

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12) 公開特許公報 ( A )

(11)特許出願公開番号

特開平10 - 141935

(43)公開日 平成10年(1998) 5月29日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
G01B 15/02

識別記号

F I  
G01B 15/02

A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全10頁)

(21)出願番号 特願平8 - 295159

(22)出願日 平成 8 年(1996)11月 7 日

(71)出願人 000183624  
出光エンジニアリング株式会社  
東京都港区芝五丁目 6 番 1 号  
(71)出願人 595052046  
日本シーレーク株式会社  
広島市安佐南区祇園一丁目20番11 - 8 号  
(72)発明者 古谷 寿雄  
山口県徳山市宮前町 1 番 1 号  
(72)発明者 四辻 美年  
東京都港区芝五丁目 6 番 1 号  
(74)代理人 弁理士 木下 實三 (外 1 名)

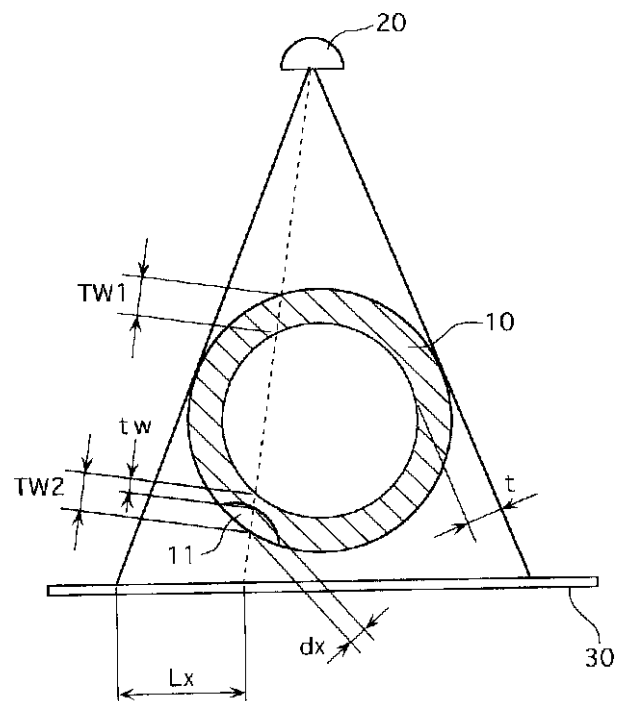
最終頁に続く

(54)【発明の名称】配管の減肉深さ推定方法

(57)【要約】

【課題】 配管の全部位に生じる減肉部の減肉深さを正確に測定することができる配管の減肉深さ推定方法を提供する。

【解決手段】 検査対象配管 1 0 を挟んで、放射線発生装置 2 0 と放射線撮影用感光体 (イメージングプレート) 3 0 を配置し、放射線発生装置 2 0 から X 線を照射して配管の像を撮影し、撮影後の像から配管の健全部、減肉部の相対透過線量を読み取り、次式から減肉深さ  $dx$  を推定する。  $dx = (TTX - ttx) / K$  ただし、 $TTX$  : 健全部透過肉厚、 $ttx$  : 減肉部の推定透過肉厚、 $K = TTX / (2 \cdot t)$  : 肉厚補正率、 $t$  : 配管の肉厚。推定透過肉厚  $ttx$  は、 $TTX$ 、 $TTX$  での相対透過線量、減肉部での相対透過線量、透過肉厚と相対透過線量との回帰直線から求める。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 検査対象配管を挟んで、放射線発生装置および放射線撮影用感光体を配置し、前記放射線発生装置から前記検査対象配管を透して前記感光体に向けて放射線を照射して前記検査対象配管の像を撮影し、撮影後の前記感光体上の像から前記検査対象配管の健全部および減肉部の感光体濃度値を読み取り、これらの感光体濃度値、幾何学的計算により求めた測定位置における健全部透過肉厚、予め求めた透過肉厚と濃度値との関係を表す濃度勾配、前記検査対象配管の肉厚に対する測定位置における健全部透過肉厚の割合から定めた肉厚補正率を基に、前記検査対象配管の減肉部の深さを推定することを特徴とする配管の減肉深さ推定方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の配管の減肉深さ推定方法において、前記検査対象配管の肉厚を  $t$ 、前記測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚を  $TTX$  としたとき、前記肉厚補正率  $K$  を、

$$K = TTX / (2 \cdot t)$$

としたことを特徴とする配管の減肉深さ推定方法。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の配管の減肉深さ推定方法において、前記測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚  $TTX$  での感光体濃度値を  $Dk$ 、前記測定位置  $Lx$  における減肉部での感光体濃度値を  $Dg$ 、前記濃度勾配を  $X$  としたとき、

前記測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚  $TTX$ 、前記測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚  $TTX$  での感光体濃度値  $Dk$ 、前記測定位置  $Lx$  における減肉部での感光体濃度値  $Dg$  および前記濃度勾配  $X$  から、測定位置  $Lx$  における減肉部での推定透過肉厚  $ttx$  を求めたのち、前記検査対象配管の減肉部の深さ  $dx$  を

$$dx = (TTX - ttx) / K$$

から推定することを特徴とする配管の減肉深さ推定方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の配管の減肉深さ推定方法において、一方の軸を透過肉厚  $t$ 、他方の軸を感光体濃度値  $D$  とした方眼紙上に、前記濃度勾配  $X$  をもった回帰直線を描くとともに、前記測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚  $TTX$  とその健全部透過肉厚  $TTX$  での感光体濃度値  $Dk$  とに対応する点をプロットし、この点に前記回帰直線が重なるように回帰直線を平行移動させ、この回帰直線上において前記測定位置  $Lx$  における減肉部の感光体濃度値  $Dg$  に対応する点をプロットし、この点に対応する前記一方の軸の値から前記推定透過肉厚  $ttx$  を求めることを特徴とする配管の減肉深さ推定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、配管の減肉深さ推定方法に係り、詳しくは、放射線を用いて配管の減肉部

