

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5260410号
(P5260410)

(45) 発行日 平成25年8月14日(2013.8.14)

(24) 登録日 平成25年5月2日(2013.5.2)

(51) Int. Cl.		F I	
G 2 1 C	19/02	(2006.01)	G 2 1 C 19/02 J
G 2 1 D	1/00	(2006.01)	G 2 1 D 1/00 X
G 2 1 C	17/003	(2006.01)	G 2 1 C 17/00 E
B 2 3 K	31/00	(2006.01)	B 2 3 K 31/00 D
B 2 3 K	9/00	(2006.01)	B 2 3 K 9/00 5 O 1 S

請求項の数 8 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-129794 (P2009-129794)
 (22) 出願日 平成21年5月29日(2009.5.29)
 (65) 公開番号 特開2010-276491 (P2010-276491A)
 (43) 公開日 平成22年12月9日(2010.12.9)
 審査請求日 平成23年6月24日(2011.6.24)

(73) 特許権者 507250427
 日立GEニュークリア・エナジー株式会社
 茨城県日立市幸町三丁目1番1号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (72) 発明者 黒澤 孝一
 茨城県日立市幸町三丁目1番1号
 日立GEニュークリ
 ア・エナジー株式会社
 (72) 発明者 大森 信哉
 茨城県日立市幸町三丁目1番1号
 日立GEニュークリ
 ア・エナジー株式会社
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炉内機器の予防保全方法及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

原子炉圧力容器と炉内機器との溶接部の応力腐食割れを耐食性に優れた部材表面における肉盛溶接により防止する原子炉圧力容器と炉内機器との溶接部の予防保全方法において、

前記原子炉圧力容器の内面に溶接により取り付けられた前記炉内機器と前記原子炉圧力容器の溶接部の検査を行うステップと、

その後、前記検査結果により、前記溶接部のひびが確認されない部分には、所定の厚さで表面改質を目的とした部材表面における肉盛溶接を行い、前記溶接部のひびが確認された部分には、前記ひびの肉盛溶接側へのき裂進展量を考慮した厚さで、前記ひびの補修を兼ねた表面改質を目的とした部材表面における肉盛溶接を行うステップと、

前記肉盛溶接を行なう際に、ひびが確認された部分の溶接入熱はひびがない場合よりも高い溶接入熱とすることを特徴とする予防保全方法。

【請求項2】

請求項1に記載の予防保全方法において、

前記肉盛溶接の材料は52合金を使用することを特徴とする予防保全方法。

【請求項3】

請求項1から請求項2のいずれか一項に記載の予防保全方法において、

前記原子炉圧力容器内に炉水を満たした状態で施工することを特徴とする予防保全方法

10

20

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の予防保全方法において、
局部気中環境を形成し、前記肉盛溶接することを特徴とする予防保全方法。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の予防保全方法において、
前記肉盛溶接のステップの後に、前記肉盛溶接範囲を超える領域に対し、噴射ノズルからキャビテーション気泡の発生を伴う高圧水を噴射し残留応力改善を行うことを特徴とする予防保全方法。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の予防保全方法において、
前記局部気中環境は前記原子炉圧力容器下鏡の球 R に伸縮自在なシール機構を追従させることを特徴とする予防保全方法。

10

【請求項 7】

原子炉圧力容器内の炉心支持金物に支持するテーブル装置と、前記テーブル装置に固定されて旋回と径方向に駆動するヘッド駆動装置を備えた共通アクセス装置を前記原子炉圧力容器に設置するステップと、

前記共通アクセス装置に設定された検査ヘッドにより、前記原子炉圧力容器の内面に溶接により取り付けられた炉内機器と前記原子炉圧力容器との溶接部の検査を行うステップと

前記共通アクセス装置に設定された溶接機ヘッドにより、前記検査結果より前記溶接部のひびが確認されない部分には、所定の厚さで表面改質を目的とした部材表面における肉盛溶接を行い、前記溶接部のひびが確認された部分には、前記ひびの肉盛溶接側へのき裂進展量を考慮した厚さで、前記ひびの補修を兼ねた表面改質を目的とした部材表面における肉盛溶接を行うステップと、

