

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

部品又は製品からなる被測定物を挟んで配置される線源部及び放射線検出部を備え、前記線源部から照射されて被測定物を透過した放射線の前記計数値を前記放射線検出部で検出する検査システムであって、

前記放射線検出部が検出した検出データに基づいて被測定物の放射線投影画像となる実測画像を生成する実測画像生成部と、

被測定物の三次元設計データと、被測定物の放射線透過に関する関連データとに基づいて生成された前記実測画像に対する予測画像を蓄積する予測画像蓄積部と、

前記実測画像と前記予測画像との差分を求める比較部と、

10

前記比較部で求めた差分と所定の閾値との比較に基づき、被測定物の良否を判定する判定データを作成する良否判定部とを備えていることを特徴とする検査システム。

**【請求項 2】**

部品又は製品からなる被測定物を挟んで配置される線源部及び放射線検出部を備え、前記線源部から照射されて被測定物を透過した放射線の前記計数値を前記放射線検出部で検出する検査システムであって、

前記放射線検出部が検出した検出データに基づいて被測定物の放射線投影画像となる実測画像を生成する実測画像生成部と、

被測定物の三次元設計データと、被測定物の放射線透過に関する関連データとに基づいて生成された前記実測画像に対する予測画像を蓄積する予測画像蓄積部と、

20

前記実測画像と前記予測画像との差分を求める比較部と、

前記比較部で求めた差分と所定の閾値との比較に基づいて被測定物で減肉した部分を減肉部として特定し、該減肉部にそれ以外の部分とは異なる強調表示を施した被測定物の強調表示画像を生成する画像処理部とを備えていることを特徴とする検査システム。

**【請求項 3】**

前記画像処理部で生成された前記強調表示画像が出力される良否判定部を備え、

前記良否判定部は、前記強調表示画像における強調表示の有無を判定し、該判定に基づいて被測定物の良否を判定する判定データを作成することを特徴とする請求項 2 に記載の検査システム。

**【請求項 4】**

30

被測定物の三次元設計データと、被測定物の放射線透過に関する関連データとに基づいて前記予測画像を生成する予測画像生成部を更に備えていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の検査システム。

**【請求項 5】**

前記予測画像及び前記実測画像は、その投影方向の被測定物の厚みに応じてコントラスト値が変化し、

前記比較部では、前記予測画像及び前記実測画像における各領域のコントラスト値の差分を求めることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の検査システム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

40

**【0001】**

本発明は、放射線を用いて被測定部の内部欠陥を検査する検査システムに関する。

**【背景技術】****【0002】**

各種の装置や構造物に用いられる部品や製品は、種々の機械加工や成形等を行うことによって製造される。製造された部品にあっては、鑄造品における鑄巣等のように厚み内に空洞ができる内部欠陥が発生する場合がある。かかる内部欠陥が発生すると、強度等の機械性能が低下する、という問題がある。そこで、部品の検査としては、部品に照射して透過された X 線を検出して部品の X 線画像を生成し、外部からは見えない厚み内の空洞を確認する方法が知られている（特許文献 1 参照）。特許文献 1 においては、X 線 CT によっ

50

て鑄造品内部の空洞が形成された領域を表示する画像データを作成している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開平 7 - 1 2 7 5 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

ところが、特許文献 1 では、空洞を確認するためにディスプレイ等に表示された画像を検査員が目視にて確認する必要がある。このため、検査する部品が多量になったり、空洞の形成領域が小さくなったりすると、確認作業が長時間化する上、検査員に多大な労力や負担が強いられる、という問題がある。

【 0 0 0 5 】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、被測定物の厚み内の空洞や厚みの減肉の検査に要する負担を軽減でき、検査時間の短縮化を図ることができる検査システムの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明の検査システムは、部品又は製品からなる被測定物を挟んで配置される線源部及び放射線検出部を備え、前記線源部から照射されて被測定物を透過した放射線の前記計数値を前記放射線検出部で検出する検査システムであって、前記放射線検出部が検出した検出データに基づいて被測定物の放射線投影画像となる実測画像を生成する実測画像生成部と、被測定物の三次元設計データと、被測定物の放射線透過に関する関連データとに基づいて生成された前記実測画像に対する予測画像を蓄積する予測画像蓄積部と、前記実測画像と前記予測画像との差分を求める比較部と、前記比較部で求めた差分と所定の閾値との比較に基づき、被測定物の良否を判定する判定データを作成する良否判定部とを備えていることを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

