

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5985687号
(P5985687)

(45) 発行日 平成28年9月6日 (2016.9.6)

(24) 登録日 平成28年8月12日 (2016.8.12)

(51) Int. Cl.	F I	
F 2 2 B 37/02 (2006.01)	F 2 2 B 37/02	E
G O 1 N 21/95 (2006.01)	G O 1 N 21/95	Z
G 2 1 C 17/003 (2006.01)	G 2 1 C 17/00	G
G O 1 N 21/84 (2006.01)	G O 1 N 21/84	B
F 2 8 D 7/16 (2006.01)	F 2 8 D 7/16	D
請求項の数 41 (全 22 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2015-47255 (P2015-47255)	(73) 特許権者	504270770
(22) 出願日	平成27年3月10日 (2015.3.10)		アール. ブルックス アソシエイツ インコーポレーティッド
(62) 分割の表示	特願2011-552193 (P2011-552193) の分割		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ウィリアムソン ボンド ロード 6546
原出願日	平成22年2月26日 (2010.2.26)	(74) 代理人	110001195
(65) 公開番号	特開2015-165235 (P2015-165235A)		特許業務法人深見特許事務所
(43) 公開日	平成27年9月17日 (2015.9.17)	(72) 発明者	ウェブスター, ブライアン
審査請求日	平成27年3月13日 (2015.3.13)		アメリカ合衆国、14519 ニュー・ヨーク州、オンタリオ、リンカーン・ロード、5716
(31) 優先権主張番号	61/156, 121	(72) 発明者	ベイツ, ネイサン
(32) 優先日	平成21年2月27日 (2009.2.27)		アメリカ合衆国、14513 ニュー・ヨーク州、ニューアーク、ドライビング・パーク・アベニュー、1009
(33) 優先権主張国	米国 (US)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気検査車両を利用する検査システムおよび検査プロセス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

蒸気発生器を検査するように構成される検査車両であって、
2つの独立して駆動される磁気車輪を備える前方シャーシと、
2つの独立して駆動される磁気車輪を備える後方シャーシと、
前記前方シャーシを前記後方シャーシに柔軟に接続して、前記前方シャーシと前記後方シャーシとの間の相対的な運動を許す接続部材とを備え、前記接続部材、前記前方シャーシ、および前記後方シャーシはまとめて受入区域を規定し、さらに、
第1のモータによって駆動される第1の回転可能アームと、前記第1の回転可能アームの遠位部上に配設される第2の回転可能アームとを含み、前記第2の回転可能アームは第2のモータによって駆動され、さらに、前記第2の回転可能アームの遠位部上に回転可能に配設される検査カメラとを含む検査カメラアセンブリを備え、前記検査カメラは第3のモータによって駆動され、前記検査カメラはパンするように構成され、前記検査カメラアセンブリは、収容位置で前記受入区域内に収容されるように寸法決めされ、前記収容位置では、前記検査カメラと前記第1の回転可能アームと前記第2の回転可能アームとの頂面は、前記検査車両の最上面の高さ以下であり、前記収容位置では、前記検査カメラの遠位面は、前記前方シャーシの前記磁気車輪の外側と前記後方シャーシの前記磁気車輪の外側との内側に位置する、検査車両。

【請求項 2】

前記前方シャーシ上の前記独立して駆動される磁気車輪は互いからオフセットされ、前

記後方シャーシ上の前記独立して駆動される磁気車輪は互いからオフセットされる、請求項 1 に記載の検査車両。

【請求項 3】

前記検査車両を設定された向きに自動的に向けるように構成される自動方向付け回路をさらに備える、請求項 1 または請求項 2 に記載の検査車両。

【請求項 4】

各車輪の表面に隣接して圧縮空気を出力するように構成される空気式圧送システムをさらに備える、請求項 1 から請求項 3 のいずれ 1 項に記載の検査車両。

【請求項 5】

前記空気式圧送システムは、前記蒸気発生器内での前記検査車両の移動の間、各車輪の表面に隣接して圧縮空気を出力するように構成される、請求項 4 に記載の検査車両。

10

【請求項 6】

前記空気式圧送システムは、空気式コネクタと、空気圧ガスを分配する空気式マニホールドと、各車輪に隣接して配設される 1 つ以上の開口の各々への空気式経路とを備える、請求項 4 または請求項 5 に記載の検査車両。

【請求項 7】

前記前方シャーシ、前記後方シャーシ、前記接続部材、および前記検査カメラアセンブリの寸法外包は、前記検査カメラアセンブリが収容位置で前記受入区域内に配設される場合、 $8.00'' \times 4.90'' \times 2.00''$ より小さい、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の検査車両。

20

【請求項 8】

前記検査カメラアセンブリの寸法外包は、前記検査カメラアセンブリが収容位置で前記受入区域内に配設される場合、 $4.90'' \times 3.35'' \times 1.33''$ より小さい、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の検査車両。

【請求項 9】

前記接続部材はヒンジである、請求項 1 から請求項 8 のいずれ 1 項に記載の検査車両。

【請求項 10】

前記前方シャーシ上に配設されるナビゲーションカメラをさらに備える、請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の検査車両。

【請求項 11】

30

前記検査カメラは、パン及びチルトするように構成されている、請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の検査車両。

【請求項 12】

蒸気発生器の二次側を検査するための方法であって、

前記蒸気発生器の前記二次側の作業孔を通して検査車両を挿入するステップを備え、前記検査車両は、

2 つの独立して駆動される磁気車輪を備える前方シャーシと、

2 つの独立して駆動される磁気車輪を備える後方シャーシと、

前記前方シャーシを前記後方シャーシに柔軟に接続して、前記前方シャーシと前記後方シャーシとの間の相対的な運動を許す接続部材とを備え、前記接続部材、前記前方シャーシ及び前記後方シャーシはまとめて受入区域を規定し、さらに、

40

第 1 のモータによって駆動される第 1 の回転可能アームと、前記第 1 の回転可能アームの遠位部上に配設される第 2 の回転可能アームとを含み、前記第 2 の回転可能アームは第 2 のモータによって駆動され、さらに、前記第 2 の回転可能アームの遠位部上に回転可能に配設される検査カメラとを含む検査カメラアセンブリを備え、前記検査カメラは第 3 のモータによって駆動され、前記検査カメラはパンするように構成され、前記検査カメラアセンブリは収容位置で前記受入区域内で収容されるように寸法決めされ、前記収容位置では、前記検査カメラと前記第 1 の回転可能アームと前記第 2 の回転可能アームとの頂面は、前記検査車両の最上面の高さ以下であり、前記収容位置では、前記検査カメラの遠位面は、前記前方シャーシの前記磁気車輪の外表面と前記後方シャーシの前記磁気車輪の外表面と

50

の内側に位置し、さらに前記方法は、

前記検査車両をU字管の最初の並びに移動させるステップと、

チューブシート、前記U字管、および流れ分配パッフルを検査するために、前記チューブシートと前記流れ分配パッフルとの間で前記検査カメラをパンするステップと、

前記U字管の1つの並びから次の並びへ前記検査車両を前進させるステップと、

前記検査車両を前進させるステップと前記検査カメラをパンするステップとを順次繰返すステップとを備える、蒸気発生器の二次側を検査するための方法。

【請求項13】

前記パンして検査するステップは、管束の周辺U字管を見るステップと、束ねられた少なくとも3つの管列の深さまで前記管束の内部U字管を見るステップとを備える、請求項12に記載の蒸気発生器の二次側を検査するための方法。

10

【請求項14】

前記接続部材は、ヒンジである、請求項12または請求項13に記載の蒸気発生器の二次側を検査するための方法。

【請求項15】

前記検査カメラは、パン及びチルトするように構成されている、請求項12から請求項14のいずれか1項に記載の蒸気発生器の二次側を検査するための方法。

【請求項16】

前記検査車両は、前記検査車両を設定された向きに自動的に向けるように構成される自動方向付け回路をさらに備える、請求項12から請求項15のいずれか1項に記載の蒸気発生器の二次側を検査するための方法。

20

【請求項17】

前記自動方向付け回路は、前記検査車両の予め定められた向きからのずれを検知すること、及び、前記予め定められた向きに合うように前記検査車両の向きを自動的に補正することのために用いられる、請求項16に記載の蒸気発生器の二次側を検査するための方法。

【請求項18】

前記自動方向付け回路は、前記検査車両の予め定められた向きからのずれを検知すること、及び、前記検査車両の前方への運動がない場合に、前記前方シャーシの1つ以上の車輪、前記後方シャーシの1つ以上の車輪、または前記前方シャーシおよび前記後方シャーシの1つ以上の車輪の組合せを選択的に駆動することにより、前記予め定められた向きに合うように前記検査車両の向きを自動的に補正することのために用いられる、請求項16に記載の蒸気発生器の二次側を検査するための方法。

30

【請求項19】

検査車両であって、

2つの独立して駆動される磁気車輪を備える前方シャーシと、

2つの独立して駆動される磁気車輪を備える後方シャーシと、

前記前方シャーシを前記後方シャーシに柔軟に接続して、前記前方シャーシと前記後方シャーシとの間の相対的な運動を許す接続部材とを備え、前記接続部材、前記前方シャーシ、および前記後方シャーシはまとめて受入区域を規定し、さらに、

40

モータによって駆動される回転可能アームと、前記回転可能アームの遠位部上に回転可能に配設される検査カメラとを含む検査カメラアセンブリを備え、前記検査カメラは前記モータと異なるモータによって駆動され、前記検査カメラはパンするように構成され、前記検査カメラアセンブリは、収容位置で前記受入区域内に収容されるように寸法決めされ、前記収容位置では、前記検査カメラと前記回転可能アームとの頂面は、前記検査車両の最上面の高さ以下であり、前記収容位置では、前記検査カメラの遠位面は、前記前方シャーシの前記磁気車輪の外表面と前記後方シャーシの前記磁気車輪の外表面との内側に位置する、検査車両。