20

前記肉盛溶接を行なう際に、ひびが確認された部分の溶接入熱はひびがない場合よりも高い溶接入熱とすることを特徴とした予防保全方法。

【請求項 8】

原子炉圧力容器内の炉心支持金物に支持するテーブル装置と、
前記テーブル装置に固定されて旋回と径方向に駆動するヘッド駆動装置を備えた共通アクセス装置と、

30

前記共通アクセス装置に設定された、前記原子炉圧力容器の内面に溶接により取り付けられた炉内機器と前記原子炉圧力容器との溶接部の検査を行う検査ヘッドと、

前記共通アクセス装置に設定された溶接機ヘッドと、
前記検査ヘッドにおける検査結果を受信し、前記溶接ヘッドへ前記溶接部のひびが確認されない部分には、所定の厚さで表面改質を目的とした部材表面における肉盛溶接を行い、前記溶接部のひびが確認された部分には、前記ひびの肉盛溶接側へのき裂進展量を考慮した厚さで、前記ひびの補修を兼ねた表面改質を目的とした部材表面における肉盛溶接を行う指示を送信する処理装置と、

前記処理装置は、前記肉盛溶接を行なう際に、ひびが確認された部分の溶接入熱はひびがない場合よりも高い溶接入熱とする予防保全装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原子力発電プラントにおける原子炉圧力容器内の応力腐食割れに対する予防保全方法に関する。

【背景技術】

【0002】

炉内計装筒等炉内機器の外面溶接部の予防保全方法としては、キャビテーション気泡を含む高圧水を利用するウォータージェットピーニング法（特開 2006-201141号公報）が提案されている。このウォータージェットピーニング法は、発生させたキャビテ

50

ーション気泡崩壊時の衝撃圧を利用して、金属材料表面近傍の残留応力を改善するものである。従来のウォータージェットピーニング法による予防保全工法は、ニッケル基合金（600合金）などの金属材料が高温水中に置かれた場合、その溶接部または溶接部近傍において発生する応力腐食割れ防止法として考案されたものである。応力腐食割れは発生要因として材料、応力、環境の因子が重畳した条件下で生ずるとされており、ウォータージェットピーニング法はこれら三因子の中から応力因子を取り除き応力腐食割れ防止を図った技術である。

【0003】

また、材料因子の観点から耐食性を有した溶接材を使用した肉盛溶接等による表面改質の予防保全方法としては、炉内計装筒内面を対象とした特開2002-90494号公報、原子炉の溶接部等を対象とした特開2001-124888号公報に記載の予防保全方法が提案されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-201141号公報

【特許文献2】特開2002-90494号公報

【特許文献3】特開2001-124888号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

上述した技術では、原子炉压力容器の底部に多数林立している炉内計装筒外面の予防保全方法としては効率的に施工できる工法として極めて有効であるが、万一ひびがあった場合の施工については考慮されていない。

【0006】

また、炉内計装筒内面を対象とした上述の技術では、炉内計装筒内面の表面改質としては有効な手段であるが、同様に予防保全対象部位のひびの有無について配慮されておらず、万一ひびがあった場合の施工については考慮されていない。

【0007】

また、上述した原子炉内の溶接部を対象とした肉盛溶接による表面改質の予防保全方法では、材料面からの記載はあるが、供用期間中の運転プラントを対象とした実際の原子炉炉内構造物に適用する際の施工については配慮されておらず、複雑形状部位に対する施工性、予防保全対象機器が多数存在する場合の、経済性の観点からの工事期間の短縮という面においても配慮されていない。また予防保全対象部位のひびの有無についても配慮されておらず、万一ひびがあった場合の施工については考慮されていない。

30

【0008】

そこで、本願発明が解決しようとする課題は、施工後の信頼性に優れた予防保全工法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

40

上記課題を解決するため、本発明は原子炉压力容器の応力腐食割れを耐食性に優れた肉盛り溶接により防止する炉内機器の予防保全方法において、原子炉压力容器の内面に溶接により取り付けられた炉内機器又は前記原子炉压力容器の溶接部の検査を行い、前記検査結果により肉盛溶接の条件を変えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

前記手段により、施工後の信頼性に優れ、工事期間を短縮した予防保全方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

50

【図 1】本発明の一実施例である、予防保全工法フローを示す。

【図 2】本発明の一実施例である、ひび有無に対する溶接施工図を示す。

【図 3】本発明の一実施例である、溶接条件設定フローを示す。

【図 4】本発明の一実施例である、き裂進展評価手順を示す。

【図 5】本発明の適用対象である、原子炉圧力容器の断面を示す。

【図 6】本発明の一実施例である、表面研磨の装置構成を示す。

【図 7】本発明の一実施例である、溶接の装置構成を示す。

【図 8】本発明の一実施例である、溶接トーチ動作図を示す。

【図 9】本発明の一実施例である、浸透探傷検査（PT）の装置構成を示す。

【図 10】本発明の一実施例である、ウォータージェットピーニングの装置構成を示す。

10

【図 11】本発明の一実施例である、水密シールの概要を示す。

【図 12】本発明の一実施例である、局所水密シール付き溶接トーチの装置構成を示す。

【図 13】本発明の一実施例である、共通アクセス装置の概要を示す。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照して、本発明の実施例を示す。

