

(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2017-120256
(P2017-120256A)

(43) 公開日 平成29年7月6日(2017.7.6)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 2 1 C 17/003 (2006.01) G 2 1 C 17/00 E 2 G 0 7 5
 G 2 1 C 17/00 F

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L 外国語出願 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-242822 (P2016-242822) (22) 出願日 平成28年12月15日 (2016.12.15) (31) 優先権主張番号 14/982, 130 (32) 優先日 平成27年12月29日 (2015.12.29) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 508177046 ジーイー・ヒタチ・ニュークリア・エナジー・アメリカズ・エルエルシー GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS, LLC アメリカ合衆国, 28401, ノースカロライナ州, ウィルミントン, キャスル・ヘイン・ロード, 3901</p> <p>(74) 代理人 100137545 弁理士 荒川 聡志</p> <p>(74) 代理人 100105588 弁理士 小倉 博</p> <p>(74) 代理人 100129779 弁理士 黒川 俊久</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

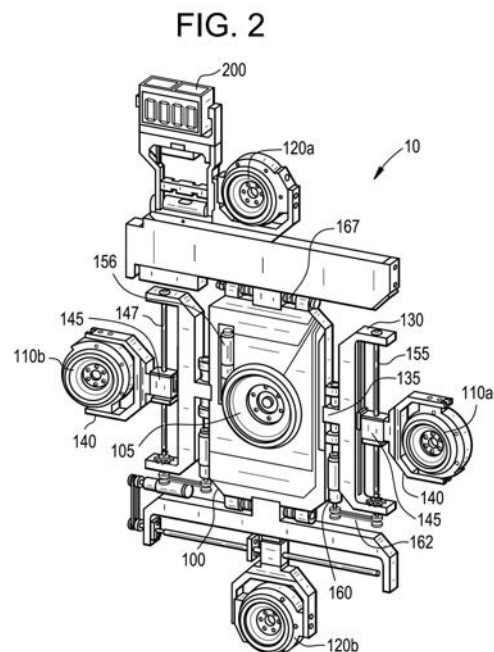
(54) 【発明の名称】 原子炉の検査装置及びその方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 炉心隔壁と圧力容器の間の狭隘部でシュラウド溶接部検査を実施する装置を提供する。

【解決手段】 検査装置10は、本体100と、回転可能な吸着パッド105と、一对の反対側にある水平吸着パッド110a、110bと、一对の反対側にある鉛直吸着パッド120a、120bと、検査ツール200と、を含んでもよい。本体100は実質的に矩形でよい。本体100は、約1インチの厚さであってもよい。検査装置10は、炉心隔壁の外面の輪郭に一致し、炉心隔壁の外面に付着され、炉心隔壁の外面に沿って移動し、炉心隔壁の溶接を検査するように構成されてよい。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

原子炉の溶接部（W）を検査するための装置（10）であって、

本体（100）と、

前記本体（100）上の回転可能なパッド（105）と、

前記装置（10）を鉛直方向に移動させるための一对の反対側にある水平パッド（110a、110b）と、

前記装置（10）を水平方向に移動させるための一对の反対側にある鉛直パッド（120a、120b）と、

検査装置（200）と、

を備える装置（10）。

10

【請求項 2】

前記回転可能なパッド（105）は、前記本体（100）の中央部に位置し、前記検査装置（200）を回転させる、請求項 1 記載の装置（10）。

【請求項 3】

前記回転は 90 度単位の増分で行われる、請求項 2 記載の装置（10）。

【請求項 4】

前記本体（100）の各側に取り付けられた脚（130）をさらに備える、請求項 1 記載の装置（10）。

20

【請求項 5】

前記脚（130）は、ステム（135）部材で前記本体（100）に取り付けられている、請求項 4 記載の装置（10）。

【請求項 6】

前記脚（130）は実質的に Y 字形又は U 字形である、請求項 4 記載の装置（10）。

【請求項 7】

フォーク状アーム（140）をさらに備え、

前記水平パッド（110a、110b）及び鉛直パッド（120a、120b）はそれぞれ、前記フォーク状アーム（140）に取り付けられている、請求項 1 記載の装置（10）。

30

【請求項 8】

前記フォーク状アーム（140）は実質的に Y 字形又は U 字形である、請求項 7 記載の装置（10）。

【請求項 9】

前記フォーク状アーム（140）に取り付けられた支持部材（145）をさらに備え、

前記支持部材（145）は、シャフト（155）を挿入し、前記一对の水平パッド（110a、110b）及び前記一对の鉛直パッド（120a、120b）をそれぞれ水平又は鉛直方向に移動させるための孔（147）を含む、請求項 7 記載の装置（10）。

【請求項 10】

反対側にある前記一对の水平パッド（110a、110b）及び前記一对の鉛直パッド（120a、120b）が、前記シャフト（155）のそれぞれの軸方向に摺動する、請求項 9 記載の装置（10）。

40

【請求項 11】

前記シャフト（155）は回転運動を直線運動に変換するボールねじである、請求項 9 記載の装置（10）。

【請求項 12】

前記検査装置（200）は前記脚（130）に取り付けられている、請求項 4 記載の装置（10）。

【請求項 13】

前記検査装置（200）は超音波プローブ（172）である、請求項 12 記載の装置（10）。

50

【請求項 14】

前記超音波プローブ(172)はジンバルセンサ(180)に取り付けられている、請求項13記載の装置(10)。

【請求項 15】

前記検査装置(200)は支持アーム(171)によって支持される、請求項12記載の装置(10)。

【請求項 16】

パッド(105、110a、110b、120a、120b)を制御して炉心隔壁(2)の表面に粘着させる又は押し付けるための真空システム(125)をさらに備える、請求項1記載の装置(10)。

10

【請求項 17】

原子炉の炉心隔壁(2)における溶接部(W)を検査するための方法であって、

炉心隔壁(2)の壁に沿って装置(10)を移動させ、

鉛直方向に移動させるように一对の反対側にある水平パッド(110a、110b)を付着させ、

前記一对の反対側にある水平パッド(110a、110b)を解放し、

水平方向に移動させるように一对の反対側にある鉛直パッド(120a、120b)を付着させ、

前記一对の反対側にある鉛直パッド(120a、120b)を解放し、

前記炉心隔壁(2)の表面に中央パッド(105)を付着させ、

前記中央パッド(105)を回転させる、

ことを含む方法。

20

【請求項 18】

前記装置(10)に検査ツール(200)を取り付けることをさらに含む、請求項17記載の方法。

【請求項 19】

前記検査ツール(200)を移動させて、前記検査ツール(200)を前記測定され検査される溶接部(W)に向けて位置合わせさせる、請求項18記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