この構成によれば、被測定物の三次元設計データ及び関連データから生成される予測画像と、被測定物の放射線投影画像となる実測画像との比較によって被測定物における厚み内の空洞や減肉した部分の存在を判定することができる。これにより、検査員による確認作業を省略して従来のような労力や負担をなくすことができ、空洞や減肉の有無を判定する時間を短縮することができる。

【 0 0 0 8 】

また、本発明の検査システムは、部品又は製品からなる被測定物を挟んで配置される線源部及び放射線検出部を備え、前記線源部から照射されて被測定物を透過した放射線の前記計数値を前記放射線検出部で検出する検査システムであって、前記放射線検出部が検出した検出データに基づいて被測定物の放射線投影画像となる実測画像を生成する実測画像生成部と、被測定物の三次元設計データと、被測定物の放射線透過に関する関連データとに基づいて生成された前記実測画像に対する予測画像を蓄積する予測画像蓄積部と、前記実測画像と前記予測画像との差分を求める比較部と、前記比較部で求めた差分と所定の閾値との比較に基づいて被測定物で減肉した部分を減肉部として特定し、該減肉部にそれ以外の部分とは異なる強調表示を施した被測定物の強調表示画像を生成する画像処理部とを備えていることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

この構成によれば、比較部で求めた差分に基づいて減肉部に強調表示を施した強調表示画像を生成するので、空洞等の減肉部が形成された部分を視認し易くすることができる。これにより、減肉部の形成が小さかったり被測定物が多くなったりしても、減肉部を確認する作業の容易化を図ることができ、確認に要する時間を短くすることができる。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 0 】

本発明によれば、被測定物の厚み内の空洞や厚みの減肉の検査に要する負担を軽減でき、検査時間の短縮化を図ることができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 実施の形態に係る検査システムの概略構成図である。

【 図 2 】 実施の形態に係る検査システムのシステム構成図である。

【 図 3 】 実施の形態に係る分析装置の機能ブロック図である。

【 図 4 】 図 4 A は被測定物の投影図、図 4 B は被測定物の平面図、図 4 C は被測定物の正面図である。

10

【 図 5 】 被測定物の強調表示画像の一例を示す説明図である。

【 図 6 】 変形例に係る検査システムの設置例を示す図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 2 】

以下、本実施の形態について添付図面を参照して詳細に説明する。以下の説明では、検査システムの実施の形態として、製造ラインの中途等に適用される放射線検査装置について説明するが、これに限られず、他の設備に組み込まれたり、単独で利用される場合にも同様に適用可能である。

## 【 0 0 1 3 】

図 1 は、実施の形態に係る放射線検査装置の概略構成図である。図 1 に示すように、放射線検査装置 1 0 は、線源部 1 1 及び放射線検出部 1 2 を備えて構成されている。線源部 1 1 は、放射線検出部 1 2 より上方に離れた位置に配置され、それらの間に被測定物 W が通過する空間が形成される。言い換えると、線源部 1 1 及び放射線検出部 1 2 は被測定物 W を挟んで対向配置される。ここで、被測定物 W は、C A D データや設計情報に基づいて製造、製作された部品又は製品であり、単一の材質で形成される部品又は製品や、それらを複数組み合わせた部品又は製品としてもよい。

20

## 【 0 0 1 4 】

線源部 1 1 は X 線源を備え、X 線源としては、予熱が不要で小型軽量化が容易な高効率型のカーボンナノ構造体式 X 線発生管を利用することができる。線源部 1 1 では、X 線源からの X 線（放射線）が下方に位置する被測定物 W に向かって放射される。

30

## 【 0 0 1 5 】

放射線検出部 1 2 は、線源部 1 1 から放射される X 線を検出する検出器によって構成される。検出器としては、C s I 検出器や N a I 検出器等が例示される。放射線検出部 1 2 は、線源部 1 1 から放射されて被測定物 W を透過した X 線が入射され、この入射された X 線を計数した計数値を測定して検出データとして出力する。なお、放射線検出部 1 2 は、計数値を線量に変換した線量値を出力するようにしてもよい。また、放射線検出部 1 2 の他の例として、有機フィルム上の片面に X 線画像を蓄積記録できる輝尽性蛍光体を塗布したプレートで構成してもよい。この構成では、X 線を照射すると、蛍光体にエネルギーが蓄積され、放射線の吸収量に応じて蛍光体が発光する。そして、X 線照射後にレーザー光でプレートをスキャンして X 線投影画像を読み取る。