【実施例 1】

【0013】

図 1 は、本発明の一実施例である肉盛溶接による予防保全工法の作業手順を示すものである。

20

【0014】

最初に原子炉圧力容器 1 内の底部に位置する炉内計装筒 5 溶接部の事前検査を行い、ひびの有無を確認する。事前検査としては、まず目視検査（VT）を実施し、目視検査（VT）により万一ひびが見つかった場合、超音波探傷検査（UT）及び渦流探傷検査（ECT）による詳細検査を行い、ひびの位置、長さおよび深さを特定する。図 1 では目視検査（VT）を実施する手順を示すが、目視検査（VT）を省略して渦流探傷検査（ECT）によりひび有無の確認と位置の特定を行い、その後、超音波探傷検査（UT）で深さ測定を行う場合もある。これらの事前の検査でひび無しと判断された場合は、溶接部の応力腐食割れの発生を防止するため、表面改質を目的とした予防保全溶接を選択して、次工程である予防保全作業に移る。また、事前検査の結果でひび有りだと判断された場合は、ひびの位置、長さおよび深さのデータに基づき、補修を目的とした肉盛溶接を行う基準位置とその基準位置をもとに溶接範囲を設定するとともに、肉盛溶接側へのき裂進展量を評価し肉盛溶接の厚さを設定し、次工程である補修兼予防保全作業に移る。

30

【0015】

次に予防保全作業について炉内機器のうち炉内計装筒の外面溶接部を一例として説明する。なお、ひびなし時の予防保全作業と、ひびあり時の補修兼予防保全作業とは、同一する作業が多いため、以下まとめて記載する。

【0016】

まず、対象とする炉内計装筒 5 の溶接部表面を研磨して表面に付着した酸化皮膜、ゴミ及びクラッド等を除去し、その後、溶接前の形状寸法を予め測定する。次に肉盛溶接を実施する。このときの溶接条件は前記事前検査の結果を反映した条件として、基準位置と溶接範囲及び溶接厚さを設定して溶接作業を行う。溶接終了後に溶接による酸化皮膜の除去のため表面を研磨し、寸法測定装置を使用して溶接部寸法測定を行う。この作業では肉盛厚さの確認も行う。特にひび有りの場合は、前記に示すとおりき裂進展量から肉盛厚さが求められるため、必要な肉盛溶接厚さの要求値を満足していることの確認を行う。その後、浸透探傷検査（PT）または渦流探傷検査（ECT）等により肉盛溶接後の表面検査（溶接後検査）を行い、溶接部近傍の残留応力を低減するためウォータージェットピーニング（WJP）を実施する。

40

【0017】

図 2（a）にひび有りの場合の溶接、図 2（b）にひび無しの場合の溶接を示す。また

50

、図3に溶接条件設定フローを示す。

【0018】

ひび有りの場合は、ひび2の存在する範囲全面の肉盛溶接（ひび有り）3を実施する。その際、位置座標は渦流探傷検査（ECT）により取得したデータを使用して設定し、ひび2の長さL1に対して肉盛溶接長さL2は、それよりも広い長さとする。肉盛溶接長さはひび2発生の起点座標と終点座標にそれぞれ一定長さを加算して肉盛溶接開始位置と終了位置の座標を算出し、溶接制御装置に溶接条件として入力する。ここで、肉盛溶接厚さt1は、ひび測定結果に、その後のプラント運転時間を加味して求めたき裂進展評価結果を使用して、プラントの運転期間中に肉盛溶接側にき裂が進展し貫通しない厚さとして設定する。図4にき裂進展評価の手順を示す。評価手順は、初期き裂の設定、負荷条件の設定及び肉盛溶接厚さの設定を行い、その条件に基づいて疲労き裂進展評価を実施する。この評価は肉盛溶接厚さによって変わる。そのため、肉盛り後の疲労き裂進展後のひび長さを考慮した構造全体の破壊評価を行う。肉盛溶接厚さは構造全体破壊評価の範囲内（破壊が起きない範囲）となるように設定する。初期き裂の設定は、事前検査で実施する超音波探傷検査（UT）及び渦流探傷検査（ECT）で得られた結果を利用する。負荷条件の設定は、評価期間中の負荷荷重の繰返し回数を運転実績から設定する。肉盛溶接厚さt1は初期は想定値で実施する。疲労き裂進展評価は、肉盛溶接後の残行き裂に対して負荷条件の設定で求めた繰返し荷重を加えて運転年数に対するき裂進展量を解析により求める。構造全体の破壊評価は、疲労き裂進展評価を考慮したひび長さに対する破壊評価を行い、プラント運転中の全ての供用状態及び地震時に破壊が生じないことを解析により評価する。なお、このき裂進展評価は、発電用原子力設備規格維持規格で公開された手法を用いる。以上の評価結果に基づき、運転年数を想定し、その期間においてき裂の貫通がなく、かつ構造全体に強度を確保可能な肉盛溶接厚さt1を設定する。次に、この肉盛溶接厚さt1に対して、1層当りの溶接厚さから必要となる溶接層数を算出し、溶接電源及び制御装置に溶接条件として入力する。また、ひび2の長さよりも広い長さとする肉盛溶接長さL2は、肉盛溶接厚さt1と同様に疲労き裂進展評価を考慮したひびの長さを求めて、それにひび位置の測定精度、肉盛溶接の位置精度を加算した余長から設定する。