【請求項20】

前記前方シャーシ上の前記独立して駆動される磁気車輪は互いからオフセットされ、前

50

記後方シャーシ上の前記独立して駆動される磁気車輪は互いからオフセットされる、請求項 19 に記載の検査車両。

【請求項 21】

前記検査車両を設定された向きに自動的に向けるように構成される自動方向付け回路をさらに備える、請求項 19 または請求項 20 に記載の検査車両。

【請求項 22】

前記検査カメラは、パン及びチルトするように構成されている、請求項 19 から請求項 21 のいずれか 1 項に記載の検査車両。

【請求項 23】

前記前方シャーシ上に配設されるナビゲーションカメラをさらに備える、請求項 19 から請求項 22 のいずれか 1 項に記載の検査車両。

10

【請求項 24】

前記回転可能アームは、第 1 の回転可能アームと、前記第 1 の回転可能アームの遠位部に配置された第 2 の回転可能アームとを備え、

前記回転可能アームを駆動する前記モータは、前記第 1 の回転可能アームを駆動する第 1 のモータと、前記第 2 の回転可能アームを駆動する第 2 のモータとを備え、

前記検査カメラは、前記第 2 の回転可能アームの遠位部に回転可能に配設される、請求項 19 から請求項 23 のいずれか 1 項に記載の検査車両。

【請求項 25】

各車輪の表面に隣接して圧縮空気を出力するように構成される空気式圧送システムをさらに備える、請求項 19 から請求項 24 のいずれ 1 項に記載の検査車両。

20

【請求項 26】

前記空気式圧送システムは、前記検査車両の移動の間、各車輪の表面に隣接して圧縮空気を出力するように構成される、請求項 25 に記載の検査車両。

【請求項 27】

前記空気式圧送システムは、空気式コネクタと、空気圧ガスを分配する空気式マニホールドと、各車輪に隣接して配設される 1 つ以上の開口の各々への空気式経路とを備える、請求項 25 または請求項 26 に記載の検査車両。

【請求項 28】

前記前方シャーシ、前記後方シャーシ、前記接続部材、および前記検査カメラアセンブリの寸法外包は、前記検査カメラアセンブリが収容位置で前記受入区域内に配設される場合、 $8.00'' \times 4.90'' \times 2.00''$ より小さい、請求項 19 から請求項 27 のいずれか 1 項に記載の検査車両。

30

【請求項 29】

前記検査カメラアセンブリの寸法外包は、前記検査カメラアセンブリが収容位置で前記受入区域内に配設される場合、 $4.90'' \times 3.35'' \times 1.33''$ より小さい、請求項 19 から請求項 27 のいずれか 1 項に記載の検査車両。

【請求項 30】

前記接続部材はヒンジである、請求項 19 から請求項 29 のいずれ 1 項に記載の検査車両。

40

【請求項 31】

対象物を目視検査するための方法であって、

前記対象物の近傍の表面に検査車両を配置するステップを備え、前記検査車両は、

2 つの独立して駆動される磁気車輪を備える前方シャーシと、

2 つの独立して駆動される磁気車輪を備える後方シャーシと、

前記前方シャーシを前記後方シャーシに柔軟に接続して、前記前方シャーシと前記後方シャーシとの間の相対的な運動を許す接続部材とを備え、前記接続部材、前記前方シャーシ、および前記後方シャーシはまとめて受入区域を規定し、さらに、

モータによって駆動される回転可能アームと、前記回転可能アームの遠位部に回転可能に配設される検査カメラとを含む検査カメラアセンブリを備え、前記検査カメラは前記

50

モータと異なるモータによって駆動され、前記検査カメラはパンするように構成され、前記検査カメラアセンブリは収容位置で前記受入区域内で収容されるように寸法決めされ、前記収容位置では、前記検査カメラと前記回転可能アームとの頂面は、前記検査車両の最上面の高さ以下であり、前記収容位置では、前記検査カメラの遠位面は、前記前方シャーシの前記磁気車輪の外表面と前記後方シャーシの前記磁気車輪の外表面との内側に位置し、さらに前記方法は、

前記検査車両を前記表面に沿って前記対象物に対する第1の位置に移動させるステップと、

前記検査車両が前記第1の位置にある間に、前記対象物の少なくとも一部を観察するために、前記検査カメラをパンするステップとを備える、対象物を目視検査するための方法。

10

【請求項32】

前記接続部材はヒンジである、請求項31に記載の対象物を目視検査するための方法。

【請求項33】

前記検査カメラは、パン及びチルトするように構成される、請求項31または請求項32に記載の対象物を目視検査するための方法。

【請求項34】

前記回転可能アームは、第1の回転可能アームと、前記第1の回転可能アームの遠位部上に配置された第2の回転可能アームとを備え、

前記回転可能アームを駆動する前記モータは、前記第1の回転可能アームを駆動する第1のモータと、前記第2の回転可能アームを駆動する第2のモータとを備え、

20

前記検査カメラは、前記第2の回転可能アームの遠位部上に回転可能に配設される、請求項31から請求項33のいずれか1項に記載の対象物を目視検査するための方法。

【請求項35】

前記検査車両は、前記検査車両を設定された向きに自動的に向けるように構成される自動方向付け回路をさらに備える、請求項31から請求項34のいずれか1項に記載の対象物を目視検査するための方法。

【請求項36】

複数の異なる位置から前記対象物を目視検査するために、前記検査車両を移動させるステップと前記検査カメラをパンするステップとを順次繰返すステップをさらに備える、請求項31から請求項35のいずれか1項に記載の対象物を目視検査するための方法。

30

【請求項37】

前記対象物は、周囲が囲まれた物の中に位置している、請求項31から請求項36のいずれか1項に記載の対象物を目視検査するための方法。

【請求項38】

前記周囲が囲まれた物は、容器またはパイプを含む、請求項37に記載の対象物を目視検査するための方法。

【請求項39】

前記表面は、水平位置から傾いている、請求項31から請求項38のいずれか1項に記載の対象物を目視検査するための方法。

40

【請求項40】

前記表面は、約90度傾いている、請求項39に記載の対象物を目視検査するための方法。

【請求項41】

前記自動方向付け回路は、前記検査車両の予め定められた向きからのずれを検知すること、及び、前記予め定められた向きに合うように前記検査車両の向きを自動的に補正することのために用いられる、請求項35に記載の対象物を目視検査するための方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

優先権主張

この出願は2009年2月27日に提出された61/156,121の優先権を主張し、その全体がここに引用により援用される。

【0002】

発明の分野

この発明は、蒸気発生器を検査するための方法および装置に関し、より特定的には蒸気発生器内部を遠隔から検査するための方法および装置に関する。

【背景技術】

【0003】

発明の背景

加圧水型原子炉（PWR）では、一次側の核反応で発生する熱が原子炉冷却水に伝わる。次に原子炉冷却水は蒸気発生器（たとえば、WestinghouseのModel 51蒸気発生器）の熱い脚部の中に通され、蒸気発生器中のU字管（「管束」）を通して移動し（蒸気発生器の二次側の水に熱を伝え）、蒸気発生器の「冷たい」脚部を通して出て行き原子炉に戻ってループを完成しかつこれを永続させる。

【0004】

PWR蒸気発生器は典型的に、半球型の端セクションを有する直立した円筒形の圧力容器であり、内面をオーステナイト系ステンレス鋼で覆われている。横断プレート、すなわちチューブシートは、円筒形セクションの下方端に配設され、蒸気発生器を、チューブシートよりも下の下部半球セクションである一次側とチューブシートよりも上の二次側とに分割する。2つの16インチ径の人道により、停止期間中の検査およびメンテナンスのためのアクセスが可能になる。鉛直方向の壁は、一次側を入口セクションと出口セクションとに分ける。チューブシートも上記のU字管をその下方端で支持する。チューブシートは入口セクションと出口セクションとに何千個もの穴（たとえば11,252個の穴）を備え、各々のU字管の一方端が入口セクションの穴に挿入され、U字管の他方端が出口セクションの穴に挿入される（たとえば、5,626本の管）。このように、一方端では、各々のU字管は一次側の入口セクションと連通し、他方端は一次側の出口セクションと連通する。U字管は、支持プレート（たとえば、厚みがほぼ1インチで、約39インチ離間された7枚の管支持プレート）により、チューブシート上方のさまざまな高さで支持される。管支持プレートは各々のU字管毎に開口を備え、そのような支持プレートは、たとえば、卵の仕切り箱のような構成または四つ葉形（クローバー形）の構成を備え、支持プレートそれら自体はタイロッドおよび蒸気発生器円筒形ラッパーによって支持されている。2つの小さな作業孔がチューブシート上方に位置し、チューブシートの二次側へのアクセスを限定している。

【0005】

上記蒸気発生器円筒形ラッパーは管束と蒸気発生器シェルとの間に配設され、その間に環状の「下降管」チャンバを規定し、チューブシート上方で予め定められた距離を終端する。二次流体（「給水」）は、蒸気発生器の二次側の上部に導入され、蒸気発生器シリンダの内面と蒸気発生器ラッパーの外面との間に形成される環状チャンバを下方へチューブシートまで移動し、チューブシートに沿って径方向内向きにおよびラッパー内側のU字管同士の間を上向きに、U字管の外側と熱伝導関係にある、チューブシート上方のU字管の周りを循環する。この熱伝導によって給水の一部が蒸気に変換され、次に蒸気が蒸気タービンに伝わって発電する。

【0006】

一次側と二次側との間の障壁の安全性、ならびに／または一般的な腐食、粒間腐食、点食、および応力腐食割れ（SCC）、フレッキング、くぼみなどの、一次側から二次側への熱伝達の効率の低下を引起すと認識されているさまざまなメカニズムが存在する。

【0007】

米国連邦規則第10条（10CFR）は、蒸気発生器のU字管の完全性に関する基本的な規制要件を確立しており、10CFR第50部の付録Aの一般設計基準（GDC）では

10

20

30

40

50

、一次側と二次側との間の原子炉冷却材圧力バウンダリ（R C P B）が、「異常な漏洩、急速な伝播故障、および大きな破断という可能性が非常に低くなるように設計され、作製され、建設され、かつ試験され」なければならない（G D C 1 4）、「实际的最高品質基準で設計され、作製され、建設され、かつ試験され」なければならない（G D C 3 0）、かつ「構造的完全性および漏れ止め完全性を図るために重要区域および特徴の定期検査および試験を許すように設計され」なければならない（G D C 3 2）と述べている。蒸気発生器管の完全性の重要性を考えると、P W R免許保持者は蒸気発生器U字管の監視を監督する技術基準を有するが、そのような技術基準は典型的に、米国原子力規制委員会が発行する一般通知（G L）2 0 0 4－0 1で注記されるように、管を検査するための非破壊的試験方法を規定したり、またはどこで特定の方法論を用いるべきかを明記していない。そこにさらに注記されるように、蒸気発生器のU字管は、1 0 C F R第5 0部の付録Bの品質保証要件にも従う。技術基準（T S）は非破壊試験方法またはどの場所で特定のテスト方法を用いなければならないかを明記していないにもかかわらず、1 0 C F R第5 0部の付録Bの基準I X、「特別なプロセスの制御」は、部分的に、非破壊的試験が、適用可能な規定、基準、標準、判断基準、および他の特別な要件に従う適格な手順を用いて適格な人員によって制御され達成されることを要件としている。