例示的な実施形態は、原子炉の溶接部を検査するための装置及びその使用方法に関する。

【背景技術】

【0002】

図1Aは、原子炉圧力容器(RPV: reactor pressure vessel)4内の炉心隔壁2の一般的な構成を示す。給水は、給水入口(図示せず)及び給水スパーチャ6を介して原子炉圧力容器(RPV)4に導入され、給水スパーチャ6は、原子炉圧力容器(RPV)内の給水を円周方向に分配するための適当な開口部を有する、リング状パイプである。スパーチャ6からの給水は、炉心隔壁2と原子炉圧力容器(RPV)4との間の環状領域である下降管環状部8を通過して下方に流れる。

40

【0003】

炉心隔壁2は、核燃料炉心を取り囲むステンレス鋼の円筒であり、その位置は、図1Aにおいて参照番号10で全体的に示される。炉心は、複数の燃料バンドル組立体から構成されている。燃料バンドル組立体の各アレイは、上部が上ガイドによって、下部が炉心プレート(そのうちのいずれも図示せず)によって支持される。炉心上ガイドは、燃料集合体の上部を横方向に支持し、制御棒の挿入を可能にする燃料流路間隔を正しく維持する。

【0004】

水は、隔壁の下縁の周りの下降管環状部8を通過して炉心下部プレナム12に流れる。その後、水は燃料集合体に入り、そこで沸騰境界層が確立される。水と蒸気との混合物は、

50

隔壁ヘッド16の下の炉心上部プレナム14に入る。次いで、蒸気-水混合物は、隔壁ヘッドの上の鉛直スタンドパイプ(図示せず)を通して流れ、蒸気分離器(図示せず)に入り、蒸気分離器は蒸気から液体水分を分離する。液体水分は、その後、混合プレナム内の給水と混合され、混合物は、その後、下降管環状部を介して炉心に戻る。蒸気は、蒸気出口を介して原子炉圧力容器(RPV)から抜き出される。

【0005】

沸騰水型原子炉(BWR:boiling water reactor)は、要求される出力密度を達成するのに必要な炉心を通る強制対流を提供する冷却剤再循環システムをも含む。水の一部は、再循環水出口(図1Aには見えない)を介して下降管環状部8の下端から吸い込まれ、遠心式再循環ポンプ(図示せず)によって再循環水入口20を介してジェットポンプ組立体18(そのうちの2つが図1Aに示されている)の中に強制されて入る。沸騰水型原子炉(BWR)は2つの再循環ポンプを有し、その各々は複数のジェットポンプ組立体のための駆動流れを提供する。ジェットポンプ組立体は、炉心隔壁2の周りに円周方向に分配される。

10

【0006】

図1Bに示すように、炉心隔壁2は、隔壁ヘッド16を支持する隔壁ヘッドフランジ2aと、隔壁ヘッドフランジ2aに上端が溶接された円筒状上隔壁壁部2bと、上隔壁壁部2bの下端に溶接された環状上ガイド支持リング2cと、上端部が上ガイド支持リング2cに溶接され、中間隔壁取付溶接部Wによって結合された上側シェル部2d及び下側シェル部2eとからなる円筒形中間隔壁壁部と、中間隔壁壁部の下端部及び下隔壁壁部2gの上端部に溶接された環状炉心プレート支持リング2fと、を備える。隔壁全体は、下隔壁壁部2gの下部に溶接された隔壁支持体22によって支持され、かつ、内径で隔壁支持体22に、外径で原子炉圧力容器(RPV)4に溶接された環状ジェットポンプ支持プレート24によって支持される。

20

【0007】

隔壁及び関連する溶接の材料は、炭素含有量が低減されたオーステナイト系ステンレス鋼である。中間隔壁取付溶接部を含む隔壁胴回り(girth)溶接部の熱影響部は、残留溶接応力を有する。従って、中間隔壁取付溶接部W及び他の胴回り溶接部には粒界応力腐食割れ(IGSCC:intergranular stress corrosion cracking)の影響を受けやすいメカニズムが存在する。

30

【0008】

任意の隔壁胴回りシーム溶接部の熱影響部における応力腐食割れによって、炉心上ガイド及び隔壁ヘッドを鉛直方向及び水平方向に支持する隔壁の、構造上の完全性が低下する。特に、ひび割れ隔壁によって、冷却材損失事故(LOCA:loss-of-coolant accident)又は地震荷重(seismic load)によって引き起こされる危険性が增大する。冷却材損失事故(LOCA)の間の原子炉圧力容器(RPV)から冷却材が損失すると、隔壁ヘッドの上方に圧力の損失が生じ、隔壁内部の圧力すなわち隔壁ヘッドの下側の圧力が增大する。その結果、隔壁ヘッド及び隔壁ヘッドがボルト締めされた隔壁の上部に、持上げ力が增大する。炉心隔壁において胴回り溶接が完全にひび割れしていると、冷却材損失事故(LOCA)の間に発生する持上げ力によって、隔壁が割れの領域に沿って分離し、芳しくない原子炉冷却材の漏れが生じる可能性がある。また、応力腐食割れにより隔壁溶接部が破損すると、地震荷重から位置ずれしたり炉心及び制御棒の部品が損傷したりする危険があり、それらは制御棒の挿入及び安全シャットダウンに悪影響を及ぼすおそれがある。

40

【0009】

従って、炉心隔壁は、その構造的完全性及び修復の必要性を決定するのに定期的に検査される必要がある。超音波検査は、原子炉部品の亀裂を検出するための公知の技術である。主に対象となる検査領域は、水平の中間隔壁取付溶接部における円筒形炉心隔壁の外側表面である。しかし、炉心隔壁はアクセスするのが難しい。設置へアクセスするのは、隣接するジェットポンプ間の隔壁の外側と原子炉圧力容器(RPV)の内側との間の環状空

