(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4814918号
(P4814918)
(45)発行日　平成23年11月16日(2011.11.16)　(24)登録日　平成23年9月2日(2011.9.2)

(51)Int.Cl.　F I
G01B 15/02 (2006.01)　G01B 15/02 A
G21C 17/003 (2006.01)　G21C 17/00 E

請求項の数 2　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願2008-199223(P2008-199223)
(22)出願日　平成20年8月1日(2008.8.1)
(65)公開番号　特開2010-38598(P2010-38598A)
(43)公開日　平成22年2月18日(2010.2.18)
審査請求日　平成20年8月1日(2008.8.1)

(73)特許権者　593135000
日本工業検査株式会社
神奈川県川崎市川崎区浅野町１番４号
(74)代理人　100069556
弁理士　江崎　光史
(74)代理人　100157440
弁理士　今村　良太
(74)代理人　100173521
弁理士　篠原　淳司
(74)代理人　100153419
弁理士　清田　栄章
(74)代理人　100111486
弁理士　鍛冶澤　實

最終頁に続く

(54)【発明の名称】金属管の残厚推定方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
放射線透過撮影による金属管の腐食による残厚測定において、放射線量を蓄積できる輝尽性蛍光媒体を表面に塗布したイメージングプレートを用いた１回の撮影結果から、金属管の長軸方向または周方向のイメージングプレートの測定輝度値の相関回帰式を求め、金属管の肉厚の既知情報から減肉の無い場合の放射線透過厚さを計算し、相関回帰式と減肉の無い場合の放射線透過厚さから求めた金属管の吸収係数を用いて減肉があるときの金属管の残厚を定量化することを特徴とする金属管の残厚推定方法。
【請求項２】
請求項１に記載の残厚推定方法において、計算に使用する金属管の肉厚の既知情報が不明の場合に、板厚の異なる部分を持つ試験片を同時にイメージングプレートに撮影することによって減肉の無い場合の放射線透過厚さを求めることを特徴とする金属管の残厚推定方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
　この発明は、放射線撮影による金属管の腐食検査において、金属管の残厚を計算する方法に関する。
【背景技術】
【０００２】

化学プラントや原子力プラント等に多用されている金属管は、経年・内容物の化学性・内圧力・流体速度などにより腐食や磨耗が起こり、金属管の残厚減少が全面あるいは部分的に発生する。残厚減少の度合いを調査・計測し、プラントの継続した稼動を確保することが求められている。残厚減少度合いの測定には、一般に超音波による肉厚測定が考えられるが、超音波による肉厚測定では測定すべき金属管表面に探触子が直接接触し超音波が金属管に入射できるようにグリセリンや水等の接触媒質を介することが必要である。しかしながら、金属管が使用中の場合は、金属管が高温のため接触媒質が蒸発してしまう。また、表面塗装が浮いている場所や保温材により被覆されている金属管については超音波による測定ができない。

【０００３】

放射線透過試験による金属管の撮影は、図１に示す方法でおこない、従来残厚の算定は主に３つの方法で行われてきた。

【０００４】

方法１として、図２のBに示すように板厚そのものを断面として投影するように撮像表現し、撮像の寸法測定を行って、幾何学的な配置条件から実板厚を算出する方法がある。欠点は、腐食部６のような位置では寸法測定はできなく板厚断面が投影される接線上にある減肉部７の板厚減少しか評価できないことで、板厚減少の場所が事前に特定されていることが必要である。

【０００５】

方法２として、方法１による撮影時に図２のAに示すように測定したい位置の近くに断面寸法の定まっている比較用丸棒試験体９を同時に撮影し、この物体の投影拡大寸法との比較によっての算出方法がある。このとき使用する物体は、金属管と同材質とする必要は無く、むしろ、金属管の材質よりも放射線の透過が少ないものが好ましい。欠点は、金属管が管内温度を一定にたもつための保温材に被覆されている場合には、管面に近接して配置することができなく、測定に大きな誤差を生じることである。

【０００６】

方法３として、特許文献１に示すように、他の試験片による放射線透過量の変化のプロット図と、当該試験体の健全部の放射線透過量をプロット図にし、評価線を平行移動する方法あるいはプロット線の傾斜を利用して評価する方法もある。撮像媒体の基準点に対して金属管の周方向と長手方向の放射線透過線量の変化要因は、入射放射線量、放射線エネルギー、エネルギー分布及び板厚の変化によるが、撮影配置により次のような欠点がある。