10

【0 0 0 8】

N R Cの一般通知9 7－0 6は、たとえば、停止中に行なわれる二次側目視検査を通して発見された蒸気発生器管の、卵の仕切り箱状の支持体の腐食に基づく劣化を含む、U字管支持体の劣化に関する蒸気発生器のU字管の完全性および故障のメカニズムを扱っている。N R Cの一般通知9 7－0 5も蒸気発生器の管の検査技術を扱った。これより前に、N R C情報通知（I N）7 9－2 7は、蒸気発生器の二次側の異物による蒸気発生器のU字管の破断の潜在性を強調した。蒸気発生器検査に関する手引きは、電力研究所（E P R I）ガイドライン、ならびに蒸気発生器の検査、メンテナンス、および修理判断基準を取決める自らに課した一般的業界ガイドラインであるN E I 9 7－0 6によって与えられている。

20

【0 0 0 9】

そのような要件およびガイドラインを満たすため、検査は、以前は、不利なことに放射線量が高かったかつ高い（作業者の保護および被曝時間の限定を要件とする）蒸気発生器に映像プローブを手作業で押込むことによって、またはアニュラス領域を検査することはできたがチューブシートと第1の管支持体との間の束ねられた高流量領域および環状領域を検査することができなかった検査クロウを用いることによって、行なわれた。

30

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0 0 1 0】

発明の要約

本発明の1つの局面に従うと、蒸気発生器を検査するように構成される検査車両は、2つの独立して駆動される磁気車輪を有する前方シャーシと、2つの独立して駆動される磁気車輪を有する後方シャーシと、前方シャーシを後方シャーシに柔軟に接続して少なくとも1つの軸に沿った前方シャーシと後方シャーシとの間の相対的な運動を許す接続部材を含む。接続部材、前方シャーシ、および後方シャーシはまとめて受入区域を規定する。検査車両は、前方シャーシ上に配設されたナビゲーションカメラと、第1のモータによって駆動される第1の回転可能アーム、第2のモータによって駆動される、第1の回転可能アームの遠位部上に配設される第2の回転可能アーム、および第3のモータによって駆動される、第2のアームの遠位部上に回転可能に配設される検査カメラを含むパンチルト検査カメラアセンブリと、も含み、カメラアセンブリは収容位置で受入区域内で受けられるように寸法決めされる。

40

【0 0 1 1】

発明の別の局面に従うと、蒸気発生器を検査するように構成される検査車両は、互いからオフセットされる、2つの独立して駆動される磁気車輪を備える前方シャーシと、互い

50

からオフセットされる、2つの独立して駆動される磁気車輪を備える後方シャーシとを含む。ヒンジは、前方シャーシを後方シャーシに柔軟に接続して前方シャーシと後方シャーシとの間の相対的な角度のある運動を許す。接続部材、前方シャーシ、および後方シャーシはまとめて受入区域を規定し、この中にパンチルト検査カメラアセンブリが収容されるように構成される。パンチルト検査カメラアセンブリは、第1のモータによって駆動される第1の回転可能アームと、第2のモータによって駆動される、第1の回転可能アームの遠位部上に配設される第2の回転可能アームと、第3のモータによって駆動される、第2のアームの遠位部上に回転可能に配設される検査カメラとを備える。検査車両は、検査車両を設定された向きに自動的に向けるように構成される自動方向付け回路をさらに備える。

10

【0012】

発明のさらに別の局面に従うと、蒸気発生器の二次側を検査するための方法が提供され、方法は、蒸気発生器の二次側の作業孔を通して検査車両を挿入する行為を備え、検査車両は、2つの独立して駆動される磁気車輪を備える前方シャーシと、2つの独立して駆動される磁気車輪を備える後方シャーシと、前方シャーシを後方シャーシに柔軟に接続して前方シャーシと後方シャーシとの間の相対的な角度のある運動を許すヒンジと、接続部材、前方シャーシ、および後方シャーシによって規定される受入区域と、第1のモータによって駆動される第1の回転可能アーム、第2のモータによって駆動される、第1の回転可能アームの遠位部上に配設される第2の回転可能アーム、および第3のモータによって駆動される、第2のアームの遠位部上に回転可能に配設される検査カメラを備えるパンチルト検査カメラアセンブリとを備え、カメラアセンブリは収容位置で受入区域内に受けられるように寸法決めされ、さらに検査車両は検査車両を設定された向きに自動的に向けるように構成される自動方向付け回路を備える。方法はさらに、U字管の最初の並びに検査車両を移動させる行為と、チューブシートと流れ分配バッフルとの間で検査カメラをパンして、チューブシート、U字管、および流れ分配バッフルを検査する行為と、U字管の1つの並びから次の並びへ検査車両を前進させる行為と、流れ分配バッフルとチューブシートとの間で検査カメラをパンして、チューブシート、U字管、および流れ分配バッフルを検査する行為とを備える。この方法に従うと、移動させ、前進させ、およびパンして検査する行為は順次繰返される。

20

【0013】

図面を参照してなされるさまざまな実施形態の詳細な説明に鑑みて、当業者には発明の付加的な局面が明らかになるであろう。図面の簡単な説明を以下に与える。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1a】カメラアセンブリが収容された構成の、本発明の実施形態の斜視図である。

【図1b】カメラアセンブリが第1の構成にある、図1aに示された本発明の実施形態の別の斜視図である。

【図1c】カメラアセンブリが第2の構成にある、先行する図に示された本発明の実施形態の別の斜視図である。

【図1d】カメラアセンブリが第3の構成にある、先行する図に示された本発明の実施形態の別の斜視図である。

40

【図1e】カメラアセンブリが第4の構成にある、先行する図に示された本発明の実施形態の別の斜視図である。

【図1f】カメラアセンブリが第5の構成にある、先行する図に示された本発明の実施形態の別の斜視図である。

【図1g】カメラアセンブリが第6の構成にある、先行する図に示された本発明の実施形態の別の斜視図である。

【図1h】カメラアセンブリが第7の構成にある、先行する図に示された本発明の実施形態の別の斜視図である。

【図1i】カメラアセンブリが第8の構成にある、先行する図に示された本発明の実施形

50

態の別の斜視図である。

【図 1 j】図 1 i に示されるような本発明の実施形態の異なる斜視図である。

【図 1 k】図 1 i－図 1 j に示されるような本発明の実施形態のさらに別の斜視図である。

【図 1 l】図 1 i－図 1 k に示されるような本発明の実施形態の第 1 の側面図である。

【図 1 m】図 1 i－図 1 l に示されるような本発明の実施形態の背面図である。

【図 1 n】図 1 i－図 1 m に示されるような本発明の実施形態の第 2 の側面図である。

【図 1 o】図 1 i－図 1 n に示されるような本発明の実施形態の正面図である。

【図 1 p】カメラアセンブリが収容された構成にある、先行する図 1 a－図 1 m に示されるような本発明の実施形態の側面図である。

10

【図 2 a】検査カメラがチューブシートに向かって下向きにされた、蒸気発生器中に配設された本概念の少なくともいくつかの局面に従う検査車両を示す図である。

【図 2 b】検査カメラが流れ分配バッフル (FDB) /ラッパーインターフェイスに向かって上向きにされた、蒸気発生器中に配設された本概念の少なくともいくつかの局面に従う検査車両を示す図である。

【図 3】検査カメラが流れ分配バッフル (FDB) /ラッパーインターフェイスに向かって上向きにされた、蒸気発生器中に配設された本概念の少なくともいくつかの局面に従う検査車両の別の図である。

【図 4】図 3 に示された検査車両の等角図である。

【図 5】本概念の少なくともいくつかの局面に従う検査車両の向き自動補正システムの動作を図示する図である。

20

【図 6】本概念の少なくともいくつかの局面に従う向き自動補正回路の例を図示する図である。

【図 7】本概念の少なくともいくつかの局面に従うケーブル管理デバイスの例を図示する図である。

【図 8】本概念の少なくともいくつかの局面に従う蒸気発生器作業孔フランジ上に装着されたケーブル管理デバイスの例を図示する図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

詳細な説明

30

発明はさまざまな変更例および代替的な形態が可能である一方で、図面には例示のために特定の形態を示し、ここに詳細に記載する。しかしながら、開示される特定の形態に発明が限定されることを意図するものではないことを理解すべきである。むしろ、発明は、添付の請求項が規定するような発明の精神および範囲内に入るすべての変更例、均等物、および代替例を包含するものである。

【0016】

この発明は多くの異なる形態の実施形態が可能であるが、発明の好ましい実施形態を図面に示し、本明細書中に詳細に記載する。本開示は、発明の原則の例示として考えられるべきものであり、発明の広い局面を図示される実施形態に限定することを意図するものではないことが理解される。

40

【0017】

本開示の概念は、少なくともいくつかの局面では、磁気検査車両 100 を利用する検査システムに関し、より特定のには、図 1 a－図 1 p に例示的に示されるものなどの、磁気検査車両 100 を備える蒸気発生器シェルラッパーアニュラス検査システムに関する。本明細書中に開示される検査システムは、検査車両 100 と組合せて配備される遠隔カメラシステムを備え、そのような検査システムは、蒸気発生器のアニュラス領域中の遊離したもしくは凝固した汚泥、および／または異物もしくは物体の存在の観察を行なうなどの目視検査をそれにより行なうように構成され、図 2 a－図 2 b および図 3－図 4 でそのような目視検査を例示的に表している。このシステムは、チューブシートアニュラスの頂部およびチューブシートレベルから流れ分配バッフル (FDB) の底部端縁までの周辺管を 3