の深さを推定する方法に関する。たとえば、石油プラントなどの実機配管の保守検査などに利用できる。

## 【0002】

【背景技術】石油プラントなどは、各種の流体を移送するための配管設備を備えている。これらの配管は、長時間の使用で内部を流れる流体により腐食、壊食などを起こしたり、あるいは、振動などにより亀裂が発生することにより、配管の内側に穴状、クラック状などの種々の形状で局所的な減肉部が生じる。従って、これらの石油プラントなどの実機配管では、その機能面から、あるいは、安全面からもこのような減肉部を見つけるための保守検査が必要とされている。

【0003】近年、このような配管の保守検査については、主に線（イリジウム 192 線源）による放射線透過試験での保守検査が行われている。図 11 は、従来の放射線透過試験による配管の保守検査方法の一例を示している。配管 80 を挟んで、線を放射する線源としての放射線発生装置 81 および放射線撮影用フィルム 82 がそれぞれ配置されている。放射線発生装置 81 から放射された線は、配管 80 を透過してフィルム 82 上に達する。すると、フィルム 82 上には、このときの配管 80 の投影像が得られる。このようにして、撮影されたフィルム 82 上の投影像の状態から配管 80 の減肉深さを推定する。

【0004】すなわち、配管 80 の図中左右両側の端部 83、84 に減肉部 85 が生じている場合には、フィルム 82 上の図中 B の部分に幅 C の減肉部 85 の存在を示す濃淡が現れる。このフィルム 82 上に現れた幅 C の濃淡は、通常、目視で確認できる程度の濃淡であるから、定規などを用いて幅 C を測定することができる。そして、この幅 C の値から、放射線発生装置 81、配管 80、フィルム 82 の配置状況を考慮し、計算により減肉部 85 の減肉深さを推定することができる。

【0005】しかし、このような検査方法では、配管 80 の両側の端部 83、84 に存在する減肉部 85 については減肉深さを推定することができるとしても、配管 80 の中央部 86 に存在する減肉部 87、88 については減肉深さを推定することが困難である。これは、配管 80 の中央部 86 に存在する減肉部 87、88 について、減肉深さを推定しようとする、放射線発生装置 81 およびフィルム 82 の配置位置を変更して撮影する方向を変え、減肉部 87、88 の位置が両側の端部 83、84 の位置にくるようにして再び撮影しなかなければならないから、手間がかかってしまうためである。

【0006】このような課題に対して、本出願人は、先に、減肉部と健全部とのフィルム濃度の差を健全部のフィルム濃度で除した値および配管の肉厚をパラメータとして、配管の減肉率が定まるような減肉率の近似式を予め基準片の測定により求めておき、この減肉率の近似式に測定した健全部と減肉部とのフィルム濃度および配管

の肉厚を代入して減肉率を求め、減肉深さを推定する方法を提案した（特開平 6 - 2 4 9 6 3 7 号公報参照）。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】上記推定方法によれば、配管の両端に存在する減肉部は勿論、配管の中央部に存在する減肉部についても減肉率の近似式を用いて推定することができる。しかし、この推定方法の場合、配管の測定位置での肉厚とその測定位置でのフィルム濃度とが一定の比例関係にあることを前提としているが、実際に測定してみると、実際の肉厚が計算値からずれてしま

い、正確な推定ができないという欠点があることがわかった。

【 0 0 0 8 】たとえば、図 1 1 において、放射線発生装置 8 1 からの放射線を図中左右方向に走査していくと、放射線の透過肉厚は配管 8 0 の中央部 8 6 で最も小さく（配管 8 0 の肉厚の 2 倍）、その中央部 8 6 から両側に向かうに従って次第に大きくなるが、透過肉厚が大きくなるに従って、フィルム濃度から得られる計算値（肉厚）に対して実際に測定した透過肉厚の差が大きく、とくに、透過肉厚が大きな部位において減肉部の減肉深さを正確に推定できないことがわかった。

【 0 0 0 9 】本発明の目的は、このような欠点を解消すべくなされたもので、配管の全部位に生じる減肉部の減肉深さを正確に測定することができる配管の減肉深さ推定方法を提供することにある。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】本発明の配管の減肉深さ推定方法は、検査対象配管を挟んで、放射線発生装置および放射線撮影用感光体を配置し、前記放射線発生装置から前記検査対象配管を透して前記感光体に向けて放射線を照射して前記検査対象配管の像を撮影し、撮影後の前記感光体上の像から前記検査対象配管の健全部および減肉部の感光体濃度値を読み取り、これらの感光体濃度値、幾何学的計算により求めた測定位置における健全部透過肉厚、予め求めた透過肉厚と濃度値との関係を表す濃度勾配、前記検査対象配管の肉厚に対する測定位置における健全部透過肉厚の割合から定めた肉厚補正率を基に前記検査対象配管の減肉部の深さを推定することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】このような構成において、まず、放射線発生装置から放射線を検査対象配管に照射すると、その放射線は、検査対象配管を透過して感光体に達する。これにより、感光体上に検査対象配管の像が得られる。ここで、放射線発生装置としては X 線または  $\gamma$  線を放射する線源、また、放射線撮影用感光体としては、放射線発生装置から放射された放射線エネルギーを蓄積し、熱や光の照射（励起）によって再び蛍光を発する輝尽性蛍光体を高分子材料の支持体上に塗布したイメージングプレートなどが好ましい。イメージングプレートを用いた場合、高感度であるため、放射線照射時間の短縮、管理区