50

間に限られる。走査動作アクセスは、隔壁とジェットポンプとの間の狭い空間内にさらに制限されており、一部の場所では幅が約0.5インチである。検査領域は放射能が高く、操作者の作業プラットフォームの50～65フィートより深い水の中に設置される場合がある。従って、動作中の原子炉における炉心隔壁の検査には、遠隔に設置され狭く制限された空間内で動作可能なロボット走査装置が必要である。

【0010】

しかしながら、ロボット走査装置（例えば、遠隔操作車両（ROV: remotely operative vehicle））スキャナは、ローラを用いて隔壁の外径の周りを移動するが、水平溶接走査中に水平に留まる及び/又は走査される溶接部に留まるのが困難である。さらに、遠隔操作車両（ROV）スキャナは、中立して浮力を保ち、水平レベルで一定に保つために、大量の浮遊チャンバを必要とする。

10

【0011】

他の関連技術では、遠隔操作車両（ROV）スキャナはテザーを使用してツールを上方に引っ張ってもよい。しかしながら、このために、操作者が工具全体を動かして走査プローブを前進させなければならないという問題が生じる。さらに、これらのタイプの遠隔操作車両（ROV）スキャナは、非常に大きく、重く、剛性で、操作が難しく、設置及び操作がより困難で複雑である。

【発明の概要】

【0012】

例示的な実施形態は、原子炉内の溶接部を検査するための装置を開示する。装置は、本体と、本体上の回転可能なパッドと、装置を鉛直方向に動かすための一对の反対側にある水平パッドと、装置を水平方向に動かすための一对の反対側にある鉛直パッドと、検査装置と、を備えてもよい。

20

【0013】

さらなる例示的な実施形態では、回転可能なパッドは本体の中央部分に配置されて、装置を回転させてもよい。

【0014】

さらに別の例示的な実施形態では、装置の回転は90度単位の増分であってもよい。

【0015】

さらなる例示的な実施形態では、脚は本体の各側に取り付けられてもよい。

30

【0016】

さらに別の例示的な実施形態において、脚はステム部材によって本体に取り付けられてもよい。

【0017】

さらに別の例示的な実施形態において、脚は実質的にY字形又はU字形であり得る。

【0018】

さらなる例示的な実施形態では、装置はフォーク状アームを備えてよい。

【0019】

さらに別の例示的な実施形態では、各パッドはフォーク状アームに取り付けられてもよい。

40

【0020】

さらに別の例示的な実施形態において、フォーク状アームは実質的にY字形又はU字形でよい。

【0021】

さらなる例示的な実施形態では、支持部材がフォーク状アームに取り付けられてもよい。支持部材は、シャフトを挿入しパッドをそれぞれ水平又は鉛直方向に動かす孔を備えてよい。

【0022】

さらなる例示的な実施形態において、一对の反対側にある水平及び鉛直パッドは、シャフトのそれぞれの軸方向に摺動してよい。

50

【 0 0 2 3 】

さらに別の例示的な実施形態では、シャフトは、回転運動を直線運動に変換するボールねじであってもよい。

【 0 0 2 4 】

さらなる例示的な実施形態では、検査装置は脚に取り付けられてもよい。

【 0 0 2 5 】

さらに別の例示的な実施形態では、検査装置は超音波プローブであってもよい。

【 0 0 2 6 】

さらに別の例示的な実施形態では、超音波プローブはジンバル (g i m b a l) センサに取り付けられてもよい。

10

【 0 0 2 7 】

さらなる例示的な実施形態では、検査装置は支持アームによって支持されてもよい。

【 0 0 2 8 】

さらなる例示的な実施形態において、真空システムは、パッドを制御して炉心隔壁の表面に粘着させる又は押し付けてもよい。

【 0 0 2 9 】

例示的な実施形態は、原子炉の炉心隔壁における溶接部を検査する方法を開示する。この方法には、検査装置を炉心隔壁の壁に沿って移動させ、一对の反対側にある水平パッドを付着させて鉛直方向に移動させ、一对の反対側にある水平パッドを解放し、一对の反対側にある鉛直パッドを付着させて水平方向に移動させ、一对の反対側にある鉛直パッドを解放し、炉心隔壁の表面に中央パッドを付着させ、中央パッドを回転させる、ことが含まれてよい。

20

【 0 0 3 0 】

別の例示的な実施形態では、方法には、検査ツールを装置に取り付けることが含まれてよい。

【 0 0 3 1 】

さらなる例示的な実施形態では、検査ツールを移動して、検査ツールを測定及び検査すべき溶接部に向けて位置合わせさせてもよい。

【 0 0 3 2 】

本明細書における非限定的な実施形態の様々な特徴及び利点は、添付の図面と併せて詳細な説明を検討することでより明らかになるであろう。添付の図面は、単に説明のために提供されたものであり、特許請求の範囲を限定すると解釈されるものではない。添付の図面は、明確に記載されていない限り、縮尺通りに描かれているとは見なされない。明確にするために、図面の様々な寸法は誇張された場合もある。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 3 】

【 図 1 A 】 従来の原子炉の関連部分の立面図の概略図である。

【 図 1 B 】 図 1 A に示された従来の原子炉の炉心隔壁の一部の断面図である。

【 図 2 】 例示的な実施形態による、原子炉の溶接部を検査するための装置の斜視図である。

40

【 図 3 】 例示的な実施形態による、原子炉の溶接部を検査するための装置の側面断面の概略図である。

【 図 4 A 】 例示的な実施形態による、原子炉の溶接部を検査するための装置の背面の概略図である。

【 図 4 B 】 例示的な実施形態による、図 4 A と比較して 90 度回転した、原子炉の溶接部を検査するための装置の背面の概略図である。

【 図 5 】 例示的な実施形態による、中央吸引パッドの分解斜視図である。

【 図 6 】 例示的な実施形態による、図 5 の中央吸引パッドの断面図である。

【 図 7 】 例示的な実施形態による、溶接走査システムの分解斜視図である。

【 図 8 】 例示的な実施形態による、原子炉内の溶接部の検査方法を示すフローチャートで

50

ある。

【発明を実施するための形態】

【0034】

例示的な実施形態の詳細な説明を本明細書に開示する。特定の構造的及び機能的な詳細もまた本明細書に開示されるが、例示的な実施形態を説明する目的のための単なる代表例である。例えば、例示的な実施形態は原子力発電所を参照して説明することができるが、例示的な実施形態は他のタイプの産業設備においても使用可能であり得ることが理解される。これらの設備は、現場機器のための結線の2地点間の接続をなくす必要があるものの、安全機能を備えた堅牢なデジタルシステムを必要とする。例示的な実施形態は、多くの代替形態で例示されてもよく、本明細書に記載の特定の例示的な実施形態に限定されると解釈されるべきではない。