50

60°調査するように構成され、特に蒸気発生器の二次側の高流量領域の視界を与える。このシステムは管束への少なくとも3本の管を検査するようにも構成される。

【0018】

この検査車両100は、以下にさらに記載されるように、3つの主要部分またはシステムと、圧送プラットフォームと、カメラアセンブリと、連結材とを備える。

【0019】

圧送プラットフォームは前方車10および後方車20を備え、これらは、少なくとも1つの軸に沿った前方車10と後方車20との間の相対的な運動を許す接続要素（たとえばヒンジ170）によってともに接続される。前方車10および後方車20の各々は2つの車輪105を備え、示される実施形態では、車輪105の各々はモータ106によって別個に駆動される。好適なモータの一例は、米国、フロリダ州、クリアウォーターのMicroMo Electronics, Inc.によって製造されたMicroMo 1331T012S 14/1である。車輪105のモータ106は、アニュラスの周りを走るように磁気車輪に電力を与える。サマリウムまたはネオジム磁石（たとえば、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 、 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ など）を備える磁気車輪105はそれら自体十分な磁性吸引を与えて、システムが動作中に蒸気発生器シェルを滑り落ちなくするように構成される。接続要素（たとえばヒンジ170）により、システムは、シェルのカーブした内径上で関節式に曲がることができ、その表面との接触が常に確実になる。

【0020】

本好ましい構成では、車輪105は駆動モータ106の端に直接に取付けられ、車輪は、蒸気発生器作業孔貫通によって課されて典型的に遭遇する制約の範囲内で、検査車両の全体的な寸法外包（envelope）を維持するように、オフセットした関係で配設される（たとえばこれは、5.83"または148mm径の開口を通して嵌合しなければならない）。示されるように、検査車両100の全体的な寸法は、以下に記載されるコネクタ300を除き、8.00"（L）×4.96"（W）×2.00"（H）である。第1のアーム110と、第2のアーム120と、検査カメラ140とを備えるカメラアセンブリの全体的な寸法外包は、4.90"（L）×3.35"（W）×1.33"（H）である。車輪105は直径が1.00"である。検査すべき他の圧力容器、パイプ、またはシステムは、同様のサイズ決め制約が存在しない、本明細書中に示される実施形態の対応の変形を許してもよい。

【0021】

圧送プラットフォームは、後方車10のほぼ前に配設される補助ライト155と、図示された例では検査車両100の移動方向を照らす4つのライトと、も備える。1つの局面では、ライト155は、日亜化学工業株式会社の白色LED、モデル番号NSPW500BS、またはDRAGONtape（登録商標）White430 Lumen LED、モデル番号OSRAM DT6-W4F-854などの白色LEDライトを備えるが、これらに限定されるものではない。

【0022】

カメラアセンブリは、図1a-図1pに一般的に示されるように、パンモータを載置する第1のアーム110と、チルトモータを載置する第2のアーム120と、（示された筐体下の）延伸モータ130と、カメラ140とを備える。これらのアームおよびモータは、取付けられた検査カメラ140に完全なパンチルト能力を与える。本好ましい局面では、チルトモータ、パンモータ、および延伸モータのうち1つ以上は、米国、フロリダ州、クリアウォーターのMicroMo Electronics, Inc.によって製造されたMicroMo DC-マイククロモータ0816008S+08/1 1024:1である。

【0023】

付加的なナビゲーションカメラ150が検査車両100の前方にオプションで配設されて、検査車両100の移動方向の視界を与え、これにより蒸気発生器（または他の検査環境）外側に位置する遠隔のオペレータによる検査車両の「駆動」を容易にする。本好ましい局面では、示される検査カメラ140は、ライブ映像を与えるように構成される、米国

10

20

30

40

50

、テキサス州、キャロルトンのSensor Technologies America, Inc.によって製造されたSTC-N64またはSTC-P64高分解能高性能CCDカラーボードカメラである。駆動カメラ150はSTC-N64を備えてもよく、またはKT&C KPC-EX20P3もしくはKPC-S20CP3カメラなどの別の型およびモデルのカメラを備えてもよい。さらに、添付の図に示されるものの代替の構成では、ナビゲーションカメラ150を省略し、検査カメラ140それ自体をナビゲーションおよび検査機能の両方に利用する。

【0024】

このように、示されるように、検査システムは、2つのカメラアセンブリ、すなわち、ナビゲーションおよび全般的観察に用いられる、前方を向いたカラー据置型カメラ150（および照明155）と、検査に用いられる、頂部に装着されたパン／チルトカラーカメラ140（および照明145）と、を具備する。第1のアーム110のパンモータは、カメラが左右にパンできるようにし、第2のアーム120のチルトモータはカメラが上下を見ることができるようにする。延伸モータ130は、第1のアーム110が検査車両110の本体の内外へ動けるようにする。

【0025】

連結材は一般的に検査車両100と検査車両のオペレータとの間の接続を指し、コネクタポート165と、空気式コネクタ300と、空気式マニホールド310と、ケーブル200（図5）とを含む。本概念の少なくともいくつかの局面では、第1の連結コードは検査車両100に電力を与えて、検査車両100とオペレータとの間での信号（たとえば映像信号、制御信号など）の伝送を可能にし、第2の連結コードは、空気式コネクタ300および空気式マニホールド310を備える空気式圧送システムに圧縮気体（たとえば空気）を与える。少なくともいくつかの局面では、連結材の長さは約50フィートであるが、特定の適用例に適合するように、連結材の長さはより長くても（たとえば100'、150'）またはより短くてもよい。

【0026】

空気式圧送システムは、空気式マニホールド310の出口ノズルを、各々の車輪ブロック107の頂部に取付けられる空気ハブまたは空気式フィッティング160の対応する入口ノズルに接続するように配設される気送管（図示せず）も備える。圧縮気体（たとえば空気）は次に、車輪ブロック107の頂部の穴を通して、1つ以上の通路を通して車輪ブロックの内側半径に形成される1つ以上の開口へ（たとえば3つの小さな穴または先細ノズル）（図示せず）に移される。換言すると、開口は一般的に車輪の表面に隣接しており、それぞれの車輪105に圧縮気体に向けて、磁気車輪に付着した（たとえば磁性）粒子またはデブリを除去するように構成される。さまざまな局面では、圧縮気体の供給はオペレータによって局所的に制御されてもよく、検査車両に圧縮気体（たとえば空気）を連続的に供給するように開いたままにされるか、または必要ない場合は選択的に切り離されてもよい。これに代えて、空気式マニホールド310は、それぞれの車輪に当たるように車輪ブロックの内側半径に形成される1つ以上の開口から空気を排出するように、または車輪のうち1つ以上から他の車輪のうち1つ以上に空気の方向を変えるように、選択的に（または自動的に）サイクルで動かされ得る弁を備えてもよい。

【0027】

代替的な構成では、圧縮空気システムは、たとえば、デルリン（登録商標）またはステンレス鋼から形成され、各車輪105に近接して配設される掻き取り部材（図示せず）と組合せて利用されてもよく、またはそれを優先して省略されてもよい。

【0028】

図1a-図1pに示される一連の画像に目を向けると、図1aは、カメラ140、第1のアーム110、および第2のアーム120が、検査車両の前方車10と、検査車両の後方車20と、前方車を後方車に接続する接続部材（たとえばヒンジ170）との間に形成される対応して形作られた（たとえば実質的に嵌まり合う）空間または受入区域に收容される例を示す。この收容された構成で、カメラ140、第1のアーム110、および第2

のアーム 1 2 0 の頂面は、図 1 p に示されるように、延伸モータ 1 3 0 筐体および他の構成要素の上面の高さ以下となるように寸法決めされ、これにより検査車両 1 0 0 の高さが限定される。横方向には、検査カメラ 1 4 0 の遠位面または外向き面も、車輪 1 0 5 の外面の内側になる。

【0029】

図 1 b は、その最初の収容位置から第 1 の傾いた位置（たとえば、示されるように 30°）にある第 1 のアーム 1 1 0 を示す。第 1 のアームは延伸モータ 1 3 0 のシャフトに直接に取付けられるので、モータシャフトの回転は第 1 のアームの対応した回転を生じる。図 1 c は、その最初の収容位置から第 2 の傾いた位置（たとえば、示されるように 90°）にある第 1 のアーム 1 1 0 を示す。同様に、図 1 d は、図 1 c に示される構成の後の、
図 1 a－図 1 c のその最初の収容位置から第 1 の傾いた位置（たとえば、示されるように 30°）への第 2 のアーム 1 1 0 の移動を示す。図 1 e は、その最初の収容位置から第 2 の傾いた位置（たとえば、示されるように 90°）に移動された第 2 のアーム 1 2 0 を示す。第 1 のアーム 1 1 0 と同様に、第 2 のアーム 1 2 0 は、第 1 のアーム 1 1 0 に配設されるパンモータのシャフトに直接に取付けられるので、パンモータのシャフトの回転は第 2 のアーム 1 2 0 の対応の回転を生じる。

10

【0030】

図 1 f は、図 1 e に示される構成の後の、図 1 a－図 1 e のその最初の収容位置からの第 1 の傾いた位置（たとえば、示されるように 30°）への検査カメラ 1 4 0 の移動を示す。図 1 g は、その最初の収容位置からの第 2 の傾いた位置（たとえば、示されるように 90°）に移動された検査カメラ 1 4 0 を示す。図 1 h は、その最初の収容位置からの第 3 の傾いた位置（たとえば、示されるように 120°）に移動された検査カメラ 1 4 0 を示す。図 1 i は、その最初の収容位置から第 4 の傾いた位置（たとえば、示されるように約 175°）に移動された検査カメラ 1 4 0 を示す。1 つの構成では、検査カメラ 1 4 0 は、第 2 のアーム 1 2 0 中に配設されたチルトモータのシャフトに直接に取付けられるため、チルトモータのシャフトの回転は検査カメラ 1 4 0 の対応の回転を生じる。代替的な構成では、検査カメラの回転軸は、第 2 のアーム 1 2 0 内に収められるプーリおよびベルト構成によって駆動されてもよく、プーリは次にチルトモータのシャフトに取付けられるピニオンによって駆動される。検査カメラ 1 4 0 の回転は、圧縮車輪または任意の他の動力を利用して実現することもできる。