域の縮小、作業効率の向上が図れる。さらに、小型線源での撮影が可能となり、Co など高エネルギー小線源を現場適用することで検査対象範囲の拡大が図れる利点がある。

【 0 0 1 2 】次に、撮影後の感光体上の像から検査対象配管の健全部および減肉部の感光体濃度値を読み取る。たとえば、感光体として、イメージングプレートを用いた場合、イメージングプレートをベルトなどの搬送手段で搬送するとともに、レーザ光走査手段によってレーザ光をイメージングプレート上にかつ搬送方向に対して直交方向に走査し、そのときに発光する輝尽発光光をライトガイドを通じて光電検出器で検出して画像信号を得ることにより行うことができる。

【 0 0 1 3 】次に、読み取った感光体濃度値、幾何学的計算により求めた測定位置における健全部透過肉厚、予め求めた透過肉厚と濃度値との関係を表す濃度勾配、前記検査対象配管の肉厚に対する測定位置における健全部透過肉厚の割合から定めた肉厚補正率を基に、前記検査対象配管の減肉部の深さを推定する。たとえば、測定位置における健全部での感光体濃度値、幾何学的計算により求めた測定位置における健全部透過肉厚、および、予め求めた透過肉厚と濃度値との関係を表す濃度勾配から配管の減肉直線を求めたのち、この減肉直線から減肉部の感光体濃度値に対応する推定透過肉厚を推定する。そして、この推定透過肉厚と測定位置における健全部透過肉厚との差から減肉深さを推定し、この減肉深さを肉厚補正率で補正して検査対象配管の減肉部の深さを推定する。

【 0 0 1 4 】このとき、肉厚補正率として、検査対象配管の肉厚に対する測定位置における健全部透過肉厚の割合から定めた肉厚補正率を用いているから、各測定位置において透過肉厚が変化することによって生じる欠点を解消できる。つまり、透過肉厚が大きくなるに従って、フィルム濃度から得られる計算値（肉厚）に対して実際に測定した肉厚との差が大きくなり、とくに、透過肉厚が大きな部位において減肉部の減肉深さを正確に推定できないという欠点を解消できる。従って、配管の全部位に生じる減肉部の減肉深さを正確に測定することができる。

【 0 0 1 5 】具体的には、次のようにして行うのが好ましい。検査対象配管の測定位置  $Lx$  における健全部および減肉部での感光体濃度値を  $D_k$ 、 $D_g$ 、幾何学的計算により求めた測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚を  $TT_x$ 、予め求めた透過肉厚と濃度値との関係を表す濃度勾配を  $X$  としたとき、前記測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚  $TT_x$ 、前記測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚  $TT_x$  での感光体濃度値  $D_k$ 、前記測定位置  $Lx$  における減肉部の感光体濃度値  $D_g$  および濃度勾配  $X$  から、測定位置  $Lx$  における減肉部での推定透過肉厚  $t_{tx}$  を求める。

【 0 0 1 6 】次に、検査対象配管の減肉部の深さ  $dx$  を

$$dx = (TTX - ttx) / K$$

から推定する。ここで、肉厚補正率  $K$  は、検査対象配管の肉厚を  $t$ 、測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚を  $TTX$  としたとき、

$$K = TTX / (2 \cdot t)$$

で与えられる。従って、測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚  $TTX$  が大きくなるに従って肉厚補正率  $K$  も大きくなるから、透過肉厚が大きな部位において減肉部の減肉深さを正確に推定できないという従来の欠点を解消できる。

【0017】一方、測定位置  $Lx$  における減肉部での推定透過肉厚  $ttx$  を求めるにあたっては、一方の軸を透過肉厚  $t$ 、他方の軸を感光体濃度値  $D$  とした方眼紙上に、前記濃度勾配  $X$  をもった回帰直線を描くとともに、前記測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚  $TTX$  とその健全部透過肉厚  $TTX$  での感光体濃度値  $Dk$  とに対応する点をプロットし、この点に前記回帰直線が重なるように回帰直線を平行移動させ、この回帰直線上において前記測定位置  $Lx$  における減肉部での感光体濃度値  $Dg$  に対応する点をプロットし、この点に対応する前記一方の軸の値から前記推定透過肉厚  $ttx$  を求めるようにしてもよい。このようにすれば、方眼紙上に作図するだけで測定位置における減肉部での推定透過肉厚  $ttx$  を簡単に求めることができる。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図面に基いて説明する。図1は放射線を利用して配管を撮影するときの状態を示している。同図において、検査対象配管10（外径  $d$ ）を挟んで、その一方側には放射線を放射する放射線発生装置20が、他方側（放射線発生装置20の反対側）には放射線撮影用感光体30がそれぞれ配置されている。ここで、放射線発生装置20としてはX線または  $\gamma$  線を放射する線源が、また、放射線撮影用感光体30としては、放射線発生装置20から放射された放射線エネルギーを蓄積し、熱や光の照射（励起）によって再び蛍光を発する輝尽性蛍光体を高分子材料の支持体上に塗布したイメージングプレートが用いられている。

【0019】このような配置において、放射線発生装置20から放射線を放射する。放射線発生装置20から放射された放射線は、検査対象配管10を透過して感光体30に達する。これにより、感光体30には、検査対象配管10の放射線画像が得られる。つまり、感光体30には、検査対象配管10を透過した放射線エネルギーが蓄積される。ここに蓄積された放射線エネルギーは放射線が透過した検査対象配管10の肉厚に対して略反比例の関係にあるため、検査対象配管10の放射線画像、つまり、検査対象配管10を透過した放射線量（感光体上の像の濃度値）を読み取ることにより、検査対象配管10の減肉部の深さを推定することができる。