【０００７】

欠点１として面積をもつ撮影媒体に到達する放射線量は、立体型である管径と管厚の組み合わせによる透過厚さと幾何学的な位置関係による距離によって、図３のイメージングプレート測定輝度値の等高線が示すように板厚減少のない状況においても透過厚さは連続的に変化し、読み取り輝度値も変動してくるので、幾何学的配置を絶対に一致させる必要がある。

【０００８】

欠点２として、多くの撮影媒体は受光エネルギーに対してのエネルギー依存性を持っている。使用する放射線が単一エネルギーであれば、透過する板厚によるエネルギー変動の要素は小さいが、使用する放射線が連続スペクトルの場合には、透過した放射線のエネルギー分布が透過板厚により高いエネルギー側に遷移してくるため、イメージングプレートを含めた撮影媒体の感度は変化し、蓄光量が変動、すなわち輝度値が変動してしまう。よって同一の透過板厚の試験体を使用する必要がある。

【０００９】

欠点３として、図４のように金属管の入射面の相異による散乱の影響を考慮する必要がある場合には、散乱量は表面状態、入射角に依存するが金属管内外表面の状態は金属管の使用環境により大きく異なるため、内面・外面散乱による２次的な効果などから大きな計算誤差を生じる要因となってしまう。また、前述の背景技術、方法２に記述した保温材に

覆われている場合はより顕著である。
【００１０】
実験によれば、図４の矢印１方向で管端に近づく程入射線量が減少している傾向がある。この減少は管の表面への放射線の入射角が斜めとなり、表面での散乱が大きく変化することで入射量が減少していると考えられる。以上の３つの欠点が起こる現象は、相互に関連し複雑に関係しており、撮影媒体の変化表現に影響を与えるためプロット線の傾斜は異なってしまう。従って、検査体の対比のための試験片データは、全く同一形状で同一面状況での同一の配置等の条件を一致させる必要がある。
【特許文献１】特開平１０－１４１９３５号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００１１】
従来技術による方法では、金属管の残厚を測定する際に腐食部の厚さを誤差要因であるエネルギー遷移や管内・外面の散乱状況を排除して平面撮像から定量的に評価する方法が無かった。
【課題を解決するための手段】
【００１２】
放射線量を蓄積できる輝尽性蛍光媒体を表面に塗布したイメージングプレートを用いた１回の撮影結果から、金属管の長軸方向または周方向のイメージングプレートの測定輝度値の相関回帰式と減肉の無い場合の放射線透過厚さを用いて減肉があるときの金属管の残厚を定量化する。
【発明の効果】
【００１３】
本発明により、別の試験体の撮影を必要とせず、１回の撮影結果から金属管の残厚を定量的に検査することが可能になった。また、小さな試験片を画像中央部に同時に配置することで、板厚の不明な保温材に覆われている対象にも適用できることとなった。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１４】
図を用いて説明する。図５のAに示すように金属管の径の中心１に向けて放射線を放射し、金属管の軸に水平になる面にイメージングプレート２を配置すると、減肉部（イ）（ロ）（ハ）の撮像は概念として図５のBに示すような結果が得られる。
【００１５】
イメージングプレートは、到達放射線量に応じて放射線を蓄積し、専用のリーダーで読み取ることができ、画像にするときは蓄積量が多い部分は暗く蓄積量が少ない部分は明るく表現し、読み取り輝度値は直線比例で表示する特性がある。
【００１６】
輝度値の読み取りは、専用のリーダーで階調を８ビットあるいは１２ビットでＸ－Ｙ平面について0.1㎜,0.2㎜,0.5㎜ピッチなどで行い、データのバラツキと腐食の形態などを考慮して、3.0㎜,5.0㎜ピッチなどの平均値とし解析を行う。
図６に示すX軸の輝度測定線の読み取り輝度値のグラフが図７である。図７の両端の輝度値の高い部分が撮影体の板厚が写しだされる管径・管厚部分であり、この部分を除いた図８のデータから回帰式を作成する。
【００１７】
図５のBの場合で説明する。周方向Aのような減肉部イを含む場合は、減肉部イの板厚減少部すなわち画像では暗くて輝度値の低い部分のデータを除いて図８を作成する。周方向Ｂのように減肉部に近接する場合は板厚減少部のデータを除く操作は不要で、図８を作成する。図８に示すデータから最小二乗法による回帰式１を求める。図８に示すデータから求められた回帰式１は、
【００１８】

【数１】

$$y = 4\times10^{-15}x^6 - 2\times10^{-11}x^5 + 5\times10^{-8}x^4 - 7\times10^{-5}x^3 + 0.0434x^2 - 15.285x + 2294.1$$