40

## 【 0 0 1 6 】

線源部 1 1 は、下方を開放する上部遮蔽体 1 3 の内部に設けられ、放射線検出部 1 2 は、上方を開放する下部遮蔽体 1 4 の内部に設けられる。上部遮蔽体 1 3 及び下部遮蔽体 1 4 は、放射線を透過させない材料、例えば鉛によって又は鉛を含んで形成されており、線源から放射される X 線が上部遮蔽体 1 3 と下部遮蔽体 1 4 との間以外に放射することが規制される。また、上部遮蔽体 1 3 及び下部遮蔽体 1 4 は、放射線検査装置 1 0 の外形を構成して X 線カバーとしても機能する筐体 1 5 内に配置されている。

## 【 0 0 1 7 】

放射線検査装置 1 0 は、筐体 1 5 の内外で被測定物 W を搬送する搬送装置 1 8 を更に備えている。搬送装置 1 8 は、筐体 1 5 の外部から線源部 1 1 及び放射線検出部 1 2 の間に

50

被測定物Wを搬送する搬入コンベア18aと、測定を終えた被測定物Wを筐体15の内部から外部へ搬送する搬出コンベア18bとを備えている。

【 0 0 1 8 】

図2は、実施の形態に係る放射線検査装置のシステム構成図である。図2に示すように、放射線検査装置10は、線源部11及び放射線検出部12を含む測定装置20と、搬送装置18の各コンベア18a、18bを駆動するモータ等の駆動装置21とを備えている。また、放射線検査装置10は、放射線検出部12と信号ケーブル又は近距離無線通信を介して接続される分析装置22と、各装置20～22を制御する制御装置23とを更に備えている。分析装置22は、通信媒体(LAN及び又はWAN)25を経由して管理センタ装置26に接続されてもよい。制御装置23は、被測定物WのX線検査の制御に必要な各種処理を実行するプロセッサや、ROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)などの記憶媒体を含むプログラマブルコントローラ(PLC)により構成される。管理センタ装置26は、被測定物Wに関する各種情報、データを管理するデータベースを備える。

10

【 0 0 1 9 】

図3は、実施の形態に係る分析装置の機能ブロック図である。図3に示すように、分析装置22は、実測画像生成部31と、予測画像生成部32と、予測画像蓄積部33と、比較部34と、良否判定部35と、画像処理部36とを備えている。

【 0 0 2 0 】

実測画像生成部31は、放射線検出部12から出力された計数値(X線の透過量)の検出データを入力として処理し、被測定物のX線投影画像を実測画像として生成する。X線投影画像は、X線透過画像とも呼ばれる。X線投影画像は、例えばモノクロ画像とされ、X線の透過量が多くなる程、黒色に近い色となり、透過量が少なくなる程、白色に近い色の濃度となる画像とされる。実測画像生成部31は、生成したX線投影画像を実測画像として比較部34に出力する。なお、放射線検出部12において、上述したX線投影画像を生成する機能を有するものであれば、放射線検出部12から比較部34に実測画像を出力するようにし、分析装置22において実測画像生成部31を省略した構成としてもよい。

20

【 0 0 2 1 】

予測画像生成部32は、まず管理センタ装置26から送信された三次元CADデータ(三次元設計データ)及び関連データが入力される。ここで、三次元CADデータは、例えば、CADソフトウェアにて所定のファイルフォーマットで作成された三次元形状のベクトルデータとされる。また、関連データは、被測定物の放射線透過に関するデータであり、測定装置20(図2参照)に関するデータと、被測定物に関するデータとを含む。測定装置20に関するデータは、線源部11(図2参照)の線種、放射線(X線)の強さ、コリメータ、放射線検出部12、線源部11と放射線検出部12との距離等が含まれるとよい。被測定物に関するデータは、被測定物の材質、密度等が含まれるとよい。なお、被測定物の形状が特定できるものであれば、三次元CADデータに替えて各種の寸法情報からなる三次元設計データとしてもよい。