【0020】そこで、感光体30に蓄積記憶された放射線画像を読み取る。この読み取りは、放射線エネルギーを蓄積した輝尽性蛍光体を励起光で励起して輝尽発光させ、この輝尽発光を光電的に検出することにより行う。たとえば、図2に示す画像読取装置40によって行う。感光体30（高分子材料からなる支持体31上に輝尽性蛍光体32を塗布したもの）をベルトなどの搬送手段41で矢印方向へ搬送するとともに、レーザ光走査手段42によってレーザ光を感光体30上にかつ搬送方向に対して直交方向に走査し、そのときに発光する輝尽発光をライトガイド45を通じて光電検出器（図示省略）で時系列的に検出して画像信号を得ることにより行う。ここで、レーザ光走査手段42は、レーザ源43と、このレーザ源43からのレーザ光を感光体30の搬送方向に対して直交方向に走査する走査ミラー44とを含み構成されている。

【0021】次に、このようにして読み取った画像信号を基に減肉部の深さを推定する方法を説明する。まず、読み取った画像信号を基に減肉部推定の位置を決める。これには、局所的に相対透過線量（濃度値）が高い部分を減肉部推定の位置（測定位置）として決める。続いて、測定位置における相対透過線量のデータを読み取る。この場合、健全部および減肉部での相対透過線量を読み取る。ここで、測定位置における健全部での相対透過線量を  $Dk$ 、推定位置における減肉部での相対透過線量を  $Dg$  とする。

【0022】次に、測定位置において健全部透過肉厚を求める。これには、幾何学的計算により求めることができる。図3に示すように、測定位置  $Lx$  における健全部透過肉厚  $TTX$  は、配管10の上部の健全部透過肉厚  $TW1$  と、配管10の下部の健全部透過肉厚  $TW2$  との和、つまり

$$TTX = TW1 + TW2$$

となる。ここで、各健全部透過肉厚  $TW1$ 、 $TW2$  は、放射線発生装置20と配管10との幾何学的配置により計算で求めることができる。なお、図3において、 $dx$  は減肉部11の深さ、 $t$  は配管10の肉厚である。

【0023】次に、測定位置  $Lx$  における肉厚補正率  $K$  を求める。これは、前記配管10の肉厚を  $t$  としたとき、

$$K = TTX / (2 \cdot t)$$

から求める。

【0024】次に、図4に示すように、横軸（一方の軸）に透過肉厚  $t$  を、縦軸（他方の軸）に感光体濃度値としての相対透過線量  $D$  をとった方眼紙50上に、予め対比試験片の測定によって得られた透過肉厚と相対透過線量（感光体濃度値）との関係を表す濃度勾配  $X$  をもった回帰直線51を描く（実線参照）。これには、図5に示すように、予め、検査対象配管10の肉厚に近似した対比試験片の測定によって透過肉厚  $t$  に対する相対透過



線量 D のデータを収集し、これらのデータを基に濃度勾配 X (  $D / t$  ) をもった回帰直線 5 1 を描く。

【 0 0 2 5 】次に、前記測定位置 L x における健全部透過肉厚 TTX とその健全部透過肉厚 TTX での相対透過線量 D k とに対応する点 P1 をプロットし、この点 P1 に前記回帰直線 5 1 が重なるように回帰直線 5 1 を平行移動させる ( 点線参照 ) 。これにより、対比試験片と配管 1 0 との相対透過線量の違いを補正することができるとともに、散乱光の影響をキャンセルすることができる。

【 0 0 2 6 】次に、この回帰直線 5 1 上において、前記測定位置 L x における減肉部の相対透過線量 D g に対応する点 P2 をプロットし、この点 P2 に対応する横軸の値 ( 透過肉厚 t ) から減肉部での推定透過肉厚 ttx ( 図 3 において、 $ttx = TW1 + tw$  ) を求める。そして、配管 1 0 の減肉部 1 1 の深さ dx を

$$dx = ( TTX - ttx ) / K$$

から推定する。

【 0 0 2 7 】本実施形態によれば、配管 1 0 を挟んで、放射線発生装置 2 0 および放射線撮影用感光体 3 0 を配置し、放射線発生装置 2 0 から放射線を照射して配管 1 0 の像を撮影し、撮影後の感光体 3 0 上の像から配管 1 0 の健全部および減肉部における放射線の相対透過線量 D k , D g を読み取る。また、予め、幾何学的計算により測定位置 L x における健全部透過肉厚 TTX を求めておくとともに、対比試験片の測定によって透過肉厚 t と相対透過線量 D との関係を表す濃度勾配 X を持った回帰直線 5 1 を求めておく。そして、測定位置 L x における健全部透過肉厚 TTX、その健全部透過肉厚 TTX での相対透過線量 D k、測定位置 L x における減肉部の相対透過線量 D g および濃度勾配 X から、測定位置 L x における減肉部での推定透過肉厚 ttx を求めたのち、配管 1 0 の減肉部 1 1 の深さ dx を

$$dx = ( TTX - ttx ) / K$$

から推定する。

【 0 0 2 8 】ここで、K は、配管 1 0 の肉厚 t に対する測定位置における健全部透過肉厚 TTX の割合から定めた肉厚補正率で、

$$K = TTX / ( 2 \cdot t )$$

としたので、測定位置 L x における健全部透過肉厚 TTX が

大きくなるに従って肉厚補正率 K も大きくなるから、透過肉厚が大きな部位において減肉部の減肉深さを正確に推定できないという従来の欠点を解消できる。従って、配管の全部位に生じる減肉部の減肉深さを正確に測定することができる。

