

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 1 区分

【発行日】平成29年3月23日 (2017.3.23)

【公開番号】特開2015-230227(P2015-230227A)

【公開日】平成27年12月21日 (2015.12.21)

【年通号数】公開・登録公報2015-080

【出願番号】特願2014-116089(P2014-116089)

【国際特許分類】

G 0 1 N 29/44 (2006.01)

G 0 1 N 29/04 (2006.01)

G 0 1 N 29/06 (2006.01)

【F I】

G 0 1 N 29/22 5 0 2

G 0 1 N 29/10 5 0 7

G 0 1 N 29/06

【手続補正書】

【提出日】平成29年2月13日 (2017.2.13)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 1】

軸方向移動装置 1 2 は、軌道 9 に対して垂直な方向にアーム 1 1 を移動させるモータ（図示せず）と、このモータの回転量を検出するエンコーダ（図示せず）とを有している。そして、アーム 1 1 が移動することにより、ノズル 1 0 3 の軸方向における倣い走査装置 1 3 の位置を調整可能としている。なお、倣い走査装置 1 3 には、原子炉圧力容器 1 0 1 との接触状態を検出するリミットセンサ 1 6 が設けられている。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 6】

送受信装置 4 は、超音波探触子 1 の走査位置毎に、圧電素子からの波形信号に対し所定の処理（詳細には、アナログ信号からデジタル信号への変換処理等）を行って波形データ（図 6 中右側参照）を取得して、記憶装置 6 に記憶させるようになっている。波形データは、超音波の路程と波高値の関係からなる離散データである。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 8】

探触子位置演算部 2 0 は、制御装置 3 を介して走査装置 2 の駆動情報（詳細には、上述した複数のエンコーダの検出情報等）を入力しており、走査装置 2 の駆動情報と走査装置 2 の幾何学的情報に基づき、三次元空間における超音波探触子 1 の走査位置を演算するようになっている。伝播経路解析部 2 1 は、記憶装置 6 から読み込んだ被検体（本実施形態で

は、ノズル)の三次元形状モデル(詳細は後述)に基づき、探触子位置演算部20で演算された超音波探触子1の走査位置などから、超音波の伝播経路を解析して、そのデータを記憶装置6に記憶させるようになっている。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0029】

探傷画像生成部22は、超音波探触子1の走査位置に対応する波形データ及び超音波伝播経路データを、記憶装置6から読み込む。そして、超音波伝播経路に基づき、波形データの路程を三次元空間上の座標に変換し、三次元座標と波高値の組合せからなる波高データテーブルに変換する。そして、波高データテーブルに基づき、三次元探傷画像を生成して、記憶装置6に記憶させる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

三次元空間上の任意の座標を $S = (x, y, z)$ とすると、ノズル103の外面円筒部105に相当する陰関数 $g(S)$ を、下記の式(1)で表現できる。すなわち、陰関数 $g(S) = 0$ を満たす三次元座標 S の集合が、ノズル103の外面円筒部105を表す。また、原子炉压力容器101の外面円筒部に相当する陰関数 $h(S)$ を、下記の式(2)で表現できる。すなわち、陰関数 $h(S) = 0$ を満たす三次元座標 S の集合が、原子炉压力容器101の外面円筒部を表す。ここで、 R_{to} は、ノズル103の外面円筒部105の半径であり、 R_{vo} は、原子炉压力容器101の外面円筒部の半径である。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0042】

上述の図4に戻り、外形座標取得部31は、探触子位置演算部20で演算された超音波探触子1の位置情報を入力している。そして、ノズル103の外面R部104に沿って走査された超音波探触子1の位置情報から、ノズル103の外形座標の計測値を取得する。形状モデル生成部30は、外形座標取得部31で取得されたノズル103の外形座標の計測値に基づいて、上述した形状定義関数のパラメータを演算する。そして、このようにして生成した三次元形状モデルを記憶装置6に記憶させるようになっている。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0051】

そして、ステップS207に進み、ノズル103の探傷を行う。詳細には、超音波探触子1が超音波を送受信し、送受信装置4が波形データを取得して、記憶装置6に収録する。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 2

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 5 2 】

そして、ステップ S 2 0 8 に進み、計算装置 5 の伝播経路分析部 2 1 が、ノズルの三次元形状モデルに基づき、現在の超音波探触子の走査位置における超音波の伝播経路を分析する。詳細には、ノズルの三次元形状モデルに基づき、超音波探触子の走査位置に対応するノズルの外面の超音波入射点を演算する。そして、その超音波入射点におけるノズルの外面の法線方向を演算し、このノズルの外面の法線方向及び探傷条件に基づいて超音波の入射方向を演算する。そして、超音波入射点及び入射方向を初期条件とし、レイトレース法と呼ばれる解析手法を用いて、超音波の伝播経路を演算する。そして、現在の超音波の伝播経路が、記憶装置 6 に記憶されるとともに、表示装置 7 の伝播経路表示部 2 3 でノズルの三次元形状モデルに重畳されて表示される。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 5 3 】

その後、ステップ S 2 0 9 に進み、現在の超音波の伝播経路に基づき、対応する波形データを波高データテーブルに変換する。そして、波高データテーブルに基づき、三次元探傷画像を構成するボクセルの値を代入することで、三次元探傷画像を更新する。具体的には、例えば図 1 3 で示すように、検査範囲 1 0 8 の周囲に三次元探傷画像の生成範囲 1 0 9 が予め設定されており、この範囲 1 0 9 に対応するボクセルのうち、超音波ビーム 3 4（言い換えれば、超音波の伝播経路 3 5 にビーム幅を持たせたもの）が通過するボクセル 3 6 を抽出する。そして、波高データテーブルに基づき、ビーム通過ボクセル 3 6 の値を内挿処理して代入する。ボクセル 3 6 にすでに値が代入されている場合は、最初に代入された値を残すか、常に新しい値で上書きするか、最大値を残すか、若しくは重み付け平均を取るような処理を選択して実行する。このようにして更新された三次元探傷画像が、記憶装置 6 に記憶されるとともに、表示装置 7 の探傷画像表示部 2 4 でノズルの三次元形状モデルに重畳されて表示される。

【手続補正 1 0】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 6 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 6 0 】

計算装置 5 の外形座標取得部 3 1 A は、走査装置 2 の幾何学情報と、制御装置 3 を介して入力した走査装置 2 の駆動情報（詳細には、周方向走査装置 1 0 のエンコーダの検出情報や軸方向移動装置 1 2 のエンコーダの検出情報）から、距離センサ 3 6 の位置を演算する。そして、距離センサ 3 8 の位置情報及び検出情報から、ノズル 1 0 3 の外形座標の計測値を演算して取得するようになっている。