30

【 0 0 2 2 】

予測画像生成部32は、例えば、測定装置20で測定される被測定部と同じ投影方向とした三次元画像をワイヤフレームにて生成する。そして、かかる投影方向でのワイヤフレームの全領域について所定の画素毎に厚さxを演算する。演算された厚さxと、関連データとから、下記式1に基づき測定装置20で測定されるX線の予測値を画素等の所定範囲毎に演算する。なお、線吸収係数 $\mu$ と密度との関係は下記式2のとおりである。

40

【 0 0 2 3 】

【数 1】

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad \dots (式 1)$$

I : 物体を透過した後の放射線の強さ

I<sub>0</sub> : 物体に入射する前の放射線の強さ

x : 物体の厚さ

μ : 線吸収係数

$$\mu = \mu_m * \rho \quad \dots (式 2)$$

μ<sub>m</sub> : 質量吸収係数

ρ : 密度

【 0 0 2 4 】

このように求めた予測値とワイヤーフレームとに基づいて被測定物の予測画像が生成される。予測画像を実測画像に近付けるべくモノクロ画像とする場合、予測値をコントラスト値に変換する演算を行い、ワイヤーフレームの対応画素部分にコントラスト値に応じた濃度で表す。従って、例えば被測定物が均質な物体である場合には、X線の照射方向となる投影方向での厚みに応じてコントラスト値が変化し、厚みが小さくなる程、黒色に近い色となり、厚みが大きくなる程、白色に近い色の画像となる。予測画像生成部 32 は、生成した予測画像を予測画像蓄積部 33 に出力する。

20

【 0 0 2 5 】

予測画像蓄積部 33 は、予測画像生成部 32 から出力された予測画像を記憶して蓄積する。また、予測画像蓄積部 33 は、搬送装置 18 の ID センサ 18a を通じて被測定物の識別情報を取得する。ID センサ 18a としてはバーコードリーダ等が例示できる。予測画像にはそれぞれ識別情報が関連付けられ、予測画像蓄積部 33 では、蓄積された予測画像から取得した識別情報と同一の識別情報を有する予測画像を検索し、該当した予測画像を比較部 34 に出力する。

【 0 0 2 6 】

比較部 34 では、予測画像蓄積部 33 から出力された予測画像と、実測画像生成部 31 から出力された実測画像とを比較し、それらの差分を求める。例を挙げると、予測画像と実測画像とで対応する画素のコントラスト値をそれぞれ比較し、画素毎にコントラスト値の差分を求める。比較部 34 は、求めた差分を良否判定部 35 及び画像処理部 36 に出力する。

30

【 0 0 2 7 】

良否判定部 35 は、比較部 34 で求めた差分を所定の閾値と比較する。そして、その比較結果に基づき、被測定物の良否を判定して判定データを作成する。例えば、三次元 CAD データの厚みより被測定物の厚みが減少する程、実測画像と予測画像とのコントラスト値の差分（絶対値）が大きくなり、この差分が許容値となる閾値よりも大きくなる場合には、「否（NG）」とする判定データを作成する。一方、差分が閾値よりも小さくなる場合には、「良（OK）」とする判定データを作成する。良否判定部 35 は、作成した判定データを制御装置 23 に出力する。

40

【 0 0 2 8 】

制御装置 23 は、良否判定部 35 から出力された判定データに応じて振分機構 18b を制御する制御信号を送出する。振分機構 18b は、搬送装置 18 によって搬送される被測定物の搬出先を振り分ける機構を備え、例えば不良品が収容されるカセットと、良品が収容されるカセットとに振り分ける。従って、制御装置 23 からの制御信号に応じて被測定物の搬送先を変更可能となる。

【 0 0 2 9 】

制御装置 23 は、良否判定部 35 から出力された判定データに応じて報知装置 40 を制御する制御信号を送出する。報知装置 40 は、例えば制御信号に応じてランプを点灯した

50



り警報等を発したりする。

【 0 0 3 0 】

画像処理部 3 6 は、例えば、比較部 3 4 で求めた予測画像と実測画像とにおける画素毎のコントラスト値の差分について、許容値となる閾値と比較する。そのコントラスト値の差分（絶対値）が閾値よりも大きい画素では、X 線の透過量が多くなっているので、被測定物にて表面に凹みや厚み内に空洞（以下、「減肉部」とする）があるものの判定し、その画素を減肉部として特定する。そして、実測画像又は予測画像に対して減肉部とした画素に、それ以外の画素とは異なる強調表示を施した被測定物の強調表示画像を生成する処理を行う。強調表示は、減肉部以外の部分と差別化して認識できる表示であれば特に限定されるものでないが、例えば無彩色（モノクロ）となる実測画像や予測画像に対して減肉部だけに赤や緑等の有彩色を施したり、模様や点滅表示としたりしてもよい。なお、差分が閾値よりも大きい画素がない場合には、強調表示がない強調表示画像が生成される。画像処理部 3 6 は、生成した強調表示画像をディスプレイ 4 1 に出力し、ディスプレイ 4 1 には検査員が目視にて確認できるように強調表示画像が表示される。

