

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-333601

(P2007-333601A)

(43) 公開日 平成19年12月27日(2007.12.27)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 2 1 C 17/07 (2006.01)	G 2 1 C 17/06	2 G 0 7 5
G 2 1 C 17/06 (2006.01)	G 2 1 C 17/06	L
	G 2 1 C 17/06	D

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-166676 (P2006-166676)	(71) 出願人	000165697 原子燃料工業株式会社 東京都港区三田三丁目14番10号
(22) 出願日	平成18年6月15日(2006.6.15)	(74) 代理人	100078813 弁理士 上代 哲司
		(74) 代理人	100094477 弁理士 神野 直美
		(72) 発明者	野原 達郎 大阪府泉南郡熊取町朝代西1丁目950番地 原子燃料工業株式会社熊取事業所内
		(72) 発明者	吉田 伸介 大阪府泉南郡熊取町朝代西1丁目950番地 原子燃料工業株式会社熊取事業所内
		Fターム(参考)	2G075 CA38 FA16 FC14 GA16

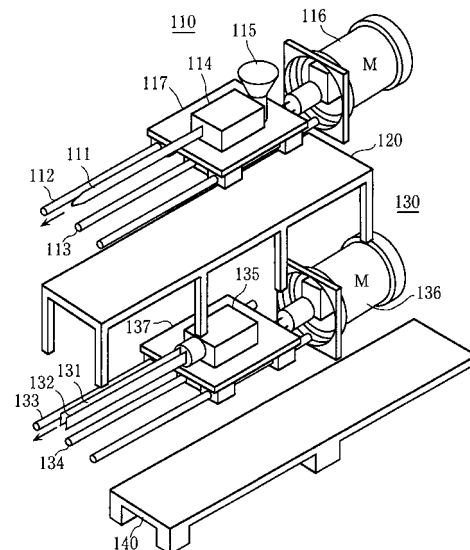
(54) 【発明の名称】 燃料検査装置

(57) 【要約】

【課題】放射能の漏洩が発生した燃料集合体や燃料棒を検査する際、超音波検査装置とファイバースコープ検査装置の使用済み燃料プール内への沈め込みと、燃料集合体に対応したセッティングに要する時間を少なくする。

【解決手段】超音波検査装置とファイバースコープ検査装置を一体的に備えていることを特徴とする燃料検査装置。超音波検査装置とファイバースコープ検査装置は、上下方向に並んで備えられていることを特徴とする燃料検査装置。超音波検査装置の上方にファイバースコープ検査装置が備えられていることを特徴とする燃料検査装置。超音波検査装置とファイバースコープ検査装置は、各々の検出端を燃料集合体内へ差し込み、燃料集合体から引抜く駆動装置は共通しており、何れの検査装置を駆動させるかの切替え装置を有していることを特徴とする燃料検査装置。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波検査装置とファイバースコープ検査装置を一体的に備えていることを特徴とする燃料検査装置。

【請求項 2】

前記超音波検査装置とファイバースコープ検査装置は、上下方向に並んで備えられていることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料検査装置。

【請求項 3】

前記超音波検査装置の上方にファイバースコープ検査装置が備えられていることを特徴とする請求項 2 に記載の燃料検査装置。

10

【請求項 4】

前記超音波検査装置とファイバースコープ検査装置は、各々の検出端を燃料集合体内へ差し込み、燃料集合体から引抜く駆動装置は共通しており、何れの検査装置を駆動させるかの切替え装置を有し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燃料検査装置。

【請求項 5】

前記超音波検査装置は、第 1 本体部と第 1 設置台と第 1 駆動部を有し、

前記第 1 本体部は、燃料集合体内に挿入される検出端を保持し、

前記第 1 設置台は、前記第 1 本体部を燃料集合体側の方向および反対側の方向に移動させる第 1 移動機構と、移動時に前記第 1 本体部の姿勢を保持させつつ支持する第 1 支持機構とを有し、

20

前記第 1 駆動部は、前記第 1 設置台に固定されており、前記第 1 移動機構を稼働させるものであり、

前記ファイバースコープ検査装置は、第 2 本体部と第 2 設置台と第 2 駆動部を有し、

前記第 2 本体部は、燃料集合体内に挿入されるファイバースコープを保持し、

前記第 2 設置台は、前記第 2 本体部を燃料集合体側の方向および反対側の方向に移動させる第 2 移動機構と、移動時に前記第 2 本体部の姿勢を保持させつつ支持する第 2 支持機構とを有し、

前記第 2 駆動部は、前記第 2 設置台に固定されており、前記第 2 移動機構を稼働させるものであり、

30

さらに前記第 1 設置台と前記第 2 設置台は相互に固定され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燃料検査装置。

【請求項 6】

前記超音波検査装置は、第 1 本体部と第 1 設置台と第 1 切替え装置と前記ファイバースコープ検査装置と共有する駆動部を有し、

前記第 1 本体部は、燃料集合体内に挿入される検出端を保持し、

前記第 1 設置台は、前記第 1 本体部を燃料集合体側の方向および反対側の方向に移動させる第 1 移動機構と、移動時に前記第 1 本体部の姿勢を保持させつつ支持する第 1 支持機構とを有し、