10

20

【0019】

ひび無しの場合は、表面改質を目的に肉盛溶接（ひび無し）4を行うもので、肉盛溶接厚さt2は、ひび有りのケースの肉盛溶接側へのき裂進展量を考慮する必要はなく、既設の肉盛対象となる材料の肉盛溶接側への溶接による希釈を考慮すれば良く溶接入熱にもよるが約2kJ/cmの低入熱の場合約1mm程度あれば充分である。この場合肉盛溶接の範囲は、炉内計装筒5の既設溶接部全面及びその溶接熱影響部のカバーする範囲に設定する。なお、ひび有り、ひび無しともに肉盛溶接材としては、従来の600系ニッケル基合金又は690系ニッケル基合金のクラッド溶接に使用している溶接金属の82合金に対して、更に耐食性の優れた52合金を使用する。

30

【0020】

なお、溶接条件は、炉内計装筒5の変形防止を考慮した入熱量とする必要がある。そのため、ひびが無い場合の溶接入熱は、5kJ/cm以下の低入熱、より好ましくは2kJ/cm以下とし、設定範囲の一例としては溶接電流130から175A、電圧8から10V及び溶接速度45から70cm/minがある。また、ひびが確認された場合の溶接は、一般的なインコネルのティグ肉盛溶接に用いられる溶接条件の範囲として約3～20kJ/cmに着目した結果、約20kJ/cmでは肉盛ビード端にへこみ（アンダーカット）が見られるため、15kJ/cm以下とし、約5～15kJ/cmを適正な溶接条件範囲と設定した。設定範囲の一例としては溶接電流100から180A、電圧9から11V及び溶接速度8から11cm/minがある。この溶接電流、電圧及び溶接速度を制御装置及び溶接電源に溶接条件として入力する。これにより肉盛ビード端にへこみ等が解消し、変形防止を考慮した信頼性に優れた予防保全方法を提供できる。

40

【0021】

ここで上記ティグ溶接は、レーザ溶接に置き換えることも可能である。レーザ溶接の場

50

合は、ティグ溶接の条件である溶接電流，電圧及び溶接速度に対応して、レーザ出力電力（ $kW = kJ / s$ ），溶接速度（ cm / min ）により入熱量を設定する。

【 0 0 2 2 】

これら実施例による効果は、施工対象部位の検査を事前に実施して、ひびの有無により肉盛溶接の条件を変えることにより同じ溶接機での予防保全工法の施工が可能であり、ひびの削除などの別な加工機による補修を不要として、万一ひびが発見された場合でも、比較的短期間に補修を兼ねた予防保全を行えることである。また、施工後の信頼性に優れた予防保全方法を提供できる。

【 0 0 2 3 】

図 5 に本工法の対象となる原子炉压力容器 1 の断面を示す。

10

【 0 0 2 4 】

炉内計装筒 5 は、原子炉压力容器下鏡 6 を貫通して多数林立している。予防保全の対象は、原子炉压力容器下鏡 6 の貫通部と炉内計装筒 5 の外周部の溶接部であり、溶接部の形状は、下鏡 6 の半球面形状を反映し 3 次元形状となっている。そのため、予防保全作業に使用する装置は、この溶接部の形状に対応する機構を要する。以下に装置例を示す。