10

【 0 0 3 1 】

画像処理部 3 6 は、生成した強調表示画像を良否判定部 3 5 にも出力してもよい。良否判定部 3 5 は、強調表示画像における強調表示の有無を判定し、強調表示がある場合には、「否」とする判定データを作成し、強調表示がない場合には、「良」とする判定データを作成する。良否判定部 3 5 は、かかる判定データを制御装置 2 3 に出力するが、この判定データと、比較部 3 4 で求めた差分と閾値との比較に基づく判定データとの両方を出力してもよいし、何れか一方を出力するようにしてもよい。

20

【 0 0 3 2 】

良否判定部 3 5 は、作成した判定データを管理センタ装置 2 6 に送信し、画像処理部 3 6 は、生成した強調表示画像を管理センタ装置 2 6 に送信する。管理センタ装置 2 6 では、三次元 C A D データに関連付けて送信された判定データ及び強調表示画像が記憶される。管理センタ装置 2 6 では、記憶されたデータや画像に基づき、減肉部が形成される領域や減肉部が発生する被測定物の傾向等について分析を行えるようになる。

【 0 0 3 3 】

次いで、本実施の形態に係る放射線検査装置を用いた被測定物の検査方法について説明する。

30

【 0 0 3 4 】

図 1 に示すように、線源部 1 1 と放射線検出部 1 2 との間に被測定物 W が搬送されると、線源部 1 1 から被測定物 W に向かって X 線が照射され、放射線検出部 1 2 では被測定物 W を透過した X 線が入射されて検出される。放射線検出部 1 2 で検出した X 線は、被測定物 W を透過することで減衰し、X 線の照射方向における被測定物 W の厚みによって減衰量が増加する。つまり、被測定物 W の厚みが大きくなる程、X 線の減衰量が増加し、検出される放射線の計数値が減少することとなる。

【 0 0 3 5 】

図 3 に示すように、放射線検出部 1 2 における計数値の検出データは実測画像生成部 3 1 に出力され、実測画像生成部 3 1 にて計数値に基づく X 線投影画像が実測画像として生成される。そして、生成された実測画像が比較部 3 4 に出力される。

40

【 0 0 3 6 】

一方、被測定物の X 線検出に先立って、予測画像生成部 3 2 では、管理センタ装置 2 6 から送信された三次元 C A D データに基づき被測定物 W の投影方向の厚さが演算される。また、被測定物 W や測定装置 2 0（図 2 参照）に関する関連データに基づき、放射線検出部 1 2 で検出する計数値の理論値が演算される。これらの演算結果に基づき、疑似的な X 線投影画像となる予測画像が生成される。生成された予測画像は予測画像蓄積部 3 3 に出力される。

【 0 0 3 7 】

予測画像蓄積部 3 3 では、複数の被測定物 W に関する予測画像を識別情報と関連付けて

50

データベース化した状態で蓄積される。放射線検出部 1 2 における検出の前又は後において、被測定物 W の識別番号が取得されると、蓄積された予測画像から取得した識別情報と同一の識別情報を有する予測画像が検索され、該当した予測画像が比較部 3 4 に出力される。

#### 【 0 0 3 8 】

比較部 3 4 では、実測画像と予測画像との差分を求め、求めた差分が良否判定部 3 5 及び画像処理部 3 6 に出力される。良否判定部 3 5 では、比較部 3 4 で求めた差分が許容値となる閾値と比較され、差分（絶対値）が閾値よりも大きくなる場合は「否」、小さくなる場合は「良」とする判定データが作成される。画像処理部 3 6 では、予測画像と実測画像とで所定範囲毎の計数値に基づく表れ方（例えばコントラスト値）の差分が許容値となる閾値と比較される。差分（絶対値）が閾値よりも大きくなる範囲は、被測定物で減肉した部分となる減肉部として特定され、それ以外の範囲とは異なる強調表示を実測画像又は予測画像に施した強調表示画像が生成される。