10

【0035】

ある要素又は層が別の要素又は層に対し、「上に」、「接続されている」、「結合している」又は「覆っている」と言及されているとき、他の要素若しくは層の直接的に上にあるか、接続されているか、結合しているか、又は他の要素若しくは層を覆っているか、又は介在する要素若しくは層が存在してもよいと理解されるべきである。対照的に、ある要素が他の要素又は層に対し、「直接的に上に」、「直接的に接続されている」、又は「直接的に結合している」と言及されている場合、介在する要素又は層は存在しない。同様の参照番号は、本明細書を通して同様の要素を指す。本明細書で使用される場合、用語「及び/又は」は、1つ又は複数の関連するリストされた項目の任意の及びすべての組み合わせを含む。

20

【0036】

第1、第2、第3などの用語は、本明細書では様々な要素、構成要素、領域、層及び/又は区分を説明するために使用されてよいが、これらの要素、構成要素、領域、層及び/又は区分はこれらの用語によって制限されるべきではないことが理解されるべきである。これらの用語は、ある要素、コンポーネント、領域、層、又は区分を別の領域、層、又は区分と区別するためにのみ使用される。従って、以下に説明する第1の要素、構成要素、領域、層、又は区分は、例示的な実施形態の教示から逸脱することなく、第2の要素、構成要素、領域、層又は区分と呼ぶことができる。

【0037】

空間的に相対的な用語（例えば、「beneath」、「below」、「lower」、「above」、「upper」など）は、図に示すように、1つの要素又は特徴の、他の要素又は特徴との関係を説明するのに説明を容易にするために、本明細書で用いられる場合がある。空間的に相対的な用語は、図面に描かれている向きに加えて、使用又は動作中の装置の異なる向きを包含することが意図されていることを理解されたい。例えば、図中の装置がひっくり返されている場合、他の要素又は特徴の下方（「below」又は「beneath」）と記載された要素は、他の要素又は特徴の上方（「above」）に向けられる。従って、下方（「below」）という用語は、上方及び下方の両方向を包含してもよい。この装置は、それ以外の方向に向けられてもよく（90度回転される、又は他の方向に回転される）、本明細書で使用される空間的に相対的な記述子はそれに

30

40

【0038】

本明細書で使用される用語は、様々な実施形態を説明することのみを目的としており、例示的な実施形態を限定することを意図するものではない。本明細書で使用されるように、単数形「a」、「an」及び「the」は、別段文脈によって明確に示されない限り、複数形も含むことが意図される。本明細書で使用される場合、用語「include」、「including」、「comprise」及び/又は「comprising」は、記載された特徴、整数、ステップ、動作、要素、及び/又は要素の存在を特定するが、1つ若しくは複数の他の特徴、整数、ステップ、動作、要素、構成要素、及び/又はそれらのグループの存在又は追加を排除するものではないことがさらに理解される。

50

【 0 0 3 9 】

例示的な実施形態は、例示的な実施形態の理想化された実施形態（及び中間構造体）の概略図である断面図を参照して本明細書に記載される。このように、例えば製造技術及び/又は公差の結果としての図の形状からの変動が予想される。従って、例示的な実施形態は、本明細書に例示される領域の形状に限定されると解釈されるべきではなく、例えば製造から生じる形状の偏差を含むものとする。例えば、長方形として図示されている注入領域は、典型的には、寧ろ、丸みを帯びた若しくは湾曲した特徴及び/又はそのエッジに注入濃度の勾配を有し、注入された領域から注入されていない領域への2値変化でない。従って、図面に示された領域は本質的に概略的であり、その形状は装置の領域の実際の形状を示すことを意図するものではなく、例示的な実施形態の範囲を限定することを意図するものではない。

10

【 0 0 4 0 】

他に定義されない限り、本明細書で使用されるすべての用語（技術的及び科学的用語を含む）は、例示的な実施形態が属する当業者によって一般的に理解されるのと同じ意味を有する。さらに、一般に使用される辞書に定義されている用語を含む用語は、関連技術の文脈における意味と一致する意味を有すると解釈されるべきであり、本明細書でそうと明示的に定義されない限り、理想化された又は過度に形式的な意味で解釈されないことが理解される。

【 0 0 4 1 】

少なくとも1つの例示的な実施形態は、原子炉内の溶接部を検査するための装置を開示する。装置は、本体と、本体上の回転可能なパッドと、装置を鉛直方向に動かすための一对の反対側にある水平パッドと、装置を水平方向に動かすための一对の反対側にある鉛直パッドと、検査装置と、を含んでもよい。

20

【 0 0 4 2 】

少なくとも1つの例示的な実施形態は、原子炉の炉心隔壁における溶接部を検査する方法を開示する。この方法は、炉心隔壁の壁に中央パッドを付着させ、装置を回転させ、一对の反対側にある鉛直パッドを介して装置を水平方向に移動させて水平溶接部を検査し、一对の反対側にある水平パッドを介して装置を鉛直方向に移動させて鉛直溶接部を検査し、並びに、反対側にある水平及び鉛直パッドの対を炉心隔壁の壁に付着させる、ことを含んでもよい。

30

【 0 0 4 3 】

例示的な実施形態は、本明細書では、沸騰水型原子炉（BWR）の炉心隔壁の文脈で記載されている。しかしながら、例示的な実施形態が他の水中構造を含む他の状況においても適用可能であることは、当業者には明らかであろう。本明細書に記載された例示的な実施形態は、構造の外表面又は外径に関して構成されているが、本明細書の教示は構造の内表面又は内径に適用することができる。

【 0 0 4 4 】

図2は、例示的な実施形態による、原子炉の溶接部を検査するための装置の斜視図である。より詳細には、検査装置10は、（図1Aに示すような）炉心隔壁2の外表面の輪郭に一致し、炉心隔壁2の外表面に付着され、炉心隔壁2の外表面に沿って移動し、炉心隔壁2の溶接を検査するように構成されてよい。