【 0 0 2 5 】

図 6 に表面研磨の一例を示す。

【 0 0 2 6 】

炉内計装筒 5 の外周溶接部に研磨砥石 1 1 をアクセスする装置として、ヘッド旋回駆動部 8 とヘッド昇降駆動部 9 を有する構成において、その先に研磨アーム 1 0 及び研磨駆動部 1 2 及び研磨砥石 1 1 を備える。研磨砥石 1 1 は表面に付着した酸化皮膜，ゴミ及びクラッドの除去を目的とし、例えばワイヤブラシ、若しくは不織布に研磨砥粒を均一に塗布・接着した砥石を利用したもので、研磨駆動部 1 2 から伝達された回転力により磨き動作を行う。研磨アーム 1 0 は炉内計装筒 5 を基準にその周囲を旋回し、 360° の範囲をカバーする。

20

【 0 0 2 7 】

図 7 に溶接の一例を示す。

【 0 0 2 8 】

原子炉压力容器下鏡 6 から立ち上がる炉内計装筒 5 の溶接部全面を水密シール 1 9 で覆うヘッド構造において、その内部に溶接トーチ 1 7 ，トーチ首振り動作 2 0 の機構，ヘッド旋回動作 1 4 及びヘッド昇降動作 1 3 の機構と、溶接ワイヤー送り装置 1 8 を備える。各機構の運転操作は、原子炉压力容器上部のオペレーションフロアに設置した各装置により実施するもので、制御装置 1 5 b ，溶接電源 2 1 ，冷却水循環装置 2 2 ，及びカメラコントローラ，モニタ 1 6 b より構成される。ここで原子炉压力容器 1 内は満水状態であるため、溶接部を局所的に気中環境とするため水密シール 1 9 を使用する。

30

【 0 0 2 9 】

本装置は、予め対象物の溶接条件として、前記図 4 の溶接条件制御フローに示したとおり、ひびの有無に応じて設定した溶接条件の入力値により、装置の駆動動作を制御装置 1 5 にて行う。ここで、溶接される位置，範囲の情報は、トーチ首振り動作 2 0 ，ヘッド旋回動作 1 4 及びヘッド昇降動作 1 3 の制御に使用され、所定の範囲に溶接トーチ 1 7 先端を位置決めして運転される。また、肉盛溶接厚さの情報は、同様にトーチ首振り動作 2 0 ，ヘッド旋回動作 1 4 及びヘッド昇降動作 1 3 の制御に使用されるが、ここでは肉盛の層数の条件として設定される。図 8 (a) 及び図 8 (b) に溶接トーチの動作手順の一例を示す。炉内計装筒 5 の溶接部 4 5 に対して、溶接トーチ 1 7 を溶接開始点 4 6 に移動し、その位置座標を教示する。引き続き、溶接トーチ 1 7 を溶接開始点 4 6 に移動し、その位置座標を教示する。教示した溶接開始点 4 6 と溶接終了点 4 7 の間の補間した経路を作成し、溶接トーチ 1 7 を再度溶接開始点 4 6 に移動設定し、溶接終了点 4 7 の間を肉盛溶接 4 8 を実施する。ひび無しの場合は、本動作を炉内計装筒 5 の円周 360° 繰返し実施して、溶接部全面を肉盛溶接する。また、ひび有りの場合は、肉盛溶接長さ L 2 に相当する範囲を溶接開始点 4 6 と溶接終了点 4 7 に設定して実施する。溶接入熱量は、溶接電流，

40

50

溶接電圧及び溶接速度に係わる条件であり、制御装置 15 b と溶接電源 2 1 に入力される。溶接電流及び溶接電圧は溶接電源 2 1 で設定されて、溶接速度は制御装置 15 b で設定される。予め溶接する位置、範囲の条件から溶接トーチの軌道を計算し、そのときに所定の溶接速度になるようにトーチ首振り動作 2 0、ヘッド旋回動作 1 4 及びヘッド昇降動作 1 3 の各動作速度に分配されて運転制御する。

【 0 0 3 0 】

ここで上記ティグ溶接における構成は、レーザ溶接に置き換えた場合、溶接トーチ 1 7 と溶接電源 2 1 は、レーザ溶接ノズルとレーザ発信機に対応し、レーザ溶接ノズルとレーザ発信機間の伝送は光ファイバーケーブルで接続することにより、同様にシステムが達成できる。

10

【 0 0 3 1 】

これら実施例による効果は、溶接機に局部気中環境を形成する機能を備えることにより、原子炉圧力容器内に炉水を張った状態で予防保全工事ができ、作業従事者の被ばく低減が可能な予防保全が行えることである。さらに、炉水を張った状態で作業が可能のため工期短縮が図れる。