【００１９】

となり、相関係数はR^2＝0.9742となった。

【００２０】

図９の撮影配置から減肉位置の健全な厚さの放射線透過厚さ（ａ＋ｂ）を算出し、これをｘとする。減肉深さの算出は、回帰式１から減肉位置の健全な透過厚さ輝度値の期待値を算出し、これをｙとする。

【００２１】

図７からの被写体のない最低の輝度値をy_0とする。

ｙとy_0とｘの関係は被写体による放射線の減衰によるものとして、放射線減弱の物理的性状である指数関数回帰式を作成する。

【００２２】

【数２】

$$y = y_0 \times \exp(A \times x) \qquad \cdots（１）$$

【００２３】

放射線の透過による減衰量の成立式は、

【００２４】

【数３】

$$I = I_0 \times \exp(-\mu x)$$

【００２５】

となり、ｘが大きくなるとＩ$_0$に対してＩは低くなるが、イメージングプレートの輝度値はＩの減少にたいして高く表現されるので、上記式（１）となる。

式（１）にそれぞれの条件を代入し、Ａを求める。

【００２６】

【数４】

$$A = \frac{\ln y - \ln y_0}{x} \qquad \cdots（２）$$

【００２７】

となる。Ａはこの場合放射線吸収係数と呼ばれるものである。

【００２８】

次に、式（１）に図８の減肉部の輝度値「★」印をy_1とし、式（２）で求められたAを代入し減肉部透過厚X_1すなわち（ａ＋ｃ）を求める。

【００２９】

【数５】

$$y_1 = y_0 \exp(A \times x_1)$$

$$x_1 = \frac{\ln y_1 - \ln y_0}{A} \qquad \cdots（３）$$

【００３０】

減肉部の透過厚さx_1は、図９のａ＋ｃであるから減肉部の残厚ｔ’を算出するには、

【００３１】

【数６】

$$x : 2t = x_1 : (t + t')$$

【００３２】
となり
【００３３】
【数７】

$$t+t'=\frac{2t}{x}\times x_1$$

【００３４】
減肉部の残存厚ｔ’は、
【００３５】
【数８】

$$t'=\frac{2t}{x}\times x_1-t$$

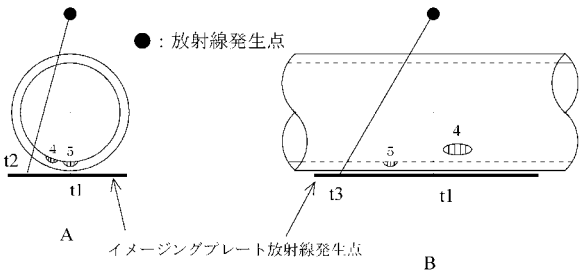
【００３６】
となり、求められる。今回得られた実験用金属管のデータでは、実測値と算出値の誤差は±０．２ｍｍであった。
【実施例１】
【００３７】
配管に配管内温度を一定に保つための保温材が巻かれていない場合は、画像範囲の現物を超音波板厚測定することができるが、保温材のある場合は超音波板厚測定が採用できないので、この場合の推定方法を説明する。
【００３８】
各マス目の板厚が異なる、例えば1㎜,2㎜,3㎜,4㎜などの「田」の試験片を図１０の撮像の中央に配置し撮影し、異なる厚さ部分の輝度値の読取値から近接位置の放射線透過厚さを推定する。これが放射線透過板厚であり、管板厚の２倍に相当する。
【００３９】
図１１は図１０の試験片の隣接位置の管厚の透過での輝度値（40）と１㎜づつ増厚したときの輝度値をグラフにしたもので、グラフから最小二乗法により放射線量の減衰性状である指数関数回帰式２
【００４０】
【数９】

$$y=39.767\exp(0.1044x) \qquad \text{：回帰式２}$$

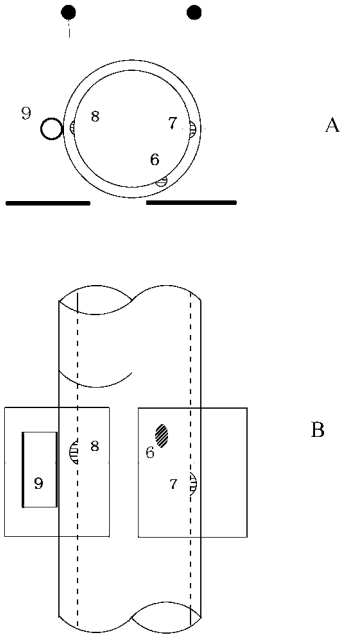
【００４１】
を作成し、検査体のない場所、例として図７の最低値を「ｙ」として「ｘ」を算出すれば、放射線透過板厚となる。例示の回帰式２の「０．１０４４」は、入射放射線の物理的性状が含まれた「放射線吸収係数」と呼ばれるものであり、入射放射線のエネルギー及びエネルギー分布などにより異なる。
【産業上の利用可能性】
【００４２】
本発明により、撮影画像の中に腐食による周囲より暗い部分の残存厚さが算出できることは、他の試験体、減肉位置の確認撮影条件等による制約を受けないことから検査効率の向上となる。
【００４３】
板厚もよくわからない保温材を覆った配管においても、減肉による残存板厚を精度良く算定できることで、配管プラントの稼動中検査を可能にするものである。
【図面の簡単な説明】
【００４４】
【図１】放射線透過撮影方法の説明図