40

【 0 0 4 5 】

図2に示すように、検査装置10は、本体100と、回転可能な吸着パッド105と、一对の反対側にある水平吸着パッド110a、110bと、一对の反対側にある鉛直吸着パッド120a、120bと、検査ツール200と、を含んでもよい。本体100は実質的に矩形でよい。本体100は、約1インチの厚さであってもよい。装置の機能を維持しながら、本体の他の寸法が利用できることを理解されたい。

【 0 0 4 6 】

吸着パッド105は、本体100の中心に位置し、検査装置10を回転させてもよい。回転は、360度の全範囲を有する90度単位であってもよい。吸引パッド105は、ウ

50

ームと、検査装置 10 の本体 100 の内部に組み込まれたウォーム及びウォームギア（図示せず）を用いて回転して、吸引パッド 105 を回転させてもよい。他のタイプのギアが吸着パッド 105 を回転させるのに用いられてよいことを理解されたい。

【0047】

脚 130 は、本体 100 の各側面に取り付けられてもよい。この例示的な実施形態では、4 つの脚 130 がある。脚 130 は、本体 100 の各辺の中心に取り付けられたステム 135 を含んでもよい。ステム 135 及び脚 130 は、一片又は 2 つの別々のピースとして構築されてもよいことを理解されたい。脚 130 は、実質的に Y 字形又は U 字形であってもよい。脚の機能から逸脱することなく、他の形状を採用してもよいことを理解されたい。

10

【0048】

各吸着パッド 110 a、110 b、120 a、120 b は、フォーク状アーム 140 に取り付けられてもよい。フォーク状アーム 140 は、実質的に Y 字形又は U 字形でよい。アーム部材が、吸引パッド 110 a、110 b、120 a、120 b を支持する限り、他の形状で実施されてよいことを理解されたい。フォーク状アーム 140 は、支持部材 145 に取り付けられてもよい。フォーク状アーム 140 及び支持部材 145 は、1 つのユニット又は 2 つの別個のユニットであってもよいことを理解されたい。支持部材 145 は、シャフト 155 を挿入し、吸着パッド 110 a、110 b、120 a、120 b をそれぞれ水平又は鉛直方向に移動させるための孔 147 を含んでもよい。

【0049】

20

例示的な実施形態では、シャフト 155 は、ボールねじであってもよい。ボールねじは、回転運動をほとんど摩擦なく直線運動に変換する機械的リニアアクチュエータでよいことを、当業者であれば理解するであろう。さらに、シャフト（ボールねじ）155 は、ボールベアリングのための螺旋状の軌道が精密なねじとして働き得るように螺刻されているもよいことを理解されたい。ねじ付きシャフトがねじである一方、ボール組立体はナットとして作用してもよい。さらに、シャフト 155（ボールねじ）は、内部摩擦を最小にして、高いスラスト荷重を加えたり耐えたりすることができる。また、シャフト（ボールねじ）155 は、公差に近づけられることにより、高精度を達成することができる。

【0050】

図 2 に示すように、シャフト（ボールねじ）155 は脚 130 の各端部にて支持されてよい。シャフト（ボールねじ）155 の動きは、ベルト 162 を介して接続されたモータ 160 によって制御されてよい。他の構成がシャフト（ボールねじ）155 を移動させるのに利用されてもよいことを理解されたい。

30

【0051】

フォーク状アーム 140 は、吸着パッド 110 a、110 b、120 a、120 b をそれぞれ水平又は鉛直方向に移動させてもよい。例示的な実施形態では、本体 100 の各側に 4 つの吸引パッドがある。4 つのうち、反対側にある対の吸引パッド 110 a、110 b を使用して、装置 10 を鉛直方向又は炉心隔壁 2 の長手方向軸に沿って移動させてもよく、反対側にある対の吸着パッド 120 a、120 b を用いて、装置 10 を水平方向又は炉心隔壁 2 の周囲に移動させてもよい。

40

【0052】

動作の水平走行モードの間、反対側にある対の吸着パッド 120 a、120 b は炉心隔壁 2 の表面に接触し、反対側にある対の吸着パッド 110 a、110 b は炉心隔壁 2 の表面に接触しないように後退され（又は解放され）てもよい。動作の鉛直走行モードの間、反対側にある対の吸引パッド 110 a、110 b は炉心隔壁 2 の表面に接触するように伸張し、反対側にある対の吸引パッド 120 a、120 b は解放され、反対側にある対の吸着パッド 120 a、120 b は炉心隔壁 2 の表面と接触しないようにしてもよい。吸着パッド 110 a、110 b、120 a、120 b は、制御ユニット（図示せず）によって制御される空気ピストン 156 の作動によって伸張されてもよい。吸引パッド 110 a、110 b、120 a、120 b は、引っ張りばね 167 を介してさらに後退され（又は解

50

放され)てもよい。真空付着力を利用する他の引き込み装置が使用されてもよいことを理解されたい。

【0053】

図5に示すように、回転可能な吸着パッド105は、炉心隔壁2の表面に制御可能に付着する又は押し付けるように構成されてもよい真空システム125の要素を含んでもよい。同様の真空システムは、吸着パッド105の他に、吸引パッド110a、110b、120a、120bに採用されてもよいことを理解されたい。

【0054】

真空システム125によって、空隙126内に低圧又は真空空間が形成されてよい。空隙126は、シールリング132によって画定され取り囲まれてもよい。シールリング132は、炉心隔壁2の表面に対してシールするように構成されて、空隙126内の圧力を減少させ得るか又は他の方法で、検査装置10を炉心隔壁2の表面に粘着するように制御し得るように、空隙126を環状部から隔離してもよい。シールリング132は、炉心隔壁2の表面の障害物を越えて移動するように構成されてもよい。例示的な実施形態では、シールリング132は、丸みを帯びた輪郭を有し可撓性材料から形成されてもよく、その結果、検査装置10が溶接クラウンなどの表面変動を越えて移動できる。

10

【0055】

図6に示すように、シールリング132は、独立気泡発泡リング230又はカバー232で包まれ得るスカートを含んでもよい。カバー232は、例えば、限定するものではないが、ネオプレン-コーティングされたナイロンで形成されてよいことを理解されたい。リング状のプレート234は、胴体にボルト止めされて、カバー232の内側及び外側縁部を胴体に保持し、カバー232を発泡リング230の上に保持してよい。発泡リング230は、圧縮、維持されて、依然として真空シールを維持しつつ障害物を越えて移動してもよい。さらに、発泡リング230は、折り畳まれたり吸引を失ったりすることなく障害物を越えて移動してもよいことを理解されたい。カバー232は、シールリング132が高耐久性かつ堅牢であるように発泡リング230を保護してもよい。