【 0 0 2 9 】また、測定位置 L x における減肉部での推定透過肉厚 ttx を求めるにあたっては、横軸に透過肉厚 t を、縦軸に相対透過線量 D をとった方眼紙 5 0 上に、予め求めた回帰直線 5 1 を描くとともに、測定位置 L x における健全部透過肉厚 TTX とその健全部透過肉厚 TTX での相対透過線量 D k とに対応する点 P1 をプロットし、この点 P1 に回帰直線 5 1 が重なるように回帰直線 5 1 を平行移動させ、この回帰直線 5 1 上において測定位置 TTX における減肉部での相対透過線量 D g に対応する点 P2 をプロットし、この点 P2 に対応する横軸の値から減肉部での推定透過肉厚 ttx を求めるようにしたので、方眼紙 5 0 上に作図するだけで測定位置 L x における減肉部での推定透過肉厚 ttx を簡単に求めることができる。

【 0 0 3 0 】また、放射線発生装置 2 0 として X 線または  $\gamma$  線を放射する線源を、また、放射線撮影用感光体 3 0 として、放射線エネルギーを蓄積し、熱や光の照射 ( 励起 ) によって再び蛍光を発する輝尽性蛍光体を高分子材料の支持体上に塗布したイメージングプレートを用いたので、つまり、高感度なイメージングプレートを用いたので、放射線照射時間の短縮、管理区域の縮小、作業能率の向上が図れる。さらに、小型線源での撮影が可能となり、Co など高エネルギー小線源を現場適用することで検査対象範囲の拡大が図れる利点がある。

【 0 0 3 1 】なお、本発明の減肉深さ推定方法の効果を確かめるため、次のような実験を行った。

( 第 1 の実験 ) 第 1 の実験は、図 6 に示すような 3 種の人工傷 d 1 , d 2 , d 3 を形成した呼径 2 B , 3 B , 4 B , 6 B の試験配管 1 0 A ( 人工傷 d 1 , d 2 , d 3 および各試験配管 1 0 A のサイズは表 1 参照 ) を用いて、人工傷 d 1 , d 2 , d 3 の減肉深さ dx を推定した。推定結果を表 1 に示す。

【 0 0 3 2 】

【表 1】

サイズ			欠陥記号	人工傷減肉深さ (mm)	円周に位置する (Lx) (mm)	健全部肉厚 (TTX) (mm)	推定肉厚 (ttx) (mm)	肉厚補正率 (K)	推定減肉深さ (dx) (mm)	精度	
呼径	外径 (d) (mm)	肉厚 (t) (mm)								差 (mm)	率 (%)
2B	60.5	3.9	d1	1.0(0.6)	10.2	11.9	11.2	1.526	0.5	0.1	0
			d2	2.0(2.0)	9.9	12.1	9.4	1.551	1.7	0.3	15
			d3	3.0(3.0)	10.8	11.5	7.6	1.470	2.7	0.3	10
3B	89.1	5.5	d1	1.5(1.7)	13.5	18.1	15.3	1.645	1.7	0.0	0
			d2	3.0(3.2)	11.7	19.9	13.8	1.809	3.4	0.2	6
			d3	4.0(4.2)	15.3	16.8	9.9	1.527	4.5	0.3	7
4B	114.3	6.0	d1	1.5(1.3)	27.0	15.8	13.9	1.317	1.4	0.1	8
			d2	3.0(2.7)	22.5	17.2	13.2	1.433	2.8	0.1	7
			d3	4.5(4.3)	26.1	16.0	10.1	1.333	4.5	0.1	2
6B	165.2	7.1	d1	2.0(1.3)	46.5	17.6	15.4	1.239	1.0	0.3	23
			d2	3.5(3.3)	37.2	19.5	15.4	1.373	3.0	0.3	9
			d3	5.5(5.5)	37.2	19.5	11.5	1.373	5.8	0.3	5

人工傷の深さの ( ) 内の数値はデプスゲージにて実測した値である。

【 0 0 3 3 】 ( 第 2 の実験 ) 第 2 の実験は、配管内を流れる流体の影響を調べた。3 種の人工傷 d 1 , d 2 , d 3 を形成した呼径 2 B , 4 B の試験配管 1 0 B ( 人工傷 d 1 , d 2 , d 3 および各試験配管 1 0 B のサイズは表 2 参照 ) を、図 7 に示すように配置し、かつ、試験配管

1 0 B の内部に流体である水 6 1 を満たし、この状態で人工傷 d 1 , d 2 , d 3 の減肉深さ dx を推定した。推定結果を表 2 に示す。

【 0 0 3 4 】

【 表 2 】

サイズ			欠陥記号	人工傷減肉深さ (mm)	円周に位置する (Lx) (mm)	健全部肉厚 (TTX) (mm)	推定肉厚 (ttx) (mm)	肉厚補正率 (K)	推定減肉深さ (dx) (mm)	精度	
呼径	外径 (d) (mm)	肉厚 (t) (mm)								差 (mm)	率 (%)
2B	60.5 (68.5)	3.9	d1	1.0(0.9)	32.7	7.8	6.4	1.00	1.4	+0.5	56
			d1	1.0(0.7)	9.9	12.2	10.6	1.56	1.0	+0.3	43
			d2	2.0(2.0)	11.7	11.1	8.7	1.42	1.7	-0.3	15
			d3	3.0(3.3)	33.6	7.8	4.0	1.00	3.8	+0.5	15
			d3	3.0(3.1)	12.0	10.9	6.6	1.40	3.1	0.0	0
4B	114.3 (138.3)	6.0	d1	1.5(1.1)	70.3	12.0	10.8	1.00	1.2	+0.1	9
			d1	1.5(1.3)	21.6	17.7	16.3	1.47	1.0	-0.3	23
			d2	3.0(2.7)	21.9	17.5	14.7	1.46	1.9	-0.8	30
			d3	4.5(4.2)	67.0	12.0	7.6	1.00	4.4	+0.2	5