【 0 0 3 2 】

溶接後の表面研磨は、前記表面研磨の装置と共用する。

【 0 0 3 3 】

図 9 に浸透探傷検査 (P T) の一例を示す。

【 0 0 3 4 】

原子炉圧力容器下鏡 6 から立ち上がる炉内計装筒 5 の溶接部全面を水密シール 1 9 で覆うヘッド構造において、ヘッド旋回駆動部 8 とヘッド昇降駆動部 9 を内蔵し、その先に浸透探傷検査 (P T) 液塗布・洗浄・乾燥ノズルヘッド 2 3 と、先端にカメラを有するカメラ (ミラー) 首振り機構部 2 5 を備える。各機構の運転操作は、原子炉圧力容器上部のオペレーションフロアに設置した各装置により実施するもので、制御装置 15 c、P T 液・洗浄水・エア供給ユニット 2 8、P T 液・洗浄水回収ユニット 2 9、乾燥温風供給ユニット 3 0 及び観察用カメラ、コントローラ、モニタ 1 6 c より構成される。ここで溶接と同様に浸透探傷検査 (P T) の検査面を局所的に気中環境とするため水密シールを使用する。

20

【 0 0 3 5 】

浸透探傷検査 (P T) の手順は以下となる。

30

【 0 0 3 6 】

第一の手順は溶接面の洗浄である。これは、溶接面に P T 液塗布・洗浄・乾燥ノズルヘッド 2 3 をヘッド旋回駆動部 8 とヘッド昇降駆動部 9 を利用して位置決め後に、洗浄水を噴き付けて前処理洗浄を行う。その後、乾燥温風を送給し、洗浄面の湿分を取り除く。

【 0 0 3 7 】

第二の手順は浸透探傷検査 (P T) 液塗布である。これは、P T 液塗布・洗浄・乾燥ノズルヘッド 2 3 を対象部位に位置合わせ後にノズル先端から浸透探傷検査 (P T) 液を噴き付けて、所定の時間を経過後、次に洗浄液を噴き付けて浸透探傷検査 (P T) 液を洗い流す。このとき、浸透探傷検査 (P T) 液と洗浄水は、P T 液・洗浄水回収ユニット 2 9

40

【 0 0 3 8 】

第三の手順は浸透探傷検査 (P T) の判定である。これは、溶接面に紫外線 (U V) 光を当てて、そのときに有意な指示模様がないことを観察カメラを使用して全面を走査し確認する。

【 0 0 3 9 】

図 1 0 にウォータージェットピーニングの一例を示す。

【 0 0 4 0 】

ウォータージェットピーニングは、肉盛溶接した部位の残留応力の低減を図るため、炉内計装筒 5 の肉盛溶接全面を実施する。炉内計装筒 5 の肉盛溶接部に水噴射ノズル 4 3 を

50

アクセスする装置として、ヘッド回転駆動部 8 とヘッド昇降駆動部 9 を有する構成において、その先にノズルアーム 4 9 及び水噴射ノズル 4 3 を備える。ノズルアーム 4 9 は、炉内計装筒 5 の周囲 360° 回転し、ヘッド昇降動作 1 3 と水噴射ノズル首振り動作 4 4 により水噴射ノズル 4 3 の方向と距離を調整して高圧水の噴き付けを行う。なお、ひび無しの場合は、既存の溶接形状に合わせた肉盛溶接となるが、ひび有りの場合は、前述する図 2 (a) の肉盛溶接厚さ t_1 で部分的に形状が異なるため、肉盛形状に倣った水噴射ノズル 4 3 の動作を行う。なお、この動作は肉盛形状の変化点 (始点、終点、複数の中間点) の位置座標を予め教示しティーチングプレイバックすることにより達成できる。これにより肉盛溶接した部位の残留応力の低減が可能となる。

【 0 0 4 1 】

図 1 1 に水密シール 1 9 の一例を示す。

【 0 0 4 2 】

本工法のうち溶接、浸透探傷検査 (P T) は局所的に気中環境にする必要があるため、水密シールを使用する。このとき炉内計装筒 5 は原子炉压力容器下鏡 6 の球面形状に林立しているため、下鏡面でのシールとの当りは 3 次元曲面となり、位置によりその形状が傾斜方向に大きく変化する。この形状は、プラントごとに寸法が変わり、かつ位置によっても変わるため、対象となる炉内計装筒 5 ごとに準備すると膨大な数量が必要となる。そのため、共通で使用できる構造とするため、以下に示す構造とする。