20

【0056】

他の例示的な実施形態では、1つのシールリングが妨害物又は障害物の上を移動して吸引を失った場合、検査装置10が表面に付着されたままであるように複数のシールリング132を使用してもよいことが理解される。

30

【0057】

再び図5に示すように、真空システム125は、ベンチュリバルブ134、ポンプ136又は他の加圧水供給源、及びポンプ136をベンチュリバルブ134に接続し得るホース138を含んでもよい。制御ユニット(図示せず)は、ポンプ136を制御するように構成されてよい。ポンプ136は、環状部から水を引き出し、ベンチュリバルブ134に水を供給してよい。ポンプ136は、例えば、燃料補給フロア上の水位より上の炉心隔壁2の頂部に配置されてよい。ポンプ136は、検査装置10内に既に存在する水を再循環させるように構成されてもよい。

【0058】

ベンチュリバルブ134は、ポンプ136によって供給される水圧の関数として、空隙126から水を移動させるように構成されてもよい。チャンネル140は、空隙126を流路142に接続してよい。ベンチュリバルブ134の流路142は狭くてもよく、その後、ポンプ136によってベンチュリバルブ134に供給される加圧水がベンチュリバルブ134の低圧位置144にて低圧を生成するように流れ方向に拡がってもよい。チャンネル140は、低圧位置144にて流路142に接続されてよい。このように、ベンチュリバルブ134を介してポンプ136によって供給される加圧水は、空隙126からベンチュリバルブ134の流路142に水を引き込み、空隙126内の圧力を低下させてもよい。ベンチュリバルブ134は部品を移動して空隙126の圧力を低下させる必要がない場合がある。従って、ベンチュリバルブ134は、真空システム125の破壊のリスクを低減し、破片が検査装置10にもたらされるのを低減してよい。ベンチュリバルブ134は、

40

50

ポンプを使用して空隙 126 から水を直接ポンピングすることと比較して、真空力のより大きな制御を可能にし得る。ベンチュリバルブ 134 によって提供される真空力は、加圧された水又はポンプ 136 からのポンプ流れの関数として制御されてもよい。

【0059】

再び図 2 に示すように、検査装置 10 は、さらに詳細に後述するように、炉心隔壁 2 の表面に沿って検査装置 10 を移動させて超音波プローブを全地球的に位置決めするように構成されたナビゲーションシステム（図示せず）をさらに含んでもよい。移動するとき、検査装置 10 は、検査装置 10 の輪郭が炉心隔壁 2 の表面の輪郭と一致し得るように、炉心隔壁 2 に対するその向きを維持することができる。検査装置 10 は、モータ駆動のホイールを使用して水平方向及び鉛直方向の両方に操作されるように構成されてもよい。さらに、検査装置 10 は平行移動してもよく回転してもよい。

10

【0060】

図 2 及び図 7 を参照すると、検査装置 10 は、炉心隔壁 2 の溶接を検査するように構成され得る溶接走査システム 170 を備えてもよい。溶接走査システム 170 は、超音波プローブ 172、及び超音波プローブ 172 を局所的に位置決めするように構成されたプローブ位置決めシステム 174 を備えて、様々な溶接部を検査してもよい。プローブ位置決めシステム 174 は、超音波プローブ 172 を位置決めするように構成されて、水平溶接部、鉛直溶接部、及び水平と鉛直との間の角度の溶接部を含む様々な向きの溶接部を検査してもよい。プローブ位置決めシステム 174 は、吸引パッド 120 a の走査アーム 176 及びフォーク状アーム 140 を支持する支持アーム 171 を備えてもよい。フォーク状アーム 140 は、吸着パッド 120 a をそれぞれ水平又は鉛直方向に移動させるために、支持部材 145 に取り付けられてもよい。

20

【0061】

超音波プローブ 172 の外縁部において、走査アーム 176 は、超音波プローブ 172 を支持してよい。走査アーム 176 は、互いに対して、実質的に類似し対称的に配向されてもよい。走査アーム 176 は、走査アーム 176 に鉛直に延びるレール 178 と、例えば線形軸受（図示せず）によってレール 178 に取り付けられ得るジンバル 180 と、を備えてもよい。例示的な実施形態として、ジンバル 180 は、約 61 センチメートル（約 2 フィート）の走査長を提供してもよい。リニアベアリングは、信頼性及び最小限の異物（FM）ポテンシャルに基づいて選択されてよい。動作駆動機構は、ジンバル 180 をシャフト 155（図 2 に示す）に沿って移動させるように作動するように構成される。例えば、運動駆動機構は、ボールねじ 155 を駆動するモータ 160 を含んでもよい。モータ 160 は、ベルト 162（又は歯車列）を使用してボールねじ 155 に結合され、ボールねじ 155 にトルクを伝達してもよい。ボールねじ 155 は、支持部材 145 に結合されてもよい。モータ 160 は、ボールねじ 155 から変位されて、レール 178 に沿ったジンバル 180 の動きを最小限に制限してもよい。

30

【0062】

超音波プローブ 172 は、ジンバル 180 に取り付けられてもよい。作動モータ 192 は、ジンバル 180 を動かすように構成されてもよい。信頼性の高い堅牢な回転を達成するために、ウォームギアが使用される。これにより、機構がロープロファイルを維持すると共に高いギア比を達成することができるので、小型モータを使用することができる。ジンバル 180 は、超音波プローブ 172 を炉心隔壁 2 の表面に付勢するように構成され得るねじりばね（図示せず）を備えてもよい。ねじりばねを覆うために、異物排除（FME: foreign material exclusion）ガード（図示せず）を使用してもよい。超音波プローブ 172 は、ジンバル 180 に取り付けられ、炉心隔壁 2 の表面と実質的に平坦な接触で回転することができる。

40

【0063】

超音波プローブ 172 は、関連するレール 178 の長さに沿って配置され、180 度の範囲内で角度的に位置決めされるように構成されて、溶接を検査してもよい。超音波プローブ 172 は、検査装置 10 の側面に沿って検査装置 10 の上下に水平溶接部及び鉛直溶