外径の ( ) 内の数値はイメージングプレートに投影された直径である。  
人工傷の深さの ( ) 内の数値はデプスゲージにて実測した値である。

【 0 0 3 5 】 ( 第 3 の実験 ) 第 3 の実験は、配管の外側に施工される保温材の影響を調べた。3 種の人工傷 d 1 , d 2 , d 3 を形成した呼径 2 B , 4 B の試験配管 1 0 C ( 人工傷 d 1 , d 2 , d 3 および各試験配管 1 0 C のサイズは表 3 参照 ) を、図 8 に示すように配置し、かつ、試験配管 1 0 C の外部に保温材 6 2 を施工し、この状態で人工傷 d 1 , d 2 , d 3 の減肉深さ dx を推定した。推定結果を表 3 に示す。

【 0 0 3 6 】

【 表 3 】

サイズ			欠陥記号	人工傷減肉深さ (mm)	円周に位置する (Lx) (mm)	健全部透過肉厚 (TTX) (mm)	推定透過肉厚 (ttx) (mm)	肉厚補正率 (K)	推定減肉深さ (dx) (mm)	精度	
呼径	外径 ( d ) ( mm )	肉厚 ( t ) ( mm )								差 (mm)	率 (%)
2B	60.5 (69.6)	3.9	d1	1.0(0.7)	12.9	10.6	9.5	1.36	0.8	0.1	14
			d2	2.0(2.0)	12.3	10.9	8.4	1.40	1.8	0.2	10
			d3	3.0(3.0)	12.9	10.6	6.5	1.36	3.0	0.0	0
6B	165.2 (214.8)	7.1	d1	2.0(1.3)	57.6	16.3	15.1	1.15	1.1	0.2	15
			d2	3.5(3.3)	34.5	20.4	16.4	1.44	2.8	0.5	15
			d3	5.5(5.5)	36.6	19.8	13.0	1.39	4.9	0.6	11

外径の ( ) 内の数値はイメージングプレートに投影された直径である。  
人工傷の深さの ( ) 内の数値はデプスゲージにて実測した値である。

【 0 0 3 7 】これらの実験結果から明らかなように、第 1 の実験では、人工傷 d 1 , d 2 , d 3 の実測深さ ( デプスゲージで測定した実測値 ) と推定減肉深さ dx との差の最大が 0 . 3 mm であり、精度的にも有効であることが分かる。

【 0 0 3 8 】また、第 2 の実験では、人工傷 d 1 , d 2 , d 3 の実測深さと推定減肉深さ dx との差が、2 B で - 0 . 3 mm ~ + 0 . 5 mm、4 B で - 0 . 8 mm ~ + 0 . 2 mm であった。従って、配管内を流れる流体に影響されることがないから、実際の運転使用中に減肉部の減肉深さを推定することが可能である。また、第 3 の実験では、人工傷 d 1 , d 2 , d 3 の実測深さと推定減肉深さ dx との差が、2 B で 0 ~ + 0 . 2 mm、4 B で + 0 . 2 mm ~ + 0 . 6 mm であった。従って、配管の外側に施工される保温材 6 2 に影響されることがないから、減肉部の推定にあたって、保温材 6 2 の解体、復旧作業が不要となるから、推定作業を能率的に行うことができる。

【 0 0 3 9 】なお、上記実施形態では、回帰直線 5 1 を求めるにあたって、予め、対比試験片の測定によって透過肉厚 t に対する相対透過線量 D のデータを収集し、これらのデータを基に濃度勾配 X ( D / t ) をもった回帰直線 5 1 を描くようにしたが、他の方法で求めてもよい。たとえば、図 9 に示すように、検査対象配管 1 0 と放射線撮影用感光体 3 0 との間に階調計 7 1 を入れ、これによって肉厚の異なる数点 (たとえば、3 点) における相対透過線量を測定し、これらのデータを基に回帰直線 5 1 を描くようにしてもよい。

【 0 0 4 0 】また、上記実施形態では、配管 1 0 を挟んで放射線発生装置 2 0 とは反対側に平板状の放射線撮影用感光体 3 0 を配置したが、検査対象配管 1 0 が大口径管の場合には、図 1 0 に示すように、放射線撮影用感光体 3 0 を配管 1 0 の外周面に沿って弧状に湾曲させた状態で配置するようにしてもよい。

【 0 0 4 1 】また、上記実施形態では、放射線撮影用感光体 3 0 としてイメージングプレートを用いたが、これに限らず、従来と同様に、放射線撮影用感光体 3 0 として放射線撮影用のフィルムを用いるようにしてもよい。

#### 【 0 0 4 2 】

【発明の効果】本発明の配管の減肉深さ推定方法によれば、検査対象配管を挟んで、放射線発生装置および放射線撮影用感光体を配置し、放射線発生装置から放射線を照射して検査対象配管の像を撮影し、撮影後の感光体上の像から検査対象配管の健全部および減肉部の感光体濃度値を読み取り、これらの感光体濃度値、幾何学的計算により求めた測定位置における健全部透過肉厚、予め求めた透過肉厚と濃度値との関係を表す濃度勾配、検査対象配管の肉厚に対する測定位置における健全部透過肉厚の割合から定めた肉厚補正率を基に、検査対象配管の減肉部の深さを推定するようにしたので、配管の全部位に生じる減肉部の減肉深さを正確に推定することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の推定方法を適用した実施形態における撮影状態を示す配置図である。