【 0 0 4 3 】

水密シールは周方向に複数の分割構造とし、各分割面で上下動する機構を有し、自重若しくはシリンダにて炉底部に下端のシール面を押付ける。図 1 1 はその一例として幅大 6 分割及び幅小 6 分割の計 1 2 分割構成とした場合の図である。1 分割面には下端に周方向ゴムシール 2 7 を有する金属シール板 3 3 を有し、金属シール板 3 3 の上部にガイドロッド 3 4 を設けて、原子炉压力容器下鏡 6 の曲率にあわせてガイドロッド 3 4 が上下し周方向ゴムシール 2 7 を原子炉压力容器下鏡 6 に密着させる。なお、1 分割面の側面には側面周方向ゴムシール 3 2 を設けて、上下動したときでも隙間が生じないように水密性を確保する。

【 0 0 4 4 】

本構造において、上部より水密シール 1 9 を吊り降ろす際、内部をガスでパージした状態で原子炉压力容器下鏡 6 に設定するが、内部の水はパージでは完全に排除はできない。そのため、原子炉压力容器下鏡 6 に設定後、パージを継続し、内部の水を完全に排除した後、溶接若しくは浸透探傷検査 (P T) を実施する。

【 0 0 4 5 】

これら実施例による効果は、肉盛溶接機に原子炉压力容器下鏡の球 R に追従する伸縮自在なシール機構を備えていることにより、原子炉压力容器下鏡に多数林立する全ての炉内計装筒外面の予防保全工事を溶接機のシールを変える事無く、一度の炉内設定で多本数の予防保全施工が可能となり、工期の短縮した予防保全が行えることである。

【 0 0 4 6 】

以上の手順及び装置構成は、加圧水型原子炉を一例としているが、沸騰水型原子炉も下鏡に炉内計装筒及び制御棒駆動機構 (C R D) ハウジングが貫通し外周部を溶接しており、溶接部の形状は同様に下鏡の半球面形状を反映し 3 次元形状となっていることから、同様の装置構成により予防保全工法が適用できる。但し、加圧水型原子炉の炉内計装筒 5 は、図 7 に示すとおり原子炉压力容器溶接部から上端までの距離が短く、上方から水密カバーを被せることが可能であるが、沸騰水型原子炉の炉内計装筒 5 は、炉心中央部付近までの長さを有するため上方から被せることはできない。このような場合は溶接部位を局所的にカバーする方法として図 1 2 の実施例がある。図 1 1 の実施例では、水密シールを固定して溶接トーチを動かす方法としているが、図 1 2 の実施例は、水密シールと溶接トーチを同時に動かす方法とするものであり、本方法により対応可能となる。溶接トーチ 1 7 は、先端に局所水密シール 5 0 を有するとともに、その内部に溶接電極 5 1 と溶接ワイヤガイド 5 2 を有する。なお、局所水密シール 5 0 は、押付け面の溶接部の形状に倣い、か

10

20

30

40

50

つ耐熱性のあるシリコンスポンジなどが適する。また、側面にはガスパーズ供給系 53 を接続して、常時溶接トーチ 17 内をガスパーズする。前記構造を有する溶接トーチ 17 において、溶接トーチ 17 の溶接電極 51 を溶接開始点 46 及び溶接終了点 47 を各々位置座標を教示する。教示した溶接開始点 46 と溶接終了点 47 の間の補間した経路を作成し、溶接トーチ 17 を再度溶接開始点 46 に移動設定し、ガスパーズの流量を上げて局所水密シール 50 の内部に溜まっている水を排除し、ガス雰囲気置換後、溶接終了点 47 までの間を肉盛溶接する。このとき溶接トーチ 17 の動作は、前述した図 7 のトーチ首振り動作 20 の機構、ヘッド旋回動作 14 及びヘッド昇降動作 13 の機構と、溶接ワイヤ送り装置 18 を使用することで達成できる。

【 0 0 4 7 】

これら実施例による効果は、複雑形状部位に対する施工性、予防保全対象機器が多数存在する場合の、経済性の観点からの工事期間の短縮という面においても配慮された予防保全を行えることである。

【実施例 2】

【 0 0 4 8 】

次に前記表面研磨、溶接及び浸透探傷検査 (PT) を組み合わせて効率よく作業を実施するための装置の一例を図 13 に示す。これは、加圧水型原子炉を想定した例である。沸騰水型原子炉の場合は、原子炉内は構造物が存在するため、表面研磨、溶接、浸透探傷検査 (PT) 及びウォータージェットピーニングは、原子炉上部から装置を吊り降ろして、設定することになるが、加圧水型原子炉の場合は、原子炉内の構造物を取り外すことが可能であるため、当該作業時は空間上の制約が大幅に軽減される。この利点を利用して作業性を向上させるための実施例を以下説明する。