50

接部を検査するように配置されてもよい。制御ユニット（図示せず）は、超音波プローブ 172 を位置決めするように、モータ 184、192 の作動を制御してもよい。

【0064】

別の例示的な実施形態で、カバー 195 は脚 130 を囲むか包むのに用いられてもよい。カバー 195 は検査装置 10 の 4 つの脚 130 のすべてを取り囲んでもよいことが理解されるべきである。カバー 195 が用いられて、脚 130 の構成要素を保護してよく、とりわけ、支持部材 145、シャフト 155、モータ 160、及びベルト 162 が含まれ得る。カバー 195 は、例えば、シートメタルから形成されてよい。

【0065】

図 8 は、例示的な実施形態による、原子炉内の溶接部の検査方法を示すフローチャートである。各ステップは、制御ユニットによるコンピュータ実行可能命令のソフトウェアモジュールの実行に従って実行されてもよい。ステップ S100 において、検査装置 10 は被検査溶接部近傍の炉心隔壁 2 上の位置に移動されてもよい。検査装置 10 が検査されるべき溶接部の近傍に来ると、真空システムは検査装置 10 を起動して炉心隔壁に付着させてもよい。ステップ S200 において、水平移動のために、真空システムは、反対側にある対の吸着パッド 120 a、120 b を、炉心隔壁 2 の表面に接触させるように動作させ、反対側にある対の吸着パッド 110 a、110 b は、炉心隔壁 2 の表面に接触しないように後退され（又は解放され）てもよい。その後、反対側にある対の吸着パッド 110 a、110 b は、炉心隔壁 2 に沿って水平に移動してもよい。ステップ S300 において、反対側にある対の吸着パッド 110 a、110 b の位置が決まると、反対側にある対の吸着パッド 120 a、120 b は解放されて鉛直方向に移動してもよい。ステップ S400 において、鉛直移動のために、真空システムは、反対側にある対の吸着パッド 110 a、110 b を動作させて炉心隔壁 2 の表面に接触させてもよい。ステップ S500 において、反対側にある対の吸着パッド 120 a、120 b が解放されて、反対側にある対の吸着パッド 120 a、120 b が炉心隔壁 2 の表面と接触しなくてよい。反対側にある対の吸着パッド 120 a、120 b は、次いで炉心隔壁 2 に沿って鉛直に移動してもよい。その後、ナビゲーションシステムは、検査装置 10 を炉心隔壁 2 の表面に沿って移動させ、検査装置 10 を全地球的に位置決めしてもよい。プローブ位置決めシステム 174 は、検査装置 10 を回転させることによって、測定すべき溶接部又は他の特徴の亀裂に対して、超音波プローブ 172 を局所的に位置決めし配向させてもよい。ステップ S600 において、中央の吸着パッド 105 を炉心隔壁 2 の表面に付着させ、検査装置 10 を回転させる。ステップ S700 において、検査装置 10 を回転させて、超音波プローブ 172 を測定及び検査される溶接部に向けて位置合わせさせてもよい。

【0066】

超音波プローブ 172 は、亀裂の長さ及び幅を測定してもよく、測定値は、制御ユニット（図示せず）の記憶装置に記録されてもよいことを理解されたい。さらなる測定を行うために必要に応じて選択されたステップを繰り返すことができることをさらに理解されたい。

【0067】

いくつかの例示的な実施形態が本明細書に開示されているが、他の変形が可能でもよいことを理解されたい。そのような変形は、本開示の精神及び範囲から逸脱するものと見なされるべきではなく、当業者に明らかであるようなそのような変更のすべては、以下の特許請求の範囲内に含まれることが意図される。

【符号の説明】

【0068】

- 2 炉心隔壁
- 2 a 隔壁ヘッドフランジ
- 2 b 上隔壁壁部
- 2 c ガイド支持リング
- 2 d 上側シェル部

10

20

30

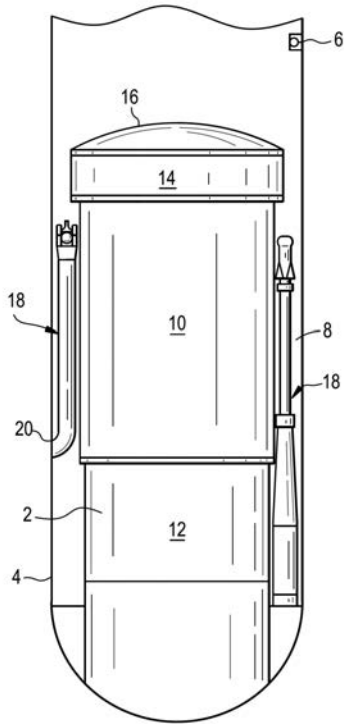
40

50

2 e	下側シェル部	
2 f	炉心プレート支持リング	
2 g	下隔壁壁部	
6	給水スパーチャ	
8	下降管環状部	
10	検査装置	
12、14	プレナム	
16	隔壁ヘッド	
22	隔壁支持体	
24	ジェットポンプ支持プレート	10
100	本体	
105	吸着パッド	
110 a、110 b	水平吸着パッド	
120 a、120 b	鉛直吸着パッド	
125	真空システム	
126	空隙	
130	脚	
132	シールリング	
134	ベンチュリバルブ	
135	ステム	20
136	ポンプ	
138	ホース	
140	フォーク状アーム	
140	チャネル	
142	流路	
145	支持部材	
147	孔	
155	シャフト	
160	モータ	
162	ベルト	30
170	溶接走査システム	
171	支持アーム	
172	超音波プローブ	
174	プローブ位置決めシステム	
176	走査アーム	
178	レール	
180	ジンバル	
184、192	モータ	
195	カバー	
230	気泡発泡リング、発泡リング	40
232	カバー	
234	プレート	
W	隔壁取付溶接部	