前記第 1 切替え装置は、前記第 1 移動機構と前記駆動部間の駆動力の伝達のオン、オフの切替えを行い、

40

前記ファイバースコープ検査装置と共有する駆動部は、前記第 1 設置台に固定されており、前記第 1 切替え装置を介して前記第 1 移動機構を稼働させるものであり、

前記ファイバースコープ検査装置は、第 2 本体部と第 2 設置台と第 2 切替え装置と前記超音波検査装置と共有する駆動部を有し、

前記第 2 本体部は、燃料集合体内に挿入されるファイバースコープを保持し、

前記第 2 設置台は、前記第 2 本体部を燃料集合体側の方向および反対側の方向に移動させる第 2 移動機構と、移動時に前記第 2 本体部の姿勢を保持させつつ支持する第 2 支持機構とを有し、

前記第 2 切り替え装置は、前記第 2 移動機構と前記駆動部間の駆動力の伝達のオン、オ

50

フの切替えを行い、

前記超音波検査装置と共有する駆動部は、前記第2設置台にも固定されており、前記第2切替え装置を介して前記第2移動機構を稼働させるものであり、

さらに前記超音波検査装置の第1設置台と前記ファイバースコープ検査装置の第2設置台は相互に固定されていることを特徴とする請求項4に記載の燃料検査装置。

【請求項7】

前記超音波検査装置の前記第1本体部は、間に燃料棒の列を挟みこんで燃料集合体内に差し込み、燃料集合体内から引抜くことが可能な発信子側のプローブと受信子側のプローブからなる破損燃料棒の検出端を先端に有していることを特徴とする請求項5または請求項6に記載の燃料検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は燃料検査装置に関し、特に放射能の漏洩が生じた燃料棒を特定し、破損した燃料棒の表面やその周辺部位の観察を行なうことができる燃料検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

原子炉の運転中に放射能の漏洩が認められたときには、原子炉の運転サイクルの終了後に、(1)漏洩をおこした、即ち破損した燃料棒が組み込まれた燃料集合体を特定し、(2)当該燃料集合体中の破損した(燃料棒の「破損」の結果「放射能の漏洩」が生じるため、燃料棒には原則として「破損」を使用する)燃料棒を特定し、(3)当該燃料棒の破損箇所を特定し、破損箇所やその周辺部位を観察して破損の原因を究明することが行なわれている。

【0003】

漏洩をおこしている燃料集合体の特定は、各燃料集合体を他の燃料集合体から隔離して個々に放射能を放出しているか否かを調べる SHIPPING 検査によりなされる。(非特許文献1)破損を起こした燃料棒の特定は、放射能を漏洩していると特定された燃料集合体の各燃料棒を超音波(UT)検査することによりなされる。破損箇所の特定や当該箇所の観察等は、ファイバースコープを使用した検査によりなされる。

【0004】

SHIPPING 検査装置は、使用済み燃料用プール(以下、原則として「プール」と記す)に常設されているが、超音波検査装置とファイバースコープ検査装置(以下、特に区別する必要がないときには、これらの検査装置をあわせて、「検査装置」とも記す)は常設ではなく、検査の必要性が発生したときにプール内に沈めこまれ、セッティング(燃料集合体に対して、種々の検査を行なうことが可能なように設置すること)がなされる。なお、SHIPPING 検査は、本発明に直接の関係がないため、説明を省略する。

【0005】

図5を参照しつつ、超音波を使用して破損した燃料棒を特定する方法について説明する。図5は、破損した燃料棒を超音波を使用して検出(特定)する様子を示す図である。図5において、131は超音波検査装置の発信子側のプローブであり、132は受信子側のプローブである。310は健全な燃料棒であり、他の健全な燃料棒を \square で示す。311は、破損した燃料棒であり、 \times 印でこれを示す。

燃料集合体には、燃料棒が例えば17×17の行列状に配列して組み込まれているが、図5の上の図に示す様に、燃料棒が17本並んだ(図5には、その一部を示す)1つの列の一方側(図面では上側)に超音波検査装置の発信子側のプローブ131を水平に配置し、他方の側(図面では下側)の対向する位置に受信子側のプローブ132を配置し、両方のプローブ131、132をペアで検査対象の燃料棒の列の一端から多端に、即ち列に沿って(図面では、左から右に)矢印の方向に移動させて行き、各燃料棒の位置毎に受信強度を調べる。

【0006】

10

20

30

40

50

燃料棒 310 が健全であれば、ジルカロイ合金製の被覆管の内面は気体（ヘリウム）に接触しているため超音波の界面での反射により超音波の伝導性が良好であり、超音波検査装置の発信子側のプローブ 131 と受信子側のプローブ 132 とのペアが燃料棒 310 を通過する際、図 5 の下の図の 印を付した例に示す様に、2 つの受信のピークが生じる。

破損した燃料棒 311 は、内部に冷却水が浸入しているため、被覆管の界面での超音波の反射がうまくなされず、超音波の伝導性が悪化する。このため、図 5 の下の図の の中に x を入れた印を付した例に示す様にピークの強度が弱くなり、これにより破損していることが判る。