10

#### 【 0 0 3 9 】

ここで、強調表示画像が生成される処理の一例について以下に説明する。図 4 は、被測定物の一例を示す図であり、図 4 A は被測定物の投影図、図 4 B は被測定物の平面図、図 4 C は被測定物の正面図である。

#### 【 0 0 4 0 】

例えば、被測定物 W が図 4 に示す形状に形成され、同図中符号 S で示す部分において厚み内に減肉部 S が形成されたものと仮定する。この場合、予測画像としては、減肉部 S が存在しない疑似的な被測定物 W の X 線投影画像が生成される。つまり、予測画像として、被測定物 W の全ての領域において、投影方向の厚みに対応する X 線の透過量（コントラスト値）の理論値によって X 線投影画像が生成される。これに対し、実測画像では、投影方向の厚みに対応する X 線の透過量（コントラスト値）の実測値によって X 線投影画像が生成される。従って、実測画像では減肉部 S の形成部分において予測画像より X 線の透過量が多くなり、減肉部 S の形成部分が濃色となる。

20

#### 【 0 0 4 1 】

図 5 は、被測定物の強調表示画像の一例を示す説明図である。強調表示画像では、図 5 に示すように減肉部 S が形成された部分について、他の部分と見分けが付くように強調表示 E が施される。図 5 では、一例として強調表示 E を黒塗りとし、それ以外の部分を紙面と同色として輪郭だけを表した場合を図示しているが、強調表示 E が視認し易いものであれば、特に限定されるものでない。

30

#### 【 0 0 4 2 】

図 3 に戻り、生成された強調表示画像はディスプレイ 4 1 に出力されて表示される。なお、強調表示画像は画像処理部 3 6 から良否判定部 3 5 に出力されるようにしてもよい。この場合、強調表示画像における強調表示の有無によって良否判定がなされ、強調表示がある場合は「否」、ない場合は「良」とする判定データが作成される。

#### 【 0 0 4 3 】

良否判定部 3 5 で作成された判定データは制御装置 2 3 に出力され、制御装置 2 3 では、判定データに応じて振分機構 1 8 b を制御する制御信号が送出される。従って、振分機構 1 8 b では、「良」とする判定データと、「否」とする判定データとで被測定物 W の搬送ルートが変更される。

40

#### 【 0 0 4 4 】

このような実施の形態によれば、被測定物 W の予測画像と実測画像とを比較し、減肉部 S の存在に応じて被測定物 W の良否を判定するので、検査員による判定のための労力や負担をなくすることができる。また、検査員による目視判定に比べ、判定に要する時間を大幅に短縮することができ、被測定物 W が品質や機能を設計通りに備えているか否かの検査を効率良く行うことができる。

#### 【 0 0 4 5 】

更に、減肉部 S に強調表示 E を施した強調表示画像を生成するので、被測定物 W が多量

50



になったり、減肉部 S の形成領域が小さくなったりしても、減肉部 S を見易い状態として減肉部 S の位置特定や分析作業等の容易化を図ることができる。

【 0 0 4 6 】

本発明は上記実施の形態に限定されず種々変更して実施することが可能である。また、上記実施の形態で説明した数値、寸法、材質、方向については特に制限はない。その他、本発明の目的の範囲を逸脱しない限りにおいて適宜変更することが可能である。

【 0 0 4 7 】

線源部 1 1 及び放射線検出部 1 2 の設置構造は、被測定物 W を挟んで設置される限りにおいて種々の変更が可能であり、例えば、図 6 に示すように設置してもよい。図 6 は、変形例に係る放射線検査装置の設置例を示す図である。図 6 に示すように、本変形例では、被測定物が配管 P となり、配管 P を挟んで線源部 1 1 及び放射線検出部 1 2 が対向配置される。配管 P は、特に限定されるものでなく、地中に埋設されたものでもよいし、プラント等の施設内に設置されたものでよい。

【 0 0 4 8 】

配管 P の X 線検査を行う場合、線源部 1 1 の X 線照射面を配管 P の検査対象部位に向け、配管 P の検査対象部位を挟んで放射線検出部 1 2 を配置する。線源部 1 1 及び放射線検出部 1 2 は、分析装置や制御装置（図示省略）と信号ケーブル又は近距離無線通信を介して接続される。