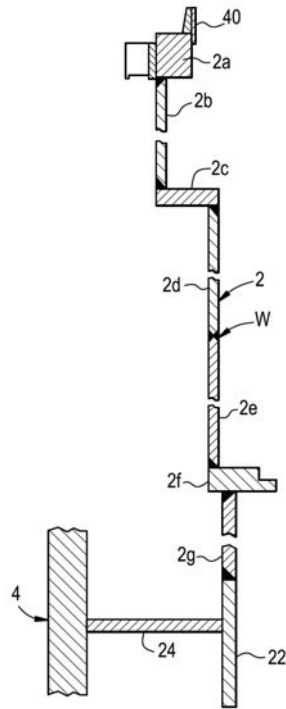
【 図 1 A 】

FIG. 1A



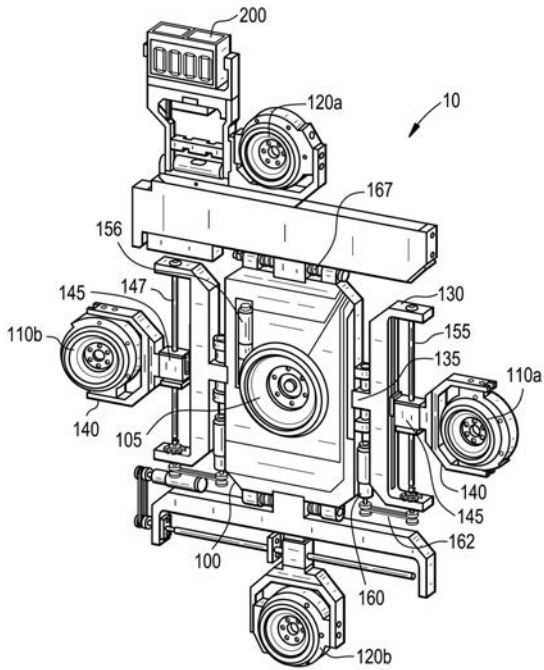
【 図 1 B 】

FIG. 1B



【 図 2 】

FIG. 2



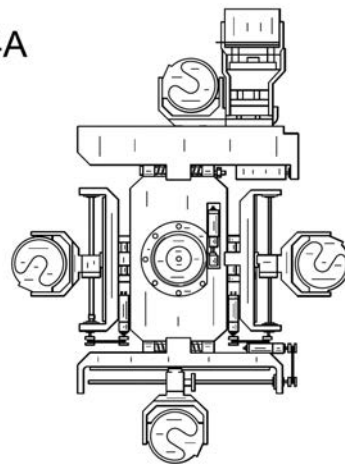
【 図 3 】

FIG. 3



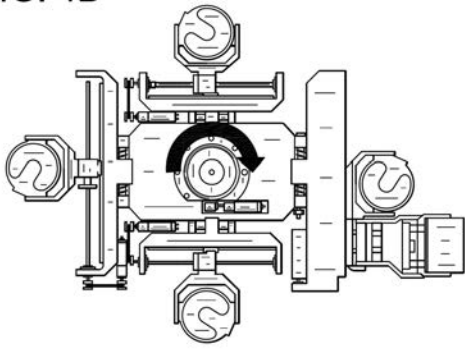
【 図 4 A 】

FIG. 4A



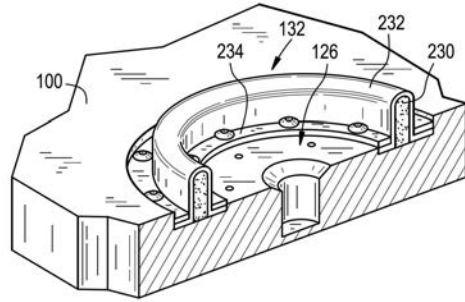
【 図 4 B 】

FIG. 4B



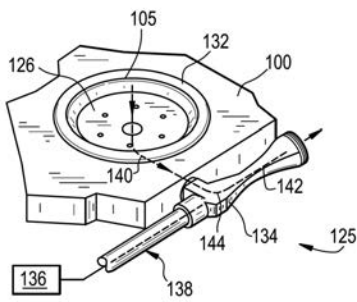
【 図 6 】

FIG. 6



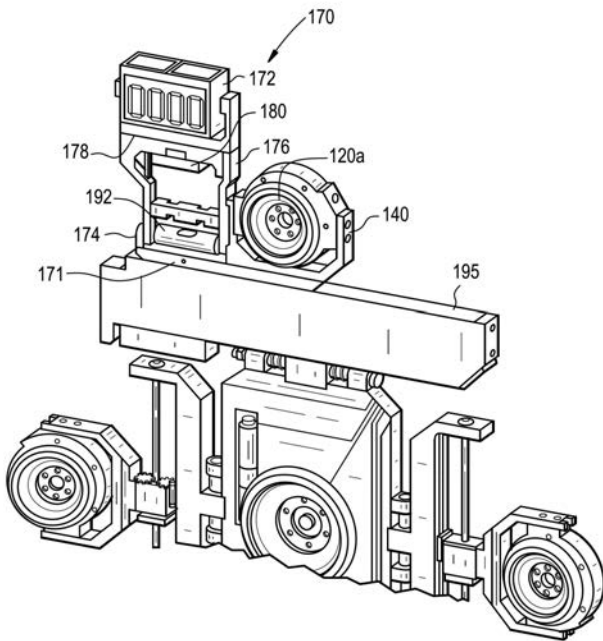
【 図 5 】

FIG. 5



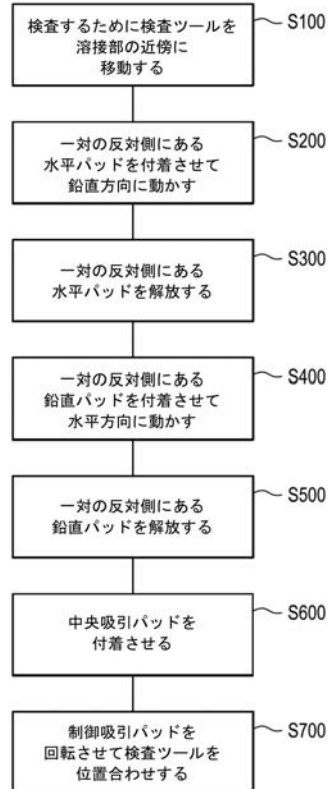
【 図 7 】

FIG. 7



【 図 8 】

FIG. 8



フロントページの続き

(74)代理人 100113974

弁理士 田中 拓人

(72)発明者 ウィリアム・アーロン・モリソン

アメリカ合衆国、ノースカロライナ州・28042、ウィルミントン、キャッスル・ヘイン・ロード、3901番

Fターム(参考) 2G075 CA04 DA15 FA16 FC01

【外国語明細書】

2017120256000001.pdf