【図２】従来技術の撮影方法の説明図
【図３】輝度値の等高線の説明図
【図４】配管撮影時の放射線散乱の説明図
【図５】画像の輝度値のグラフ
【図６】イメージングプレートの撮影画像
【図７】図６のイメージングプレートの輝度値のグラフ
【図８】図７の輝度値グラフと回帰式１
【図９】配管の透過厚さの説明図
【図１０】４階調試験片の撮影概念図
【図１１】４階調試験片の輝度値のグラフ及び回帰式２
【符号の説明】
【００４５】
２　　イメージングプレート
４　　減肉部
５　　減肉部
６　　減肉部
７　　接線上にある減肉部
８　　接線上にある減肉部
９　　比較用丸棒試験体
イ　　減肉部
ロ　　減肉部
ハ　　減肉部

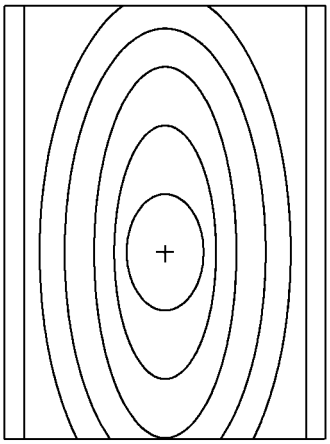
【図１】



【図２】

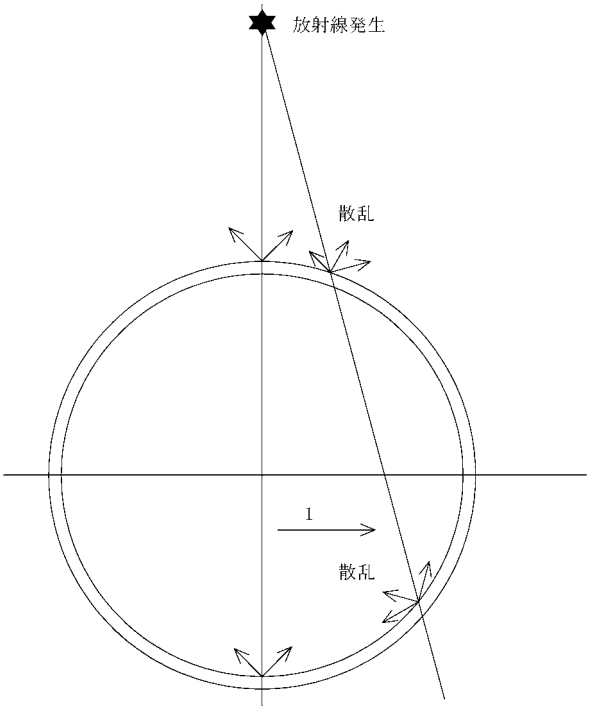


【図３】

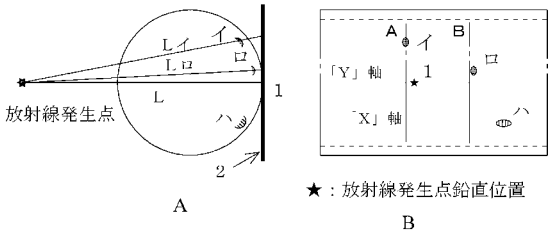


輝度値等高線

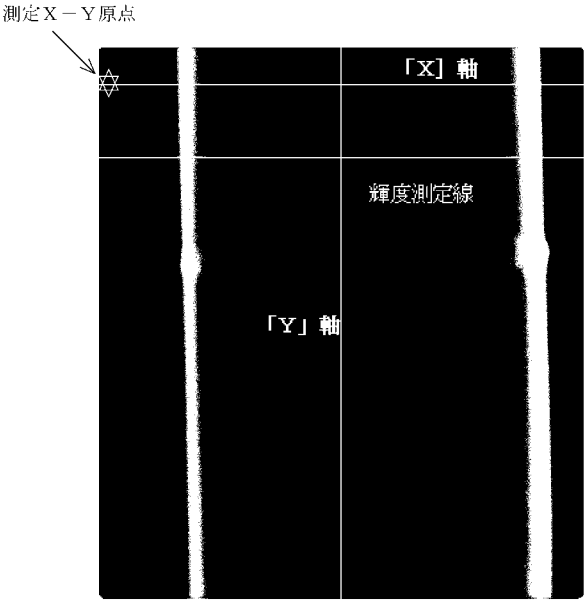
【図４】



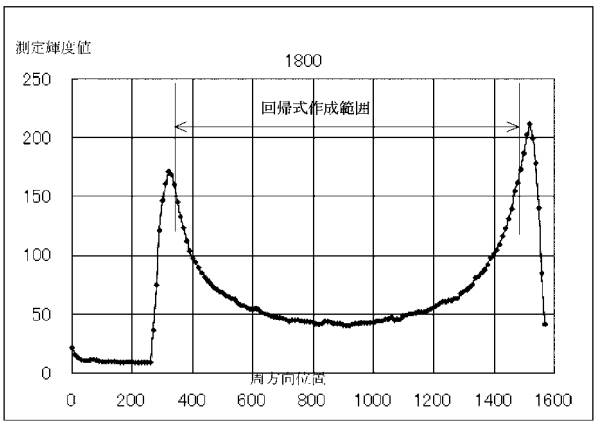
【図５】