【 0 0 4 9 】

炉心支持金物 7 に設定する共通アクセス装置 35 は、炉心支持金物 7 に支持する架台下げられたテーブル装置 40 と、テーブル装置 40 により旋回するアーム装置 41 と、そのアーム装置 41 に取り付けられて径方向に移動するヘッド駆動装置 42 より構成される。

【 0 0 5 0 】

各種装置ヘッドは、目的に応じて交換し使用するものであり、原子炉上部から吊り降ろし、ヘッド駆動装置 42 に遠隔で設定する。その際、選択する工法に応じて、使用するヘッドは複数となるが、旋回するアーム装置 41 とヘッド駆動装置 42 は、必要台数分を備えたものとする。

【 0 0 5 1 】

補修溶接を実施する場合の一例を以下説明する。

【 0 0 5 2 】

十字形状のアーム装置の先に 4 台有するヘッド駆動装置 42 に、研磨装置ヘッド 36、溶接機ヘッド 37、浸透探傷検査 (PT) 装置ヘッド 38 及び寸法測定装置ヘッド 39 を水中遠隔で取り付け、溶接作業を実施する。補修溶接の手順は、下記のとおりである。

【 0 0 5 3 】

第一の手順は溶接部研磨である。これは、溶接部表面に付着している酸化皮膜及びゴミ、クラッドの除去を行う。そのため、研磨装置ヘッド 36 を目的の炉内計装筒 5 の座標に、テーブル装置 40 の旋回動作とヘッド駆動装置 42 の径方向動作により、位置合わせを行い、溶接部外周全面の磨きを実施する。

【 0 0 5 4 】

第二の手順は溶接である。これは、溶接機ヘッド 37 を同様に目的の炉内計装筒 5 の座標に、テーブル装置 40 の旋回動作とヘッド駆動装置 42 の径方向動作により、位置合わせを行い、ひび有りの場合はひびの範囲を肉盛溶接、若しくはひび無しの場合は表面改質を目的とした肉盛溶接を行う。

【 0 0 5 5 】

第三の手順は浸透探傷検査 (PT) である。溶接終了後、浸透探傷検査 (PT) 装置へ

10

20

30

40

50

ッド38を目的の炉内計装筒5の座標に、テーブル装置40の旋回動作とヘッド駆動装置42の径方向動作により、位置合わせを行い、溶接面の浸透探傷検査(PT)を行う。

【0056】

第四の手順は溶接部寸法測定である。浸透探傷検査(PT)終了後、寸法測定装置ヘッド39を目的の炉内計装筒5の座標に、テーブル装置40の旋回動作とヘッド駆動装置42の径方向動作により、位置合わせを行い、溶接厚さを測定する。

【0057】

前記手順に合わせて溶接を実施するもので、なお、各種装置ヘッドの取り付け位置は、手順に合わせて配置するものとする。また、溶接が複数の層に肉盛する場合、その都度浸透探傷検査(PT)を実施することになる。この場合、溶接機ヘッド37と浸透探傷検査(PT)装置ヘッド38を同一装置に有することで、ヘッドの切り替えが短時間で対応可能となり、効率的に作業を実施することが可能となる。すなわち、予防保全工事で使用する溶接機、溶接前後の表面研磨、浸透探傷検査(PT)などの作業を実施する上で、各種作業ヘッドを効率よく切り替えて予防保全施工が可能であり、従って、工期の短縮した予防保全が行える。

【実施例3】

【0058】

これまでひび有無によって溶接条件を変更して肉盛溶接を実施する手順、方法について述べた。それに対して、ひび有りの条件で溶接部全面の表面改質を実施する、事前検査を不要とした予防保全方法も適用可能ある。これは、図1に示す作業手順の目視検査(VT)、超音波探傷検査(UT)等の事前検査を省き、予防保全作業としてひび有りの条件に関する補修兼予防保全溶接に相当するステップを実施する方法であり、原子炉压力容器内の炉内機器の溶接部は多数存在し、炉出力によって異なるが数10本の炉内計装筒を有することを考慮すると、この溶接部全て事前検査に掛かる作業期間を短縮する効果が期待できる。

【0059】

本方法は、前記図3の溶接条件フローは、そのまま適用できる。肉盛溶接範囲の算出は、ひび有無に係わらず予防保全を実施する溶接部全面を対象とし、肉盛溶接開始位置、終了位置を算出する。次に肉盛溶接厚さ t_2 は、き裂深さを最大の貫通き裂と想定し疲労き裂進展評価を行い算出し、その結果をもとに肉盛溶接層数を設定する。また、入熱量はひび有りの条