【 0 0 4 9 】

本変形例において、三次元設計データは、配管 P の寸法や厚み、材質を含み、配管 P に外装材が被覆される場合には、その厚みや材質等も含むものであり、この三次元設計データに基づいて予測画像が生成される。本変形例によれば、配管 P の内周面での腐食や劣化等による減肉部を強調表示させた強調表示画像を生成することができる。生成した強調表示画像は、放射線検出部 1 2 に一体化された通信部（不図示）によって無線通信を介して携帯端末のディスプレイに表示させることができる。また、このような強調表示画像を管理センタ装置 2 6 で蓄積してデータベース化することで、腐食や劣化に関する分析を行うことができ、保守の円滑化を実現することができる。

【 0 0 5 0 】

また、図 6 の変形例の線源部 1 1 及び放射線検出部 1 2 にあっては、配管 P の延在方向にスライド移動可能に支持するガイド機構を介して設置されるようにしてもよい。

【 0 0 5 1 】

また、比較部 3 4 にて被測定物 W の実測画像と予測画像との差分を求める際、被測定物 W の全体にて差分を求める他、被測定物 W の一部領域について差分を求めるようにしてもよい。これにより、例えば、被測定物 W の性能や品質の要求が高い部分を絞り込んで減肉部 S の検査を行うことができ、検査の処理能力向上を図ることができる。

【 0 0 5 2 】

また、被測定部 W の実測画像及び予測画像は、1 体の被測定部 W に対して投影角度を変えて複数としてもよい。これにより、実測画像及び予測画像をそれぞれ単一とした場合では位置特定し難い場所に減肉部 S が形成されても、その位置を精度良く特定することができるようになる。

【 0 0 5 3 】

なお、本実施の形態は、上記に説明した以外の他の方法であって、検査システムが行う上記に説明した処理と等価な被測定物の検査方法でもよい。また、本実施の形態に係る各処理は、図示した順序に限られない。例えば、各処理の一部又は全部は、異なる順序、並行、分散又は省略されて処理されてもよい。例えば、放射線検査装置 1 0 の一部の処理を管理センタ装置 2 6 等の上位装置で実行するようにしてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 4 】

- 1 0 放射線検査装置
- 1 1 線源部

10

20

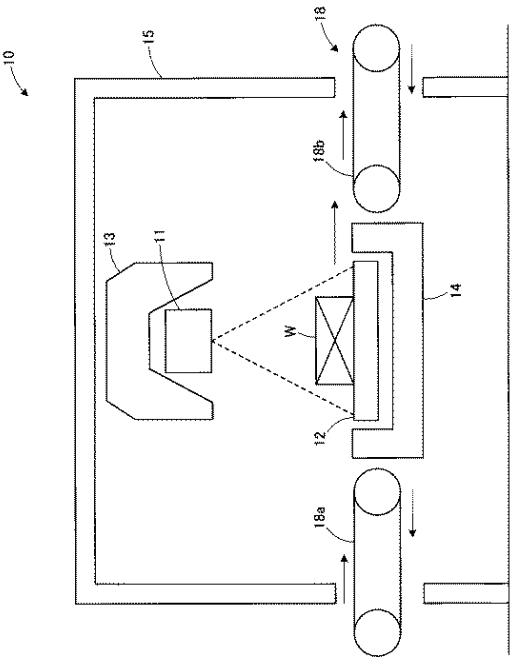
30

40

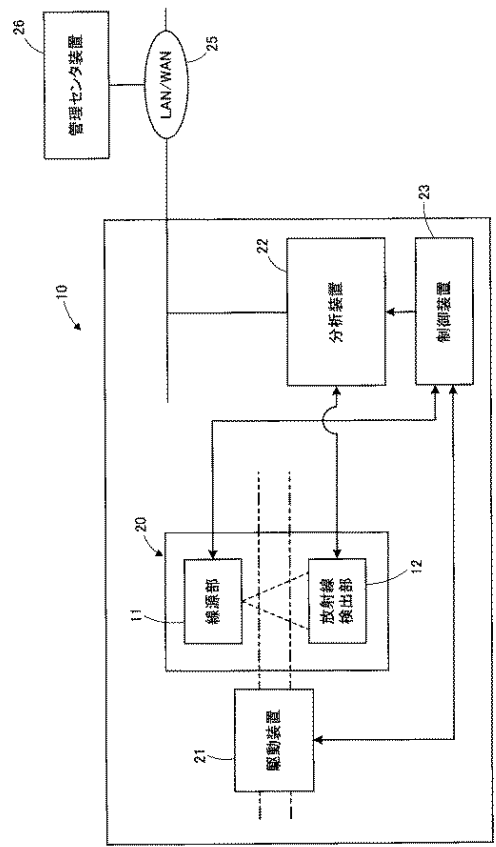
50

- 1 2 放射線検出部
- 3 1 実測画像生成部
- 3 2 予測画像生成部
- 3 3 予測画像蓄積部
- 3 4 比較部
- 3 5 良否判定部
- 3 6 画像処理部
- E 強調表示
- S 減肉部
- W 被測定物