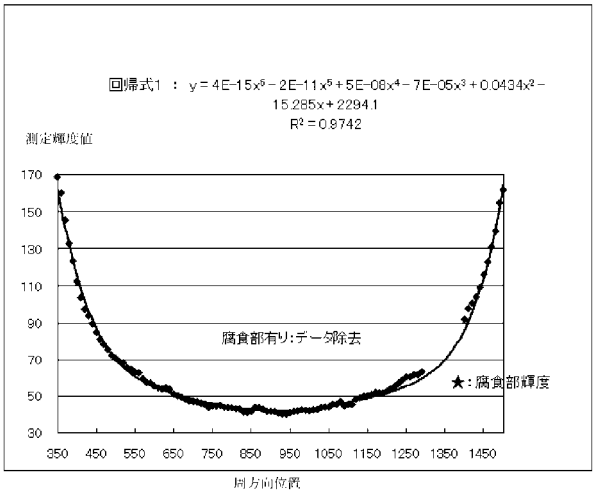
【図６】



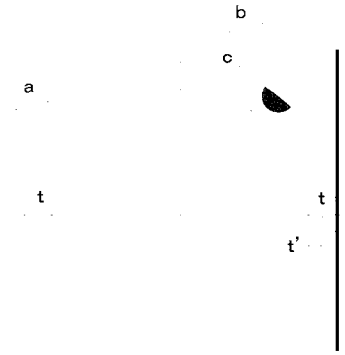
【図７】



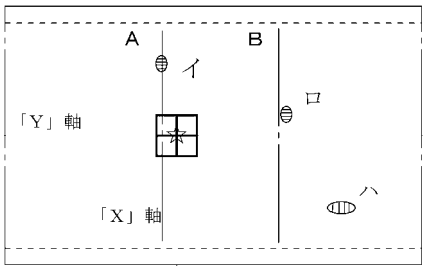
【図８】



【図９】

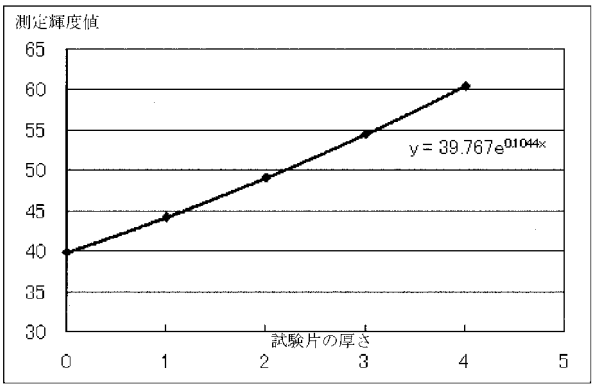


【図１０】



☆：放射線発生点鉛直位置

【図１１】



フロントページの続き

(72)発明者　鈴木　力雄
神奈川県川崎市川崎区浅野町１番４号　日本工業検査株式会社内

審査官　八島　剛

(56)参考文献　特開昭６０－２６０８０７（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２４９６３７（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１０２０３１（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－１２４７０８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｂ１５／００－１５／０８
Ｇ０１Ｎ２３／００－２３／２２７
Ｇ２１Ｃ１７／００－１７／１４