20

30

【0031】

図 1 j－図 1 k は、図 1 i に示される同じ構成中の検査車両 1 0 0 の等角図を示し、図 1 j は主に背面図を示し、図 1 k は主に正面図を示す。同様に、図 1 l－図 1 o は、図 1 i に示される構成の、第 1 の側面図、背面図、第 2 の側面図、および正面図を示す。

【0032】

図 1 p は、検査カメラ 1 4 0 が収容された構成にある、図 1 a に示される検査車両 1 0 0 の側面図を示す。

【0033】

図 2 a－図 2 b および図 3－図 4 に示されるものなどの蒸気発生器検査適用例では、検査カメラ 1 4 0 は、（すなわち、蒸気発生器 5 0 0 と蒸気発生器円筒形ラッパー 5 1 0 との間の下降管領域の）蒸気発生器チューブシートアニュラスの頂部からチューブシートレベルまで、蒸気発生器の周の周りの 360° の視野を含む蒸気発生器 5 0 0 の全アニュラスを検査するように構成され、蒸気発生器流れ分配バッフルの底部端縁からチューブシートまでの周辺管およびいくつかの内部管を見る。なお、簡潔さおよび明瞭さのため、検査車両 1 0 0 とオペレータ検査車両 1 0 0 との間の連結材による接続は図 2 a－図 2 b および図 3－図 4 には示されていない。

40

【0034】

図 2 a－図 2 b の円錐形視界 4 0 0 に示されるように、検査カメラ 1 4 0 は、チューブシート 6 0 0 （たとえば、図 2 a の円錐形視界 4 0 0 内には約 7 本の管列が含有されて示される）から流れ分配バッフル（FDB）／支持プレートインターフェイスの底部まで、

50

束ねられた最低でも 3 つの管 520 の列の映像をオペレータに与えるように構成される。

【0035】

図 2 a－図 2 b および図 3－図 4 に示される蒸気発生器検査適用例では、検査車両 100 は、このように、たとえば、蒸気発生器アニユラス区域、チューブシート、もしくは一般的に周辺の U 字管に存在し得る何らかの異物を探索し位置特定する、および／または一般的な清浄さを検査する目視検査を行なうように用いられてもよい。さらに、検査車両 100 および関連のシステムは、人員の被曝を最小限にしつつ、アニユラスおよび高流量領域を詳細に検査できるようにする。

【0036】

検査車両 100 は、図 1 a－図 1 p に示されるチルトセンサ 250 もオプションで備えるが、これを備えることが有利である。チルトセンサ 250 は、車上でまたは遠隔処理デバイスを用いて利用される信号を出力して、自動補正（たとえば自動平準化）信号を車両の車輪 105 に与えて、車両をチューブシートまたは任意の他の基準に対して平行またはほぼ平行に位置決めするように車輪 105 を駆動する。チルトセンサ 250 および関連の自動補正特徴は、部分的に、検査車両 100 の個別の車輪 105 を駆動して、検査車両 100 を任意の予め選択された向きであり得る所望の向きに整列させるように適合される。いくつかの局面では、所望の向きは、蒸気発生器検査においてチューブシートに平行または実質的に平行であるような水平方向または実質的に水平方向であるが、他の向きが選択されてもよい。このように、検査車両 100 自動補正特徴は、ユーザが選択する向きに検査車両 100 を整列させるように構成されてもよい。

【0037】

図 5 に示されるように、検査車両 100 は、それが矢印の方向に移動する際にその位置を自動補正し、これにより、検査車両 100 がチューブシート 600 に平行な向きを維持するように示される。しかしながら、検査車両 100 の前方への運動は自動平準化が行なわれることを要件としておらず、自動平準化特徴は、検査車両 100 が静止しているときも活性である。たとえば、自動平準化は、車輪 105 の各々または選択された車輪の選択回転によって達成されてもよい。加えて、チルトセンサ 250 は、それが検査車両 100 の向きを忠実に示している限り、オプションで、車両の他の部分、すなわち、連結コネクタポート 165、検査車両 100 もしくは空気式コネクタ 300 に接続されるコード／管／ケーブル 200、または空気式コネクタ 300 に一体化されてもよい。

【0038】

本概念の少なくとも 1 つの局面では、自動補正特徴は、チルトセンサ 250 から与えられるフィードバック信号に基づいている。検査車両のオペレータによって動作される開ループ制御ボックス（図示せず）と検査車両 100 との間にアナログ閉ループ回路が形成される。開ループ制御ボックスは、開ループ制御システム（OLCS）、または好ましくは車両を動作させるように用いられるとともに、所望の微細さでチルトセンサの所望の向きの調節を可能にする制御部（たとえばノブ）を含む手動制御システムを備える。任意の数の予め定められた向きがオペレータが選択可能なオプションとして与えられてもよい。一例として、2 つの予め定められた向きが 180° 離して与えられてもよく、そのような予め定められた向きは選択スイッチによって可能化されて、たとえば、オペレータが同じアクセスポートから検査車両 100 を配備してアニユラスの熱い脚部側または冷たい脚部側を検査できるようにする。

【0039】

図 6 は、上記の自動補正特徴を与えるように利用され得る回路の一例を示す。補正または平準化フィードバック信号を用いて、アナログ閉ループ回路の差動段（演算増幅器加算段）をバイアスする。次に信号は、駆動モータに電力を与える DC 演算増幅器駆動段を通して比例して（+／－Vmax の %）増幅される。

【0040】

ケーブル管理システム 700 は、検査車両 100 を外部システム（たとえば、オペレータが用いるコンピュータ、開ループ制御ボックスなど）にリンクするケーブルおよび管に

10

20

30

40

50

給電し制御するのに設けられることが有利であり、図7ー図8に一例として表わされる。ケーブル管理システム700は、図示される例では、ケーブル管理システムが蒸気発生器作業孔550に装着されるようにする装着フランジ701を備える（図4を参照）。装着フランジ701の特定の構成は、異なる蒸気発生器構成に適合可能なように構成されることが有利であるが、必ずしもそうではない。たとえば、装着フランジは、選択されたプレートが取外し可能であり、かつ特定の蒸気発生器作業孔構成とともに用いるように適合される異なる交換可能なプレートと置換可能であるように、取外し可能プレートを備えてもよい。

【0041】

ケーブル管理システム700は、オペレータによって検査車両100に与えられる制御信号に応答してまたはこれと同期して、ケーブル（たとえば200）を把持または「挟む」、ならびにこれを蒸気発生器の中へまたは外へ駆動するモータおよびローラを収めるローラ筐体702も備える。MicroMo 2842S012S+30/1246:1などの電気駆動モータは各々、ケーブルを挟みかつ作業孔の中へこれを押し込むまたはそこから押し出す、それらに取付けられたローラを有する。

【0042】

ケーブル管理システム700は、ケーブル設置を容易にするように引張ることができるシャフトを備える張力調整器703も備える。張力調整器703は、ケーブルに対する張力を維持するばねも備える。電気インターフェイスボックス704は、検査車両100の内部電気dcサーボモータと、制御モジュール、すなわち開ループ制御システム（OLC S）との間の電気接続点またはインターフェイスを備える。図8を参照して、設置されたケーブル管理システム700に関連して蒸気発生器作業孔フランジ705および蒸気発生器作業孔フランジ706も示される。ケーブル管理システム700が一旦蒸気発生器作業孔フランジ705に設置されると、ケーブルラッチがケーブル（たとえば200）をローラ筐体の内側に保つ。

【0043】

望ましくは動作の前にシステムチェックが行なわれ、用いられることが予測される速度設定（たとえば、高、低）での前後左右への駆動方向をテストし、正しいモータ応答を検証するようにモータ制御をチェックすることなどにより、検査車両100およびカメラが機能していることを検証する。アーム延伸モータが両方向に延伸することを検証する、検査カメラ140が両方向に傾くのを検証する、および検査カメラ140が両方向にパンすることを検証することなどによって検査車両100のカメラをテストすることも有利である。チルトセンサ250は、動作の前に、空中で水平方向に車両を保持することによって、またチルトセンサ250をオンにして車の前方を下げ車の後方を上げるように動かすことによってチェックしてもよい。車両が水平でない場合は車両はそれ自身を補正する。

【0044】

検査システムを起動するため、ケーブル管理装着プレートを作業孔に設置する。次に、検査車両100を蒸気発生器に挿入し、ケーブル（たとえば図5の200）を連結材／ケーブルガイドのケーブル入口に通し、次に作業孔上に設置する。次に電動ケーブル送り器を作業孔マウントに装着し、ばねで荷重を加えられたプレート上に引張り上げることで、ケーブルスロットを通してケーブルを挿入する。ケーブルが給電車輪同士の間で適正に位置決めされると、ばねプレートを解放し、前方および後方連結ラッチの両者が定位置に位置決めされてロックされる。ケーブル容器がケーブル管理システムのすぐ後ろに位置決めされ、いずれの絡まりも最小限にするようにケーブル（「連結材」）が内側に渦巻き状に巻かれる。

【0045】

一旦検査が始まると、検査車両100は、検査カメラ140がチューブシート600に向かってU字管520の第1の並びの方に向きかつチルトセンサ250がオンされて検査車両100を平準化している状態で、所望の方向（たとえば右）に移動される。検査カメラ140は次に、図2bに示されるようにゆっくりと上にパンして、管束の中を流れ分配

10

20

30

40

50

バッフルまでずっと上に見ていってもよい。次に検査車両 100 は 1 並びだけ前方に移動し、次にカメラがチューブシート 600 まで戻るようにパンし、管束の中を見る。このプロセスが蒸気発生器のほぼ半分繰返される。オペレータが管束の 2 分の 1 の検査を完了すると、検査車両 100 はリバースに入れられ、好ましくは検査カメラ 140 でアニュラス領域を見ながら、作業孔まで駆動されて戻る。元の作業孔に一旦戻ってくると、次に検査車両 100 が再位置決めされ、同じ作業孔を通して蒸気発生器の他方の半分を検査することができる、または所望により検査車両 100 を移動させて反対の作業孔に設置して、上記ステップを繰返してもよい。