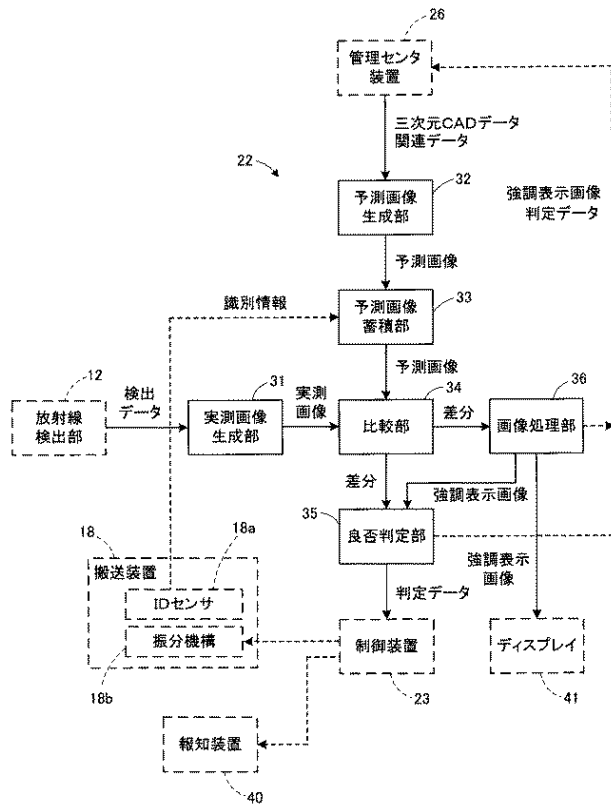
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

図 4A

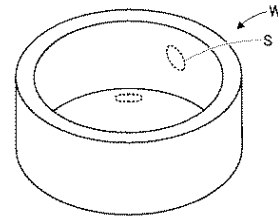


図 4B

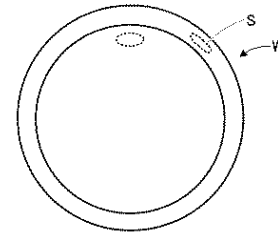
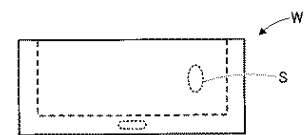
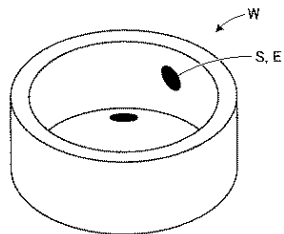


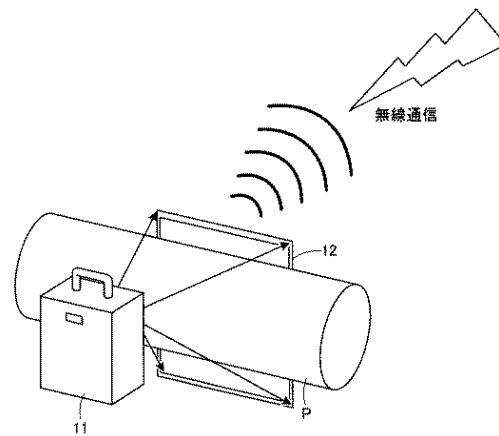
図 4C



【 図 5 】



【 図 6 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 小林 裕信  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内
- (72)発明者 住川 健  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内
- (72)発明者 福田 和彦  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内
- (72)発明者 横島 伸  
千葉県野田市七光台 4 3 3 番地 1 株式会社ティーアンドエス内
- (72)発明者 二階堂 羊司  
千葉県野田市七光台 4 3 3 番地 1 株式会社ティーアンドエス内
- F ターム(参考) 2G001 AA01 BA11 CA01 JA09 KA03 LA02 PA11