これを、全ての燃料棒の列について行なうことにより、破損した燃料棒が特定される。

【0007】

破損していると特定された燃料棒 311 の破損箇所の特定、破損箇所やその周辺部位のファイバースコープによる観察の様子を、図 6 を参照しつつ説明する。図 6 は、ファイバースコープでグリッド内を観察している様子を示す図である。図 6 において、111 はファイバースコープ（ファイバースコープヘッド）であり、320 は燃料集合体の支持グリッドであり、321 はその横方向の格子板であり、322 は縦方向の格子板であり、323 はそのディンプル部（ハードストップとソフトストップ）である。

ファイバースコープ 111 は、上方斜視、下方斜視、側方視を同時に行なうことが可能であるようにグラスファイバーが取付けられている。ファイバースコープ 111 を、検査対象の破損した燃料棒 311 の隣接する燃料棒と間にあるスペース、かつ破損した燃料棒 311 の近くに差し込み、上下に隣接する支持グリッド間毎に（スパン毎）に観察を行なう。ここに、上方斜視、下方斜視を行なうのは、支持グリッド 320 の内側で燃料棒 311 を弾性支持しつつ拘束しているディンプル部 323 で燃料棒の破損が生じることが多いため、ディンプル部 323 の上方や下方から当該箇所を観察可能とするためである。

【0008】

燃料集合体の水平断面の 1 方向、例えば図 6 の上図の左側からの観察が終了すると、一旦ファイバースコープ 111 を燃料集合体から引抜き、燃料集合体を 90 度回転させて、再度燃料集合体の異なる方向、例えば図 6 の上図の上側から観察する。

1 スパン分の観察が終了すると、一旦ファイバースコープ 111 を燃料集合体から引抜き、燃料集合体を使用済み燃料プール内で 1 スパン分だけ上方あるいは下方に動かし、再度ファイバースコープ 111 を差し込み、次のスパンについても同じ様に観察する。

この様な作業を繰返して、破損が生じた各燃料棒の上下方向、4 周からの観察を行ない、破損箇所やその周辺部位の観察等が行なわれる。

【非特許文献 1】財団法人 原子力安全研究協会 軽水炉燃料のふるまい編集委員会「軽水炉燃料のふるまい」平成 10 年 7 月 153 頁～154 頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、検査の必要性が発生したときに超音波検査装置とファイバースコープ検査装置をプール内に沈めこみ、プール底の使用済み燃料ラックに格納されている燃料集合体に対応して、正しくセッティングする作業は、プールの上から見ながら行なう操作であり、原子力機器であるだけに慎重に行う必要があり、時間がかかる。

【0010】

さらに、セッティングにはクレーンが必用であるが、原子炉の停止時に一度になされる他の多くの作業にもクレーンが必要であり、クレーンの使用に際してこれら他の作業との時間的な調整が必要となり、ますます時間がかかる。

このため、放射能の漏洩が発生した燃料集合体や燃料棒を検査する際、超音波検査装置とファイバースコープ検査装置の使用済み燃料プール内への沈め込みと、燃料集合体に対応したセッティングに要する時間を少なくして検査効率を向上させた技術の開発が望まれていた。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【0011】

本発明は、以上の課題を解決することを目的としてなされたものであり、超音波検査装置とファイバースコープ検査装置を一体化させたものである。以下、各請求項の発明を説明する。

【0012】

請求項1に記載の発明は、

超音波検査装置とファイバースコープ検査装置を一体的に備えていることを特徴とする燃料検査装置である。

【0013】

本請求項の発明の燃料検査装置は、超音波検査装置とファイバースコープ検査装置を一体的に備えているため、放射能の漏洩が発生した燃料集合体の破損が生じた燃料棒の特定、特定された燃料棒の破損箇所やその周辺部位を観察するために超音波検査装置とファイバースコープ検査装置を同時に沈めこみ、燃料集合体に対応したセッティングがなされる。このため、それらに要する時間が従来に比べて大幅に短縮される結果、検査効率が大きく向上する。

またこのため、他の作業とクレーンの使用について行なう調節等も容易となる。

ここに、「一体的に備えている」とは、検査に使用する際に超音波検査装置とファイバースコープ検査装置が物理的、機械的に1個の装置となっているだけでなく、いずれか一方を燃料集合体に正しくセッティングすれば、他方も自動的に正しくセッティングされることを指す。

【0014】

請求項2に記載の発明は、前記の燃料検査装置であって、

前記超音波検査装置とファイバースコープ検査装置は、上下方向に並んで備えられていることを特徴とする燃料検査装置である。

【0015】

本請求項の発明の燃料検査装置は、ファイバースコープ検査装置と超音波検査装置が上下方向に並んで備えられているため、検査装置全体の幅が狭くなり、ひいては検査装置を横方向に移動させるためのスペースが少なくて済む。

さらに、例えば17×17の行列状に配列された燃料棒の各行、各列を検査するため、超音波検査装置とファイバースコープ検査装置のいずれも燃料棒の行、列のピッチで横移動させる必要があるが、上下方向に並んでおれば、横移動の開始点と終点が同じとなるため、操作も容易となる。