【0046】

動作において、検査システムは、遠隔操作場所にライブ映像を送ることができる。蒸気発生器内部で操作されながら、検査システムはこのように、たとえば、動作ステーションに（ナビゲーションカメラ 150 を介して）駆動方向の視界の映像を供給することができる。とともに、上記のように、そのようなオペレータに、検査カメラ 140 がチューブシートから FDB / ラッパーインターフェイスの底部までパンする際に、チューブシートから束ねられた管列を通して流れ分配バッフル（FDB） / ラッパーインターフェイスの底部までの管束中の U 字管の（検査カメラ 140 を介した）映像供給を与えることができる。

【0047】

これらの実施形態の各々およびその自明な変形は、以下の請求項で述べられる、請求される発明の精神および範囲内に入ると企図される。たとえば、本概念の少なくとも 1 つの局面では、第 2 のアーム 120 が第 1 のアーム 110 に固定されても、または全く省略されてもよく、検査カメラ 140 がそれぞれ第 1 のアームまたは第 2 のアームに取付けられ、パンおよびチルトに対して、応じてパンのみを行なうように構成されてもよい。

【図 1 a】

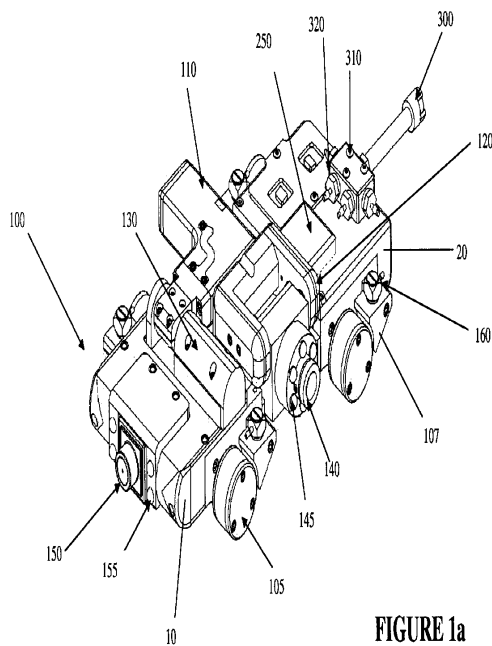


FIGURE 1a

【図 1 b】

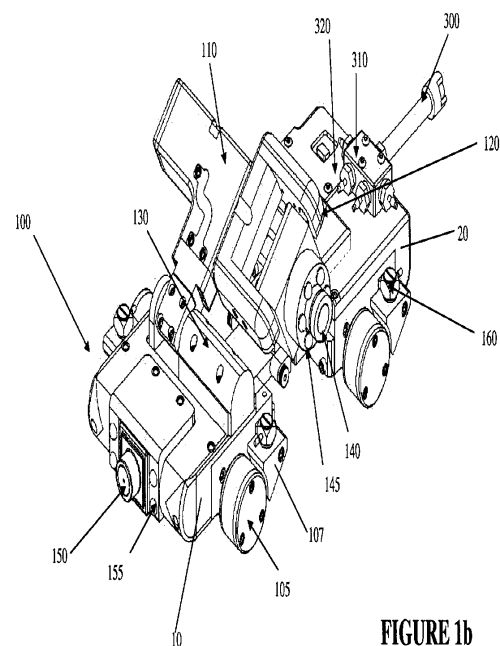


FIGURE 1b

【図 1 c】

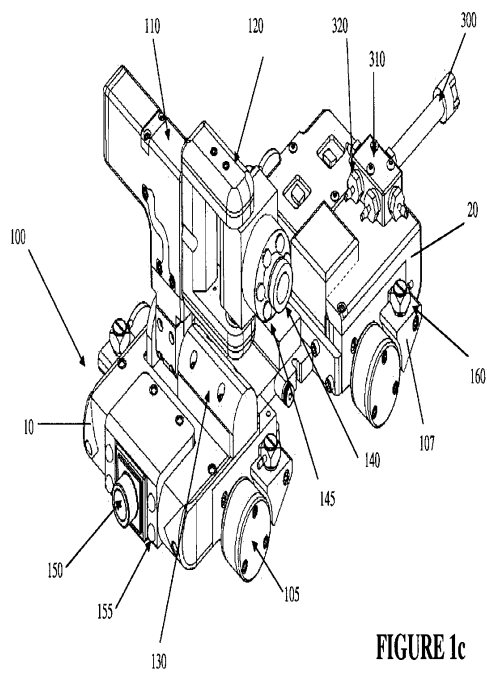


FIGURE 1c

【図 1 d】

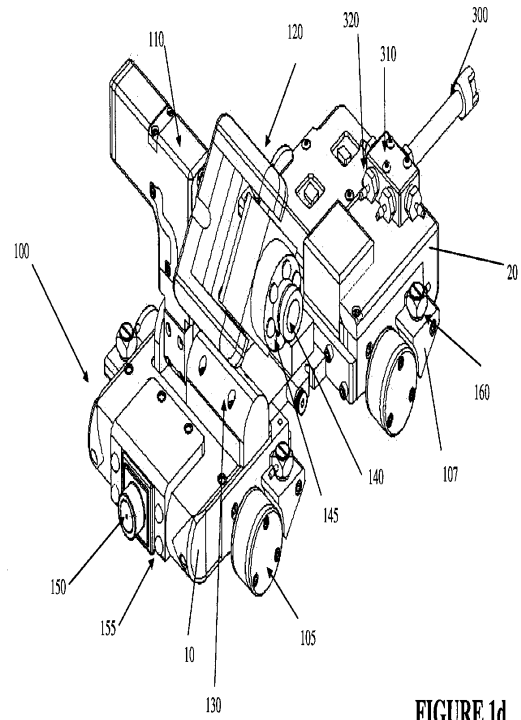


FIGURE 1d

【図 1 e】

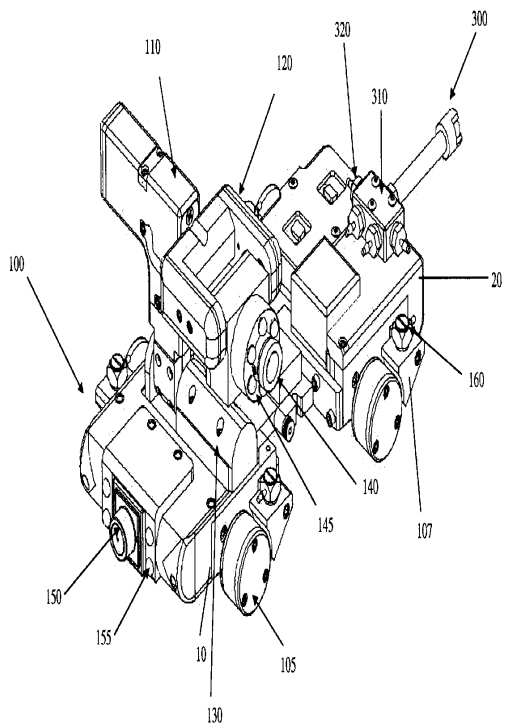


FIGURE 1e