【図 2】同上実施形態における画像読取装置を示す斜視図である。

【図 3】同上実施形態における健全部透過肉厚、減肉部を示す図である。

【図 4】同上実施形態において推定透過肉厚を求める手順を示す図である。

【図 5】同上実施形態において回帰直線を求めるための図である。

【図 6】同上実施形態において、第 1 の実験で用いる人工傷を付けた試験配管を示す図である。

【図 7】同上実施形態において、第 2 の実験を行う状態を示す図である。

【図 8】同上実施形態において、第 3 の実験を行う状態を示す図である。

【図 9】本発明の他の実施形態において、回帰直線を求める他の方法を示す図である。

【図 1 0】本発明の他の実施形態において、放射線撮影用感光体の配置状態を示す図である。

【図 1 1】従来の放射線透過試験を示す図である。

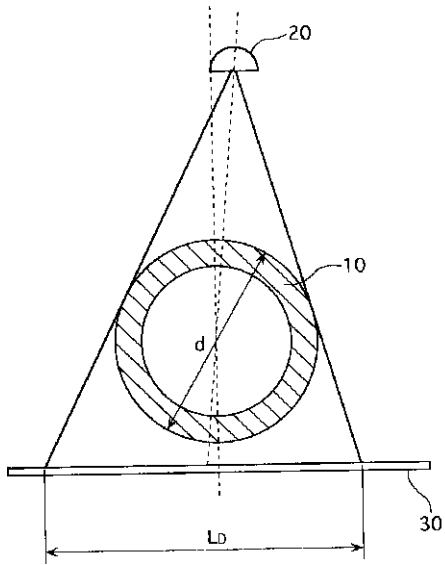
#### 【符号の説明】

1 0 検査対象配管

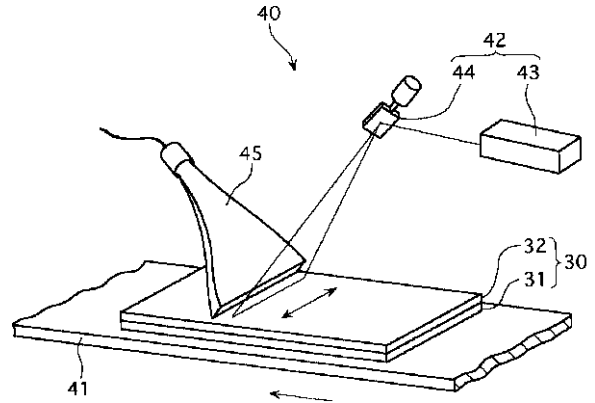
- 20 放射線発生装置  
30 放射線撮影用感光体

- 50 方眼紙  
51 回歸直線

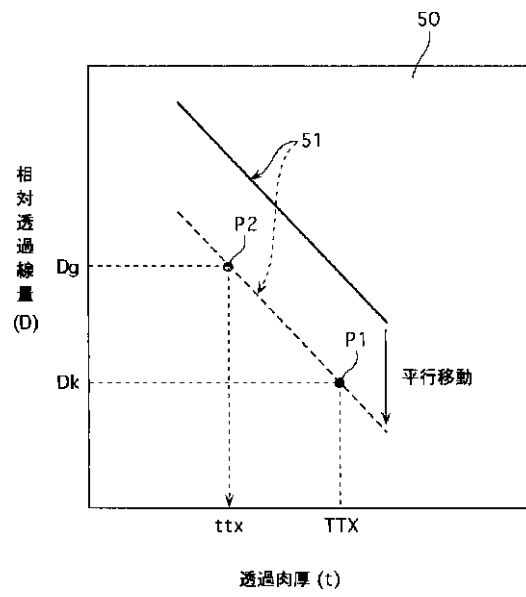