【0016】

請求項3に記載の発明は、前記の燃料検査装置であって、

前記超音波検査装置の上方にファイバースコープ検査装置が備えられていることを特徴とする燃料検査装置である。

【0017】

本請求項の発明の燃料検査装置は、支持グリッドの内部を上下から観察するため細かい操作を行なうことが多いファイバースコープ検査装置が超音波検査装置の上方にあるため、プールの上から作業者が目視しつつ操作することが可能となる。また、ファイバースコープ検査装置は上方に位置するため、照明の影になることがなく、さらに検査のための水中ランプの設置等も容易となり、燃料棒の破損箇所やその周辺部における肉眼による観察が容易となる。この一方、超音波検査装置は、検査に照明を必要としないため、大きな不都合が生じない。

また、一体化された検査装置全体の横移動量も少なくて済む。

【0018】

請求項4に記載の発明は、前記の燃料検査装置であって、

前記超音波検査装置とファイバースコープ検査装置は、各々の検出端を燃料集合体内へ差し込み、燃料集合体から引抜く駆動装置は共通しており、何れの検査装置を駆動させるかの切替え装置を有していることを特徴とする燃料検査装置である。

10

20

30

40

50

【0019】

本請求項の発明の燃料検査装置は、ファイバースコープ検査装置と超音波検査装置の検出端を燃料集合体内へ差し込み、燃料集合体から引抜くための水中モータ(部)やエヤーシリンダー等の駆動装置が共通しているため、検査装置全体が軽量化され、コストも安くなる。

なお、ファイバースコープ検査装置と超音波検査装置の何れを駆動するかは、クラッチを有する切り替え機構等をプールの上から遠隔操作することにより調節がなされる。

【0020】

請求項5に記載の発明は、前記の燃料検査装置であって、

前記超音波検査装置は、第1本体部と第1設置台と第1駆動部を有し、

10

前記第1本体部は、燃料集合体内に挿入される検出端を保持し、

前記第1設置台は、前記第1本体部を燃料集合体側の方向および反対側の方向に移動させる第1移動機構と、移動時に前記第1本体部の姿勢を保持させつつ支持する第1支持機構とを有し、

前記第1駆動部は、前記第1設置台に固定されており、前記第1移動機構を稼働させるものであり、

前記ファイバースコープ検査装置は、第2本体部と第2設置台と第2駆動部を有し、

前記第2本体部は、燃料集合体内に挿入されるファイバースコープを保持し、

前記第2設置台は、前記第2本体部を燃料集合体側の方向および反対側の方向に移動させる第2移動機構と、移動時に前記第2本体部の姿勢を保持させつつ支持する第2支持機構とを有し、

20

前記第2駆動部は、前記第2設置台に固定されており、前記第2移動機構を稼働させるものであり、

さらに前記第1設置台と前記第2設置台は相互に固定されていることを特徴とする燃料検査装置である。

【0021】

超音波検査装置、ファイバースコープ検査装置のいずれも、発信子プローブと受信子プローブ、あるいはファイバースコープ等の検出端を保持する本体部が設置される設置台を有し、さらにいずれもプール内に沈めこまれ、設置台が燃料集合体にセッティングされた状態で、設置台に固定された駆動部の作用の下で本体部が設置台に対して燃料集合体側の方向へ移動しあるいは反対側に移動することにより、本体部に保持されている検出端の燃料集合体内への差し込み、あるいは燃料集合体からの引抜きがなされる。

30

本請求項の発明においては超音波検査装置の設置台とファイバースコープ検査装置の設置台は、相互に固定されている。このため、2つの検査装置を個々にプール内に沈めこみ、セッティングを行なう必要がなくなり、検査に要する手間と時間が大きく節約される。

また、燃料集合体内で例えば17×17の行列状に配列された各行、各列の燃料棒を検査するためになされる横移動のための設備も共有されることとなり、設備費の低下につながる。

【0022】

なお、「第1本体部」とは、超音波を発信したり受信したりする回路、制御部が内蔵されていても良いし、かかる構成部は主にプール外にあり、多少の配線はあるものの主な役割は取付けられている検出端を移動させるための移動用台であってもよい。

40

【0023】

なお、「第2本体部」は、ファイバースコープは支持グリッドの上下から内部を覗き込んで詳しい観察を行なう必要があるため、プール外からの遠隔操作でファイバースコープの向きを変えたり、回転させたり、多少とも上下方向に向かせたりさせる機構を内蔵していることが好ましい。

【0024】

また、「本体部を燃料集合体側の方向および反対側の方向に移動させる第1移動機構」とは、駆動部からの力を伝達可能である限り、ねじ、Vベルト等の手段を問わないが、燃

50

料プール内で確実に機能を発揮することと耐久性の面からは、ボールねじのごとく剛体を使用する手段が好ましい。従って、本体部の方にもねじ、Vベルトあるいはボールねじに対応した移動用の構成を有していることとなる。

また、「移動時に前記本体部の姿勢を保持させつつ支持する第1支持機構」とは、本体部の一部を嵌め込み、あるいは本体部の一部に嵌め込まれることにより、本体部が設置台に対してずれたりすることなく滑動自在となる様にする機構であり、例えば設置台に固定された2本のスライド用軸(棒や梁)等が挙げられる。従って、本体部の方にもスライド用軸等に対応した構成(例えば、各軸に前後2箇所支持される合計4個の脚部)を有していることとなる。