【図 1 f】

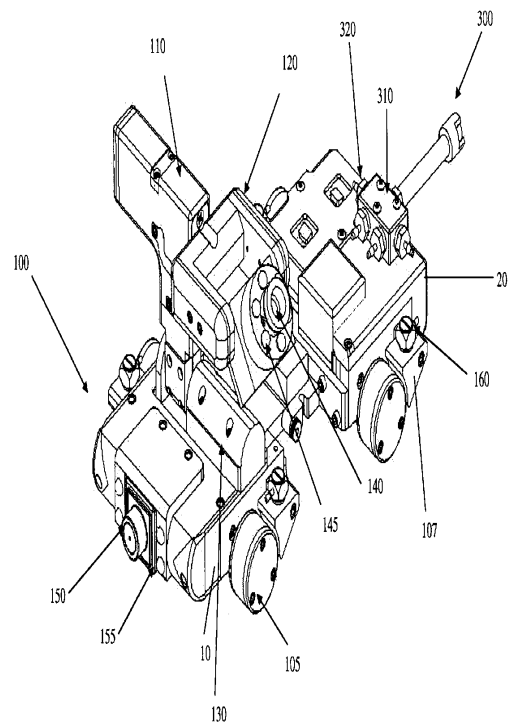


FIGURE 1f

【図 1 g】

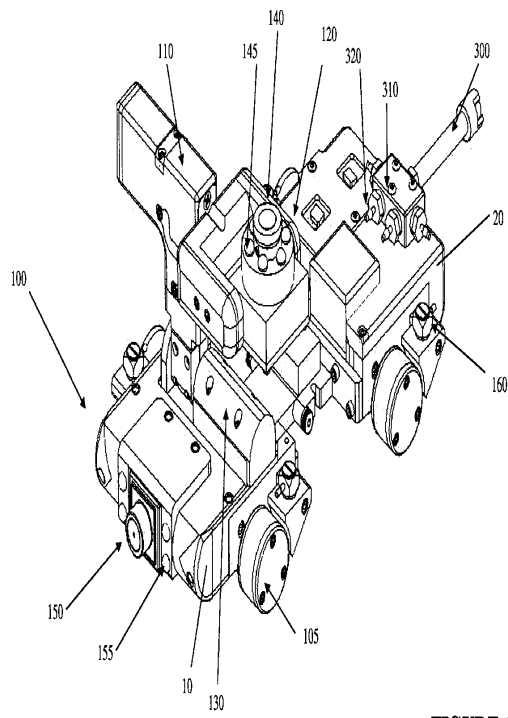


FIGURE 1g

【図 1 h】

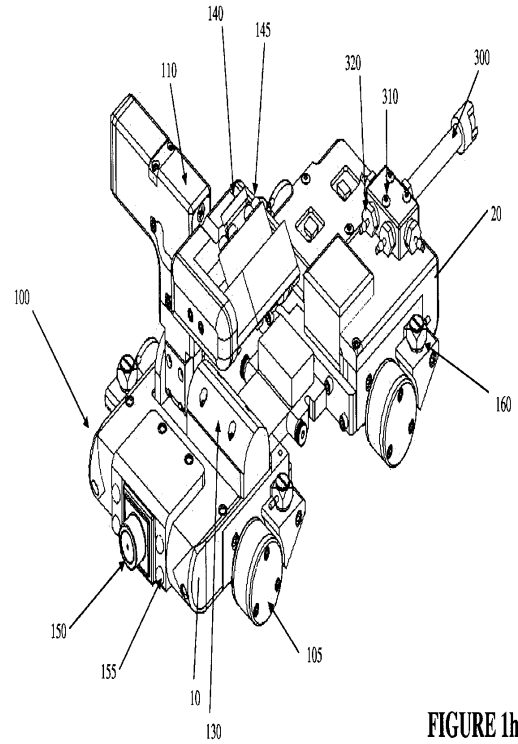


FIGURE 1h

【図 1 i】

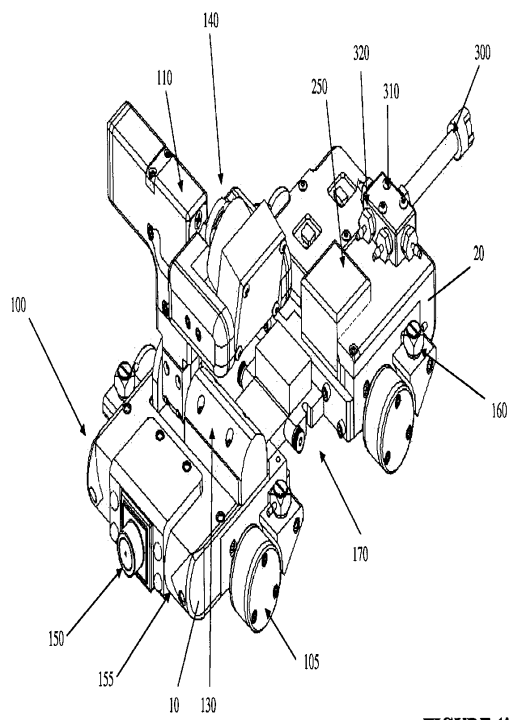


FIGURE 1i

【図 1 j】

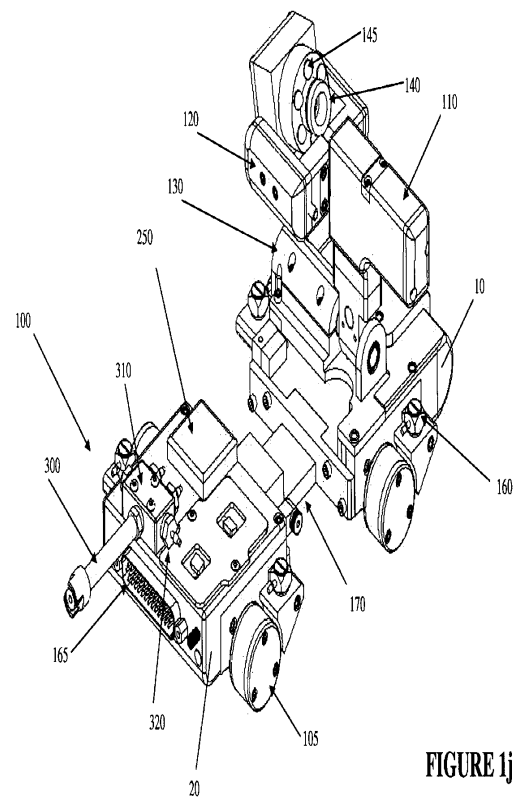


FIGURE 1j

【図 1 k】

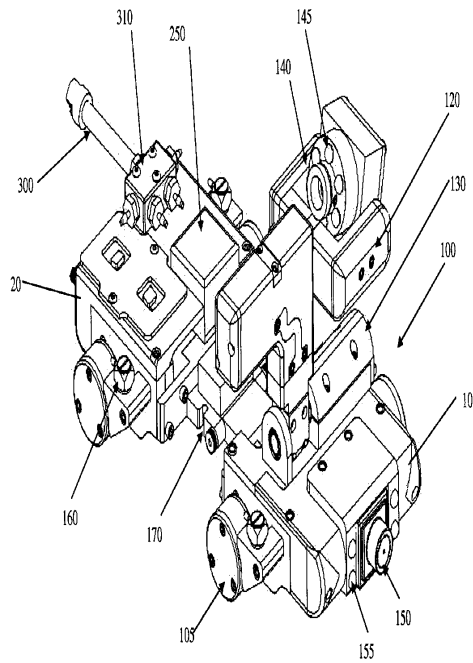


FIGURE 1k

【図 1 l】

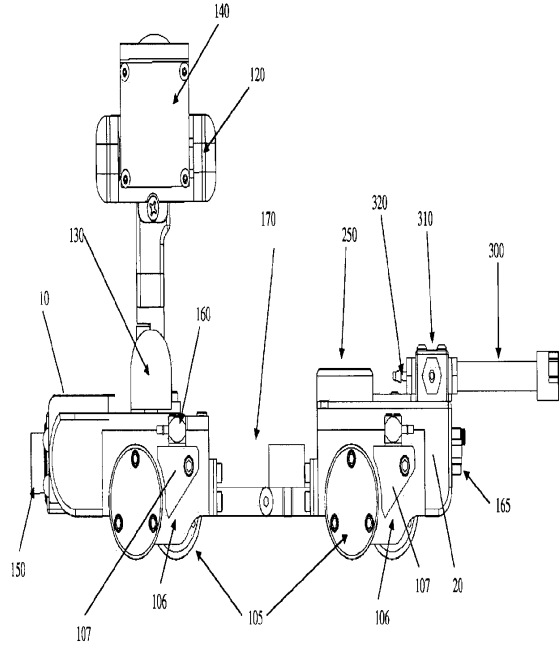


FIGURE 1l

【図 1 m】

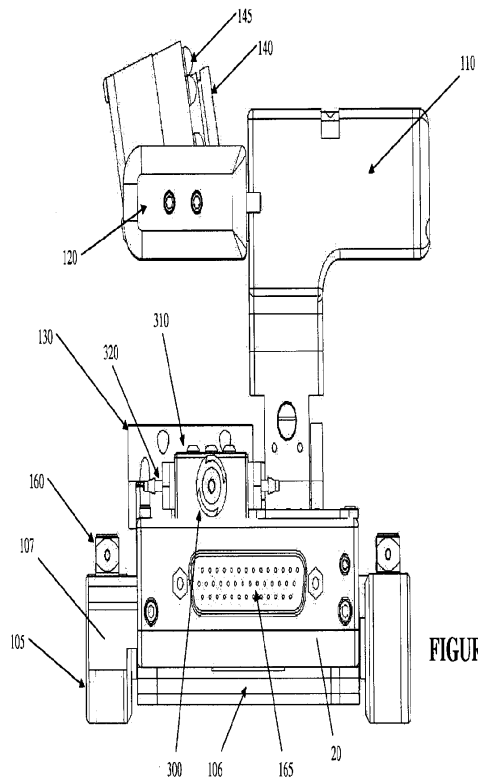


FIGURE 1m

【図 1 n】

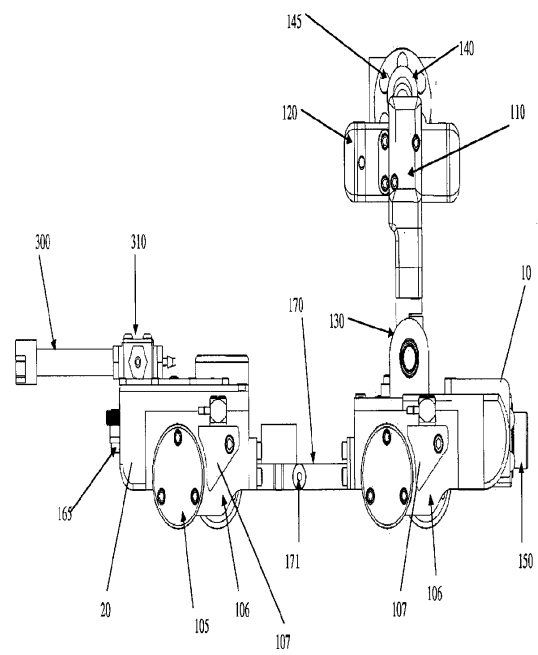


FIGURE 1n

【図 1 o】

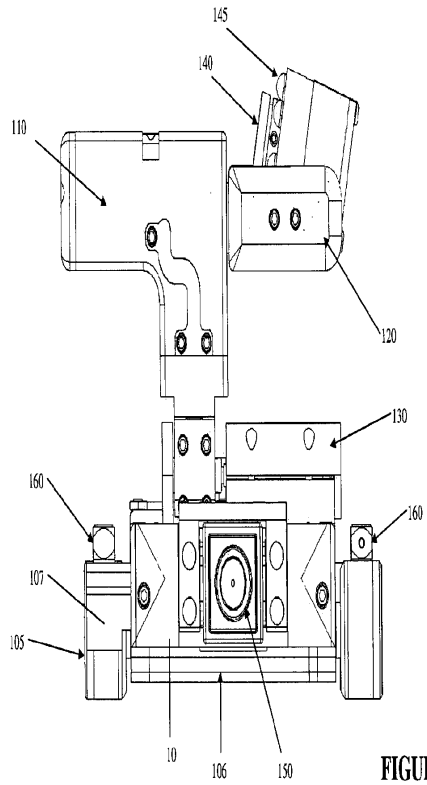


FIGURE 1o

【図 1 p】

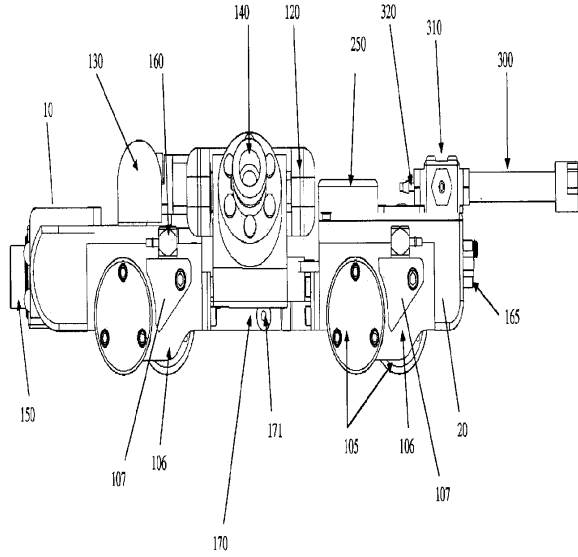


FIGURE 1p

【図 3】

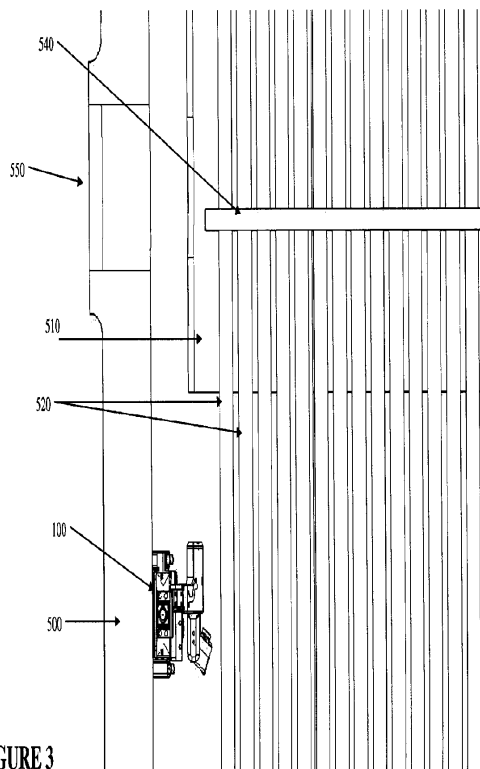


FIGURE 3

【図 4】

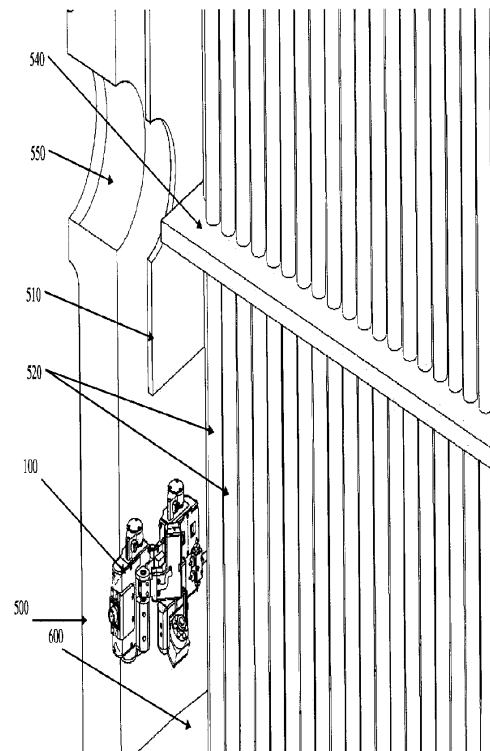


FIGURE 4

【図 5】