【図 1】



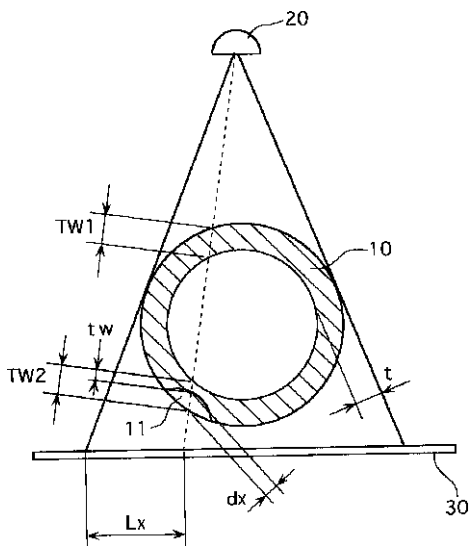
【図 2】



【図 4】

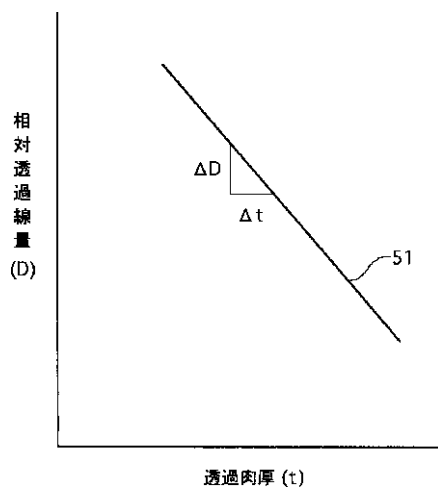


【図 3】

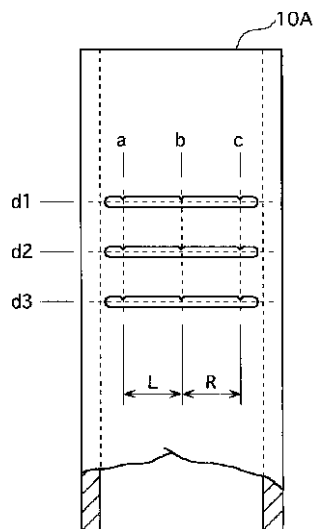




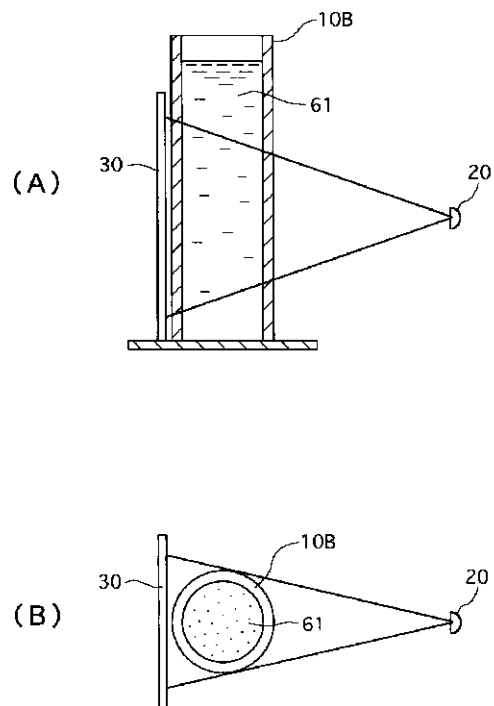
【図 5】



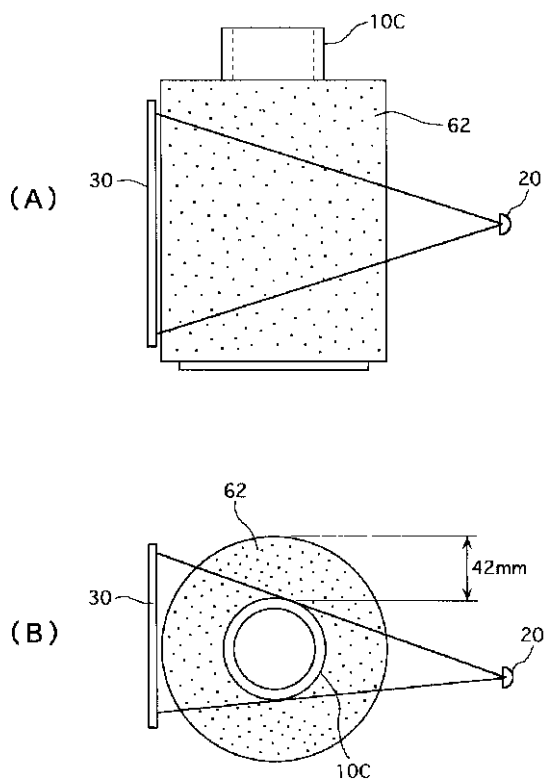
【図 6】



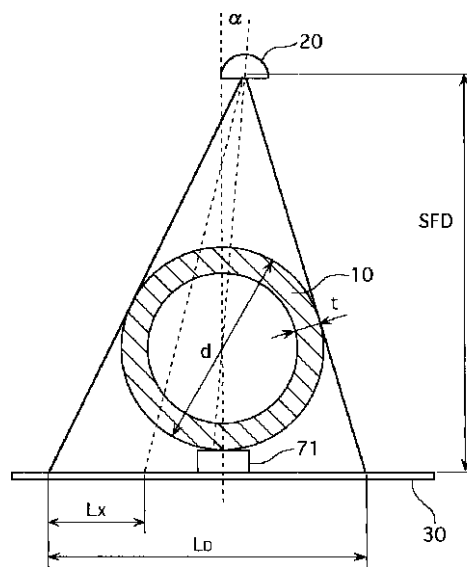
【図 7】



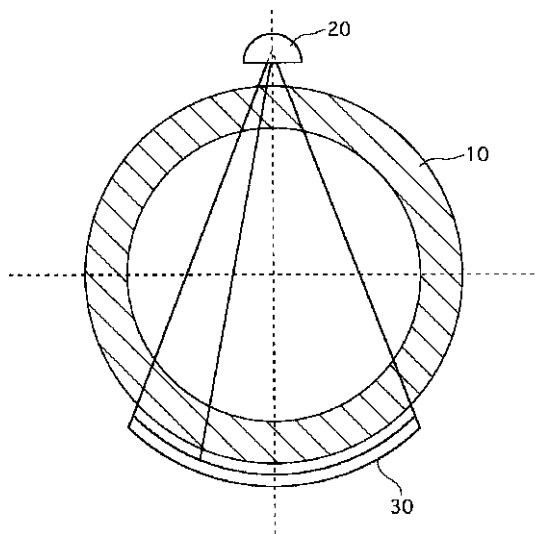
【図 8】



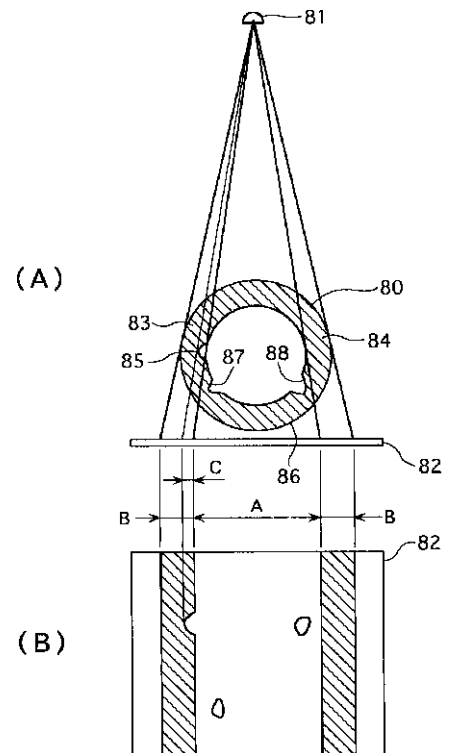
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 福馬 正三  
 広島県広島市安佐南区祇園一丁目20番11 -  
 8 号

(72)発明者 舛行 礼三  
 広島県広島市安佐南区祇園一丁目20番11 -  
 8 号