【0025】

また、第1駆動部と第2駆動部は、水中型の電動モータ、防水チャンバーに格納されたモータ、水中型のエアーシリンダー等を挙げられ、その稼働はいずれの検査装置においても、プールの上から作業員(検査者、観察者)が遠隔操作で行なう。

なお、以上の他、超音波の波長や強度の遠隔制御、ファイバースコープの先端部(ヘッド)の位置や方向をプールの上から治具を使用して手動により行なう微調整、移動速度の調節ができるようになっていても良く、その他水中ライトの点滅等がなされる様になっていても良い。

【0026】

請求項6に記載の発明は、前記の燃料検査装置であって、

前記超音波検査装置は、第1本体部と第1設置台と第1切替え装置と前記ファイバースコープ検査装置と共有する駆動部を有し、

前記第1本体部は、燃料集合体内に挿入される検出端を保持し、

前記第1設置台は、前記第1本体部を燃料集合体側の方向および反対側の方向に移動させる第1移動機構と、移動時に前記第1本体部の姿勢を保持させつつ支持する第1支持機構とを有し、

前記第1切替え装置は、前記第1移動機構と前記駆動部間の駆動力の伝達のオン、オフの切替えを行い、

前記ファイバースコープ検査装置と共有する駆動部は、前記第1設置台に固定されており、前記第1切替え装置を介して前記第1移動機構を稼働させるものであり、

前記ファイバースコープ検査装置は、第2本体部と第2設置台と第2切替え装置と前記超音波検査装置と共有する駆動部を有し、

前記第2本体部は、燃料集合体内に挿入されるファイバースコープを保持し、

前記第2設置台は、前記第2本体部を燃料集合体側の方向および反対側の方向に移動させる第2移動機構と、移動時に前記第2本体部の姿勢を保持させつつ支持する第2支持機構とを有し、

前記第2切り替え装置は、前記第2移動機構と前記駆動部間の駆動力の伝達のオン、オフの切替えを行い、

前記超音波検査装置と共有する駆動部は、前記第2設置台にも固定されており、前記第2切替え装置を介して前記第2移動機構を稼働させるものであり、

さらに前記超音波検査装置の第1設置台と前記ファイバースコープ検査装置の第2設置台は相互に固定されていることを特徴とする燃料検査装置である。

【0027】

本請求項の発明においては、駆動部が共通となっているため、装置全体がその分軽量化され、セッティングが容易となり、また装置が低コストとなる。

なお、切替え装置の切替え操作は、プールの上から作業員が遠隔操作で行なうこととなる。この場合、2つの検査装置の切替え装置を同時にオンとする過誤を防止する機構が組み込まれていたり、超音波検査装置とファイバースコープ検査装置では、各々最適の移動速度となる様な調節部を有していたりしても良い。

【0028】

また、「駆動部は、前記第2設置台にも固定されており」とは、第1設置台と第2設置

10

20

30

40

50

台が固定されている限り、いずれか一方にのみ固定されていてもよい。即ち、駆動部の第1設置台および第2設置台への固定は、直接的、間接的を問わない。

なおまた、超音波検査装置とファイバースコープ検査装置の位置関係であるが、ファイバースコープ検査装置は支持グリッドの内部を観察する等のため各種の複雑な移動が必要であり、またプールの上からの治具を使用する操作や照明もあり得るため、超音波検査装置の上方にある方が好ましい。

【0029】

請求項7に記載の発明は、前記の燃料検査装置であって、

前記超音波検査装置の前記第1本体部は、間に燃料棒の列を挟みこんで燃料集合体内に差し込み、燃料集合体内から引抜くことが可能な発信子側のプローブと受信子側のプローブからなる破損燃料棒の検出端を先端に有していることを特徴とする燃料検査装置である。

10

【0030】

本請求項の発明においては、超音波による破損した燃料棒の検出は、燃料棒を間に挟んだ状態での超音波の送受信に際しての受信強度の変化だけであり、このため1列に並んだ燃料棒の破損の有無の検査は第1本体部による燃料棒の列に沿っての移動のみとなる。従って、超音波検査装置のセッティングや検査が容易となり、ファイバースコープ検査装置と一体的になっても、特に不便が生じない。

【発明の効果】

【0031】

本発明においては、超音波検査装置とファイバースコープ検査装置を一体的に備えているため、放射能の漏洩が発生した燃料集合体の破損が生じた燃料棒の特定、破損した燃料棒の破損箇所やその周辺部位を観察するために超音波検査装置とファイバースコープ検査装置を同時に沈めこみ、燃料集合体に対応したセッティングがなされる。このため、それらの作業に要する時間が従来に比べて大幅に短縮される結果、検査効率が大きく向上する。

20

またこのため、他の作業とクレーンの使用について行なう時間的調整等も容易となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

以下、本発明をその最良の実施の形態に基づいて説明する。なお、本発明は、以下の実施の形態に限定されるものではない。本発明と同一および均等の範囲内において、以下の実施の形態に対して種々の変更を加えることが可能である。

30

【0033】

(第1の実施の形態)

本実施の形態は、ファイバースコープ検査装置と超音波検査装置が一体となった検査装置に関する。

【0034】

本発明の実施の形態の燃料検査装置(自明なときには、「検査装置」とも記す)を、図1から図3を参照しつつ説明する。図1は、検査対象の燃料集合体に本実施の形態の検査装置が設置されている状態を、側面から見た図である。図2は、同じく上部から見た図である。図3は、この検査装置において、超音波検査装置の上方にファイバースコープ検査装置が上下に重なって備え付けられている様子を、即ち要部の構造を概念的に示す図である。

40

【0035】

図1から図3において、100は燃料検査装置であり、110はファイバースコープ検査装置であり、111はファイバースコープヘッドであり、112はスライドユニットであり、113はボールねじであり、114はファイバースコープを固定し、併せて回転角度等の調整を行うためのファイバースコープ微調整部であり、115はファイバースコープヘッド手動回転ツールアタッチメントであり、116は水中モータ部(モータがチャンバの中に入っている)であり、117はファイバースコープヘッドの設置台である。12

50

0 は、ファイバースコープ検査装置の設置台である。

【0036】

130 は超音波検査装置であり、131 は発信子側のプローブであり、132 は受信子側のプローブであり、133 はスライドユニットであり、134 はボールねじであり、135 は発信子側と受信子側の超音波プローブ131、132の固定部であり、136 は水中モータ部であり、137 は超音波プローブの固定部135の設置台であり、140 は検査装置の設置台である。

また、160 はモータのドライバーやシーケンサデバイス等の制御系電子機器の収納箱であり、170 は動力用の線であり、180 は横移動用のレールである。

【0037】

なお、300 は燃料集合体であり、310 は燃料棒であり、320 は支持グリッドであり、400 は使用済み燃料ラックであるが、これらは本発明の趣旨に直接の関係がないため、説明は省略する。

以上の他、検査装置には退避ユニット等が装備され、近くには水中カメラ等が設置され、さらに燃料集合体を上方に釣り上げるクレーン等もあるが、これらは自明であり、また図面が細くなりすぎるため、図示はしていない。

【0038】

図1に示す様に、図示しないクレーンにより使用済み燃料ラックから吊り上げられた状態の燃料集合体300のある特定のスパン(上下の支持グリッド320の間)の側面に燃料検査装置100がセッティングされている。この状態で、クレーンにより燃料集合体300は上下方向に移動して検査対象のスパンを変更したり、90度ずつ回転して燃料検査装置100に対向する側面を変えたりすることが可能となっている。

図2は、この状態を上方から見た様子を示す図である。燃料検査装置100は、横移動用のレール180により図で右方に移動することが可能であり、これにより検査対象の燃料棒の行あるいは列を変更することが可能である。

【0039】

図3は、ファイバースコープ燃料検査装置110を上方に、超音波検査装置130を下方にして、燃料検査装置100のセンサー部が一体に組立てられている様子を概念的に示す図である。ファイバースコープ検査装置110は専用の設置台120に設置され、超音波検査装置130は直接検査装置の設置台140に設置され、前者の設置台120は後者の設置台140に固定されている。そして、ファイバースコープ検査装置110は、遠隔操作で水中モータ部116が正、逆の回転操作をなされることによりボールねじ113も正、逆の回転を行い、図示しないラック機構の作用でスライドユニット112にガイドされつつ燃料集合体の方に近づいたり、離れたりする。そして、これに伴い、ファイバースコープヘッド111を燃料集合体300内へ出し入れすることが可能となっている。同様に、超音波検査装置130も発信子側のプローブ131と受信子側のプローブ132を出し入れすることが可能になっている。

【0040】

なお、図3はファイバースコープ検査装置110と超音波検査装置130が一体に組立てられている様子を明瞭に示すための概念図であり、このため両方の検査装置のスライドユニット112、133は直線状に記載しているが、実際には両端は下方に折れ曲がって設置台120、140に固定されている。また同様に、2つの水中モータ部116、136は、いずれも対応する設置台120、140に固定されている。

【0041】

ファイバースコープ検査装置110が上方にあるため、そのファイバースコープヘッド手動回転ツールアタッチメント115は最上部にあり、図2に示す様にプールの上から見つつ治具(図示せず)で回転操作をすることができる。このため、破損箇所やその周辺をファイバースコープにより精密に観察することが可能となっている。

【0042】

(第2の実施の形態)

10

20

30

40

50

本実施の形態は、ファイバースコープ検査装置 110 と超音波検査装置 130 の駆動装置（水中モータ部等）が共通となった検査装置に関する。

本第 2 の実施の形態の燃料検査装置の駆動装置（水中モータ）の切り替え機構の原理を、図 4 に示す。

【0043】

図 4 において、150 は兼用の水中モータ部であり、151 は後部歯車であり、152 は前部歯車であり、153 は上部歯車であり、154 は下部歯車であり、155 は上部クラッチ制御部であり、156 は下部クラッチ制御部であり、157 は上部クラッチであり、158 は下部クラッチである。また、122 は上部クラッチ制御部 155 の支持腕であり、123 は上部歯車 153 と上部クラッチ 157 の支持部であり、124 は上部クラッチ 157 の支持部であり、141 は兼用の水中モータ部の架台であり、142 は下部クラッチ制御部 156 の支持部であり、143 は下部歯車 154 と下部クラッチ 158 の支持部であり、144 は下部クラッチ 158 の支持部である。

【0044】

図 4 に示す様に、兼用の水中モータ部 150 は、その架台 141 により検査装置の設置台 140 の端部に、ファイバースコープ検査装置（本体部分は図示せず）と超音波検査装置（本体部分は図示せず）の中間の高さに固定されている。そして、その軸には後部歯車 151 と前部歯車 152 が取付けられている。さらに、後部歯車 151 は上部歯車 153 と上部クラッチ 157 を介してファイバースコープ検査装置のボールねじ 113 を回転させることが可能であり、前部歯車 152 は下部歯車 154 と下部クラッチ 158 を介して超音波検査装置のボールねじ 134 を回転させることが可能である。このため、兼用の水中モータ部 150 の正、逆の回転に伴って、ファイバースコープ検査装置（本体部分は図示せず）と超音波検査装置（本体部分は図示せず）は、燃料集合体（図示せず）の方に接近したり、反対側に後退したりすることとなる。

【0045】

また、各部の回転、トルク伝達を円滑に行うため、上部クラッチ制御部 155、下部クラッチ制御部 156、上部クラッチ制御部 155 の支持腕 122、上部歯車 153 と上部クラッチ 157 の支持部 123、上部クラッチ 157 の支持部 124、下部クラッチ制御部 156 の支持部 142、下部歯車 154 と下部クラッチ 158 の支持部 143、下部クラッチ 158 の支持部 144 内には、水中用軸受け（図示せず）が内蔵されている。

【0046】

さらに、上部クラッチ制御部 155 は、図示しない制御線からの信号により、両矢印に示す方向（図面で左右方向）に上部歯車 153 と上部クラッチ 157 を動かすことが可能であり、これによりファイバースコープ検査装置のボールねじ 113 との結合、解除を遠隔操作で行うことが可能となっている。同じく、下部クラッチ制御部 156 は、図示しない制御線からの信号により、両矢印に示す方向に下部歯車 154 と下部クラッチ 158 を動かすことが可能であり、これにより超音波検査装置のボールねじ 134 との結合、解除を遠隔操作で行うことが可能となっている。

【0047】

本第 2 の実施の形態の検査装置においては、最初に超音波検査がなされるため、下部クラッチ 158 は結合状態、上部クラッチ 157 は解除状態とされる。次いで、ファイバースコープによる観察がなされるため、下部クラッチ 158 は解除状態、上部クラッチ 157 は結合状態とされる。

本実施の形態の検査装置には、上下両方のクラッチ 157、158 が同時に結合状態となって、水中モータ部に過負荷がかかることを防止するための安全装置等をも組み込んでいるが、これは周知技術であるため、図示や説明は省略する。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態の燃料検査装置をセッティングしている様子を側面から見た図である。

10

20

30

40

50

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態の燃料検査装置をセッティングしている様子を上方から見た図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態の燃料検査装置の要部の構造を示す図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施の形態の燃料検査装置の駆動装置の切り替え機構の原理を示す図である。

【図 5】燃料棒の超音波による破損の検査と検出の様子を示す概念図である。

【図 6】燃料棒の破損箇所を、ファイバースコープを使用して観察している様子を概念的に示す図である。

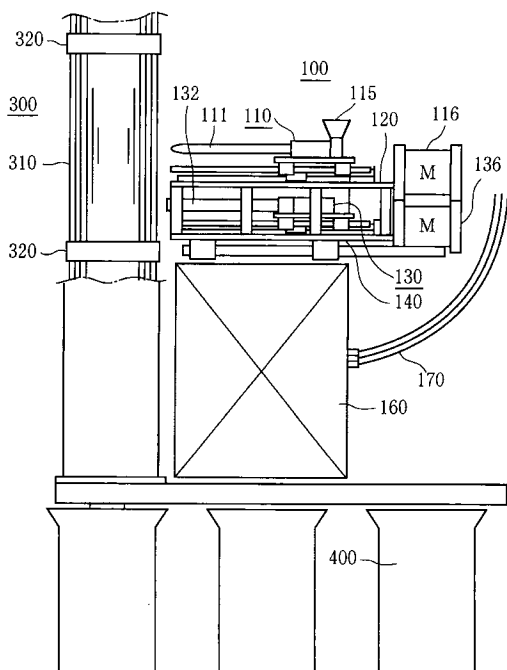
【符号の説明】

【 0 0 4 9 】

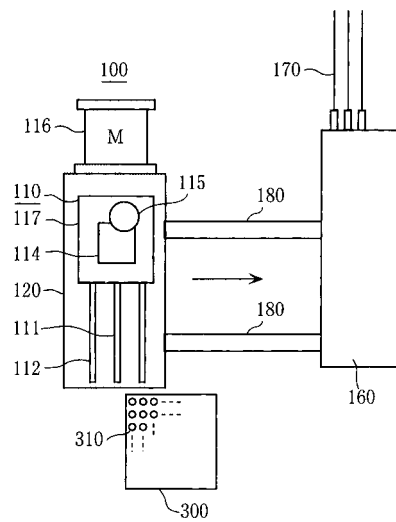
1 0 0	燃料検査装置	10
1 1 0	ファイバースコープ検査装置	
1 1 1	ファイバースコープ(ヘッド)	
1 1 2	スライドユニット	
1 1 3	ボールねじ	
1 1 4	ファイバースコープ微調整部	
1 1 5	ファイバースコープヘッド手動回転ツールアタッチメント	
1 1 6	水中モータ部	
1 1 7	ファイバースコープヘッドの設置台	
1 2 0	ファイバースコープ検査装置の設置台	20
1 2 2	上部クラッチ制御部の支持腕	
1 2 3	上部歯車と上部クラッチの支持部	
1 2 4	上部クラッチの支持部	
1 3 0	超音波検査装置	
1 3 1	発信子側のプローブ	
1 3 2	受信子側のプローブ	
1 3 3	スライドユニット	
1 3 4	ボールねじ	
1 3 5	超音波プローブの固定部	
1 3 6	水中モータ部	30
1 3 7	超音波プローブの固定部の設置台	
1 4 0	検査装置の設置台	
1 4 1	兼用の水中モータ部の架台	
1 4 2	下部クラッチ制御部の支持部	
1 4 3	下部歯車と下部クラッチの支持部	
1 4 4	下部クラッチの支持部	
1 5 0	兼用の水中モータ部	
1 5 1	後部歯車	
1 5 2	前部歯車	
1 5 3	上部歯車	40
1 5 4	下部歯車	
1 5 5	上部クラッチ制御部	
1 5 6	下部クラッチ制御部	
1 5 7	上部クラッチ	
1 5 8	下部クラッチ	
1 6 0	収納箱	
1 7 0	動力用の線	
1 8 0	横移動用のレール	
3 0 0	燃料集合体	
3 1 0	健全な燃料棒(燃料棒)	50

- 3 1 1 破損した燃料棒
- 3 2 0 支持グリッド
- 3 2 1 横方向の格子板
- 3 2 2 縦方向の格子板
- 3 2 3 デンプル部
- 4 0 0 使用済み燃料ラック

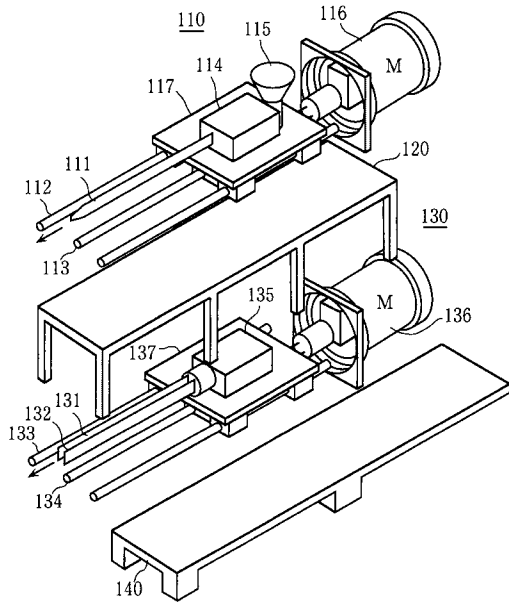
【 図 1 】



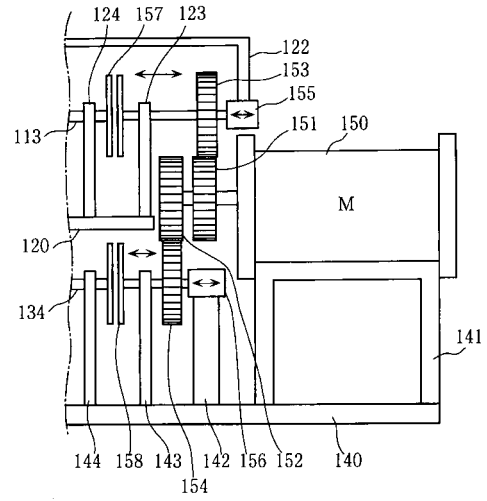
【 図 2 】



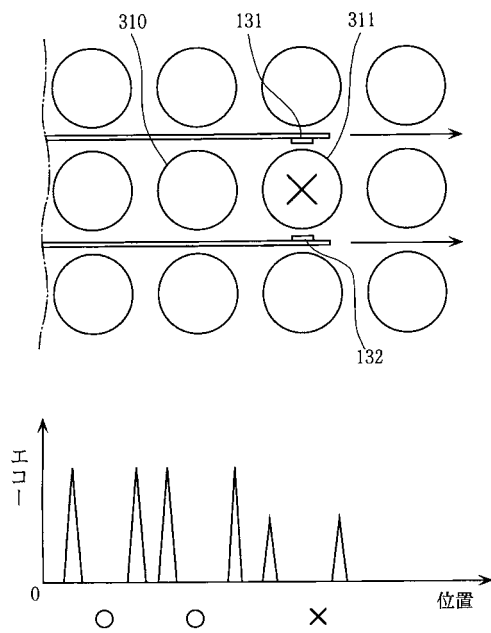
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