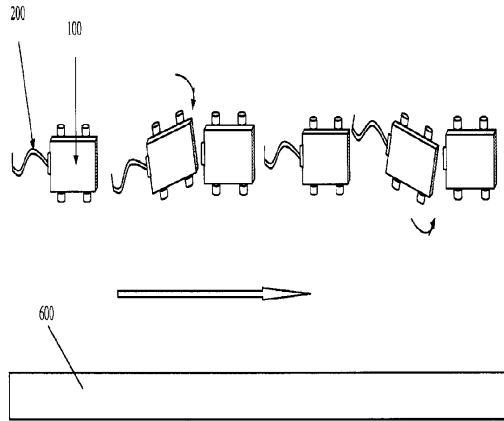


FIGURE 5

【図 6】

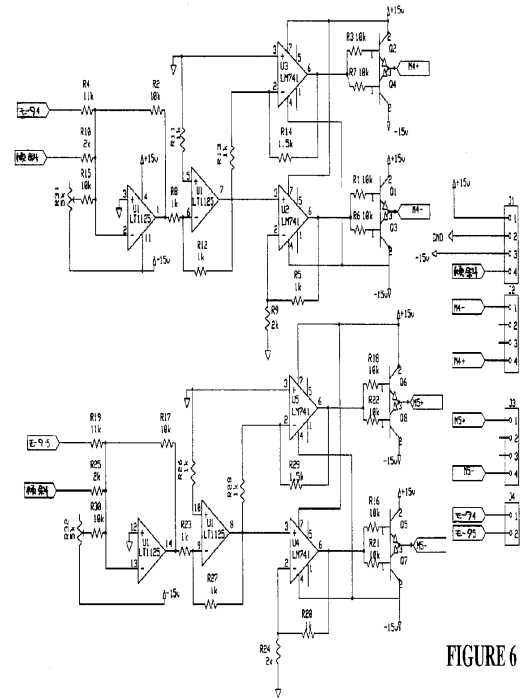


FIGURE 6

【図 7】

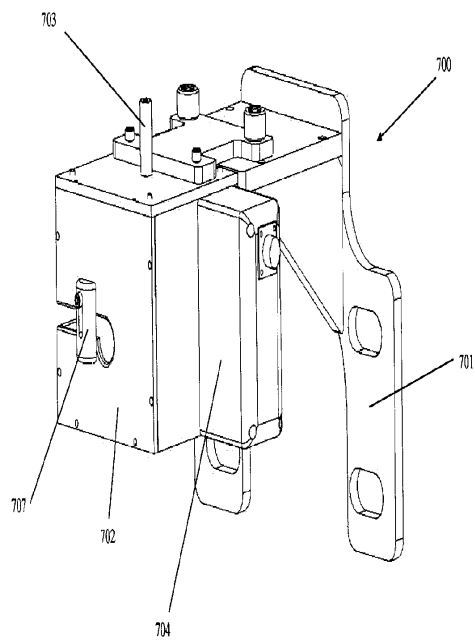


FIGURE 7

【図 8】

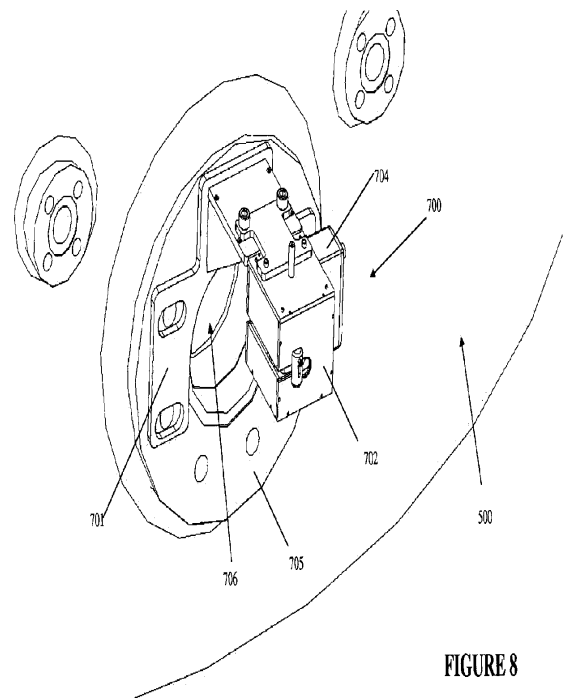


FIGURE 8

【図 2 a】

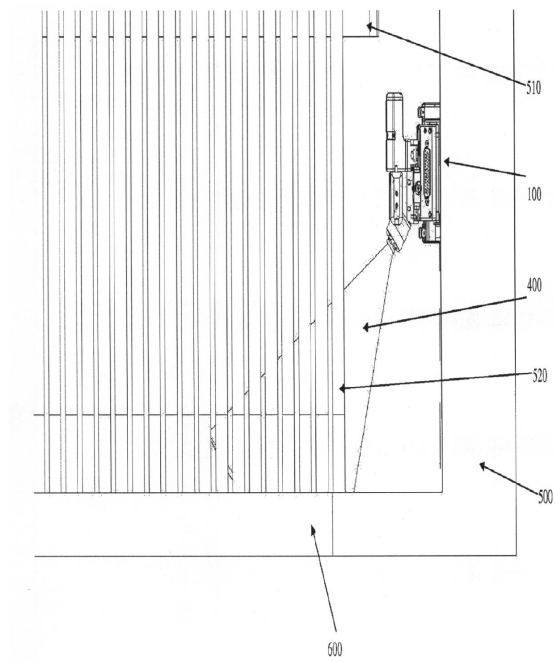


FIGURE 2a

【図 2 b】

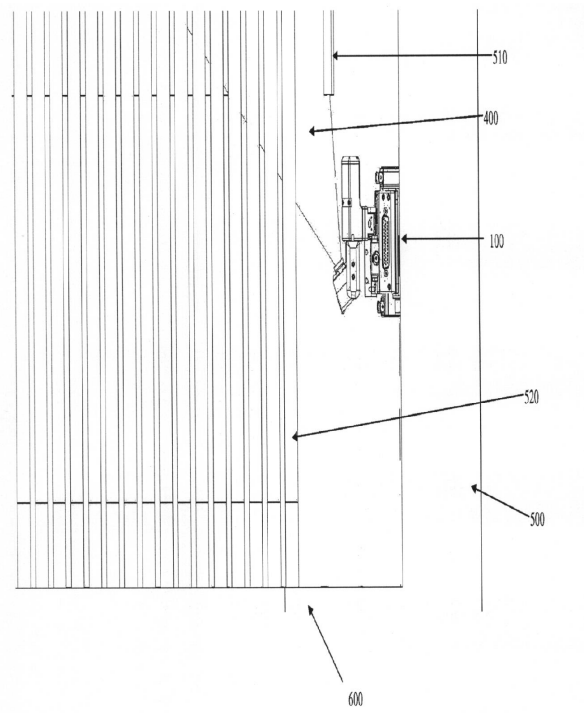


FIGURE 2b

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 2 5 J 5/00 (2006.01) B 2 5 J 5/00 A

(72)発明者 パドロ, ブライアン
アメリカ合衆国、1 4 5 8 0 ニュー・ヨーク州、ウェブスター、ヘフナー・ドライブ、1 2 8

審査官 藤原 弘

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 9 4 1 7 9 (J P, A)
特開昭 6 1 - 1 1 5 7 8 2 (J P, A)
米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 0 2 7 9 5 2 (U S, A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)
F 2 2 B 3 7 / 0 2
F 2 8 F 1 1 / 0 0
B 2 5 J 5 / 0 0
G 2 1 C 1 7 / 0 0
G 2 1 D 1 / 0 0