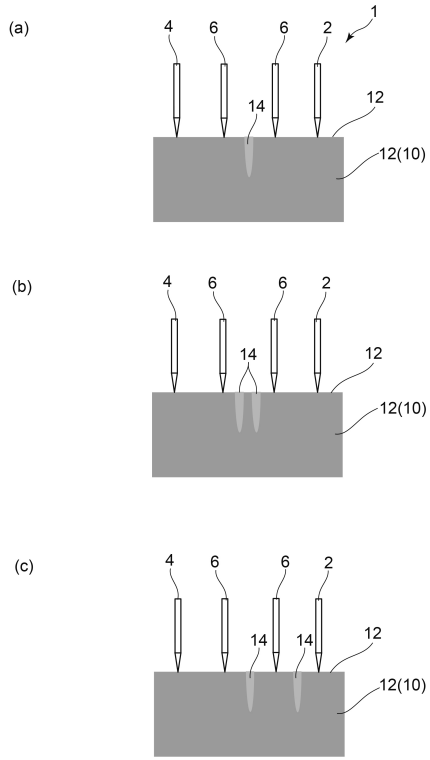


30

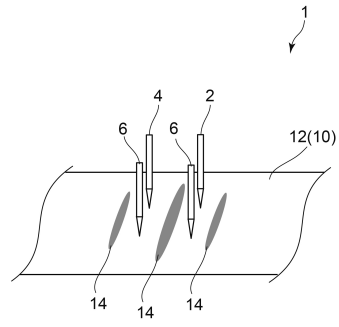
40

50

【 図 7 】



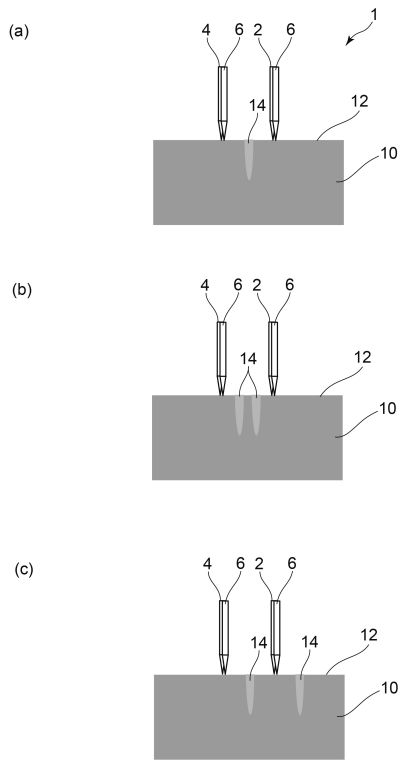
【 図 8 】



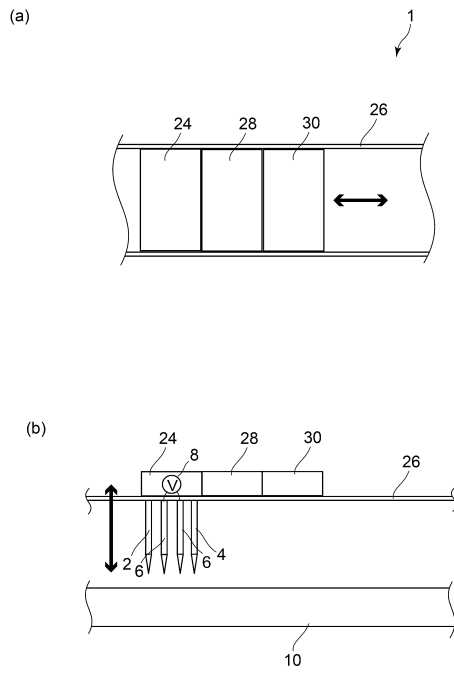
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】

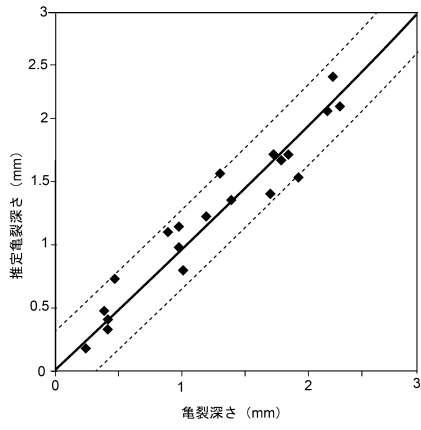


30

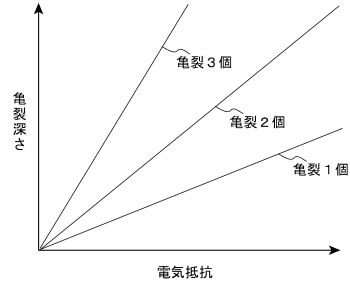
40

50

【図 1 1】



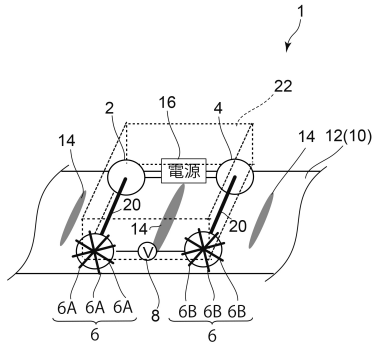
【図 1 2】



10

20

【図 1 3】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08 - 313473 (JP, A)
特開2009 - 175110 (JP, A)
特開2005 - 308544 (JP, A)
特開昭61 - 292546 (JP, A)
米国特許出願公開第2007/0250277 (US, A1)
特開昭62 - 003654 (JP, A)
特開2016 - 161562 (JP, A)
特開2001 - 174380 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01N 27/00 - 27/10
G01N 27/14 - 27/24
G01B 7/00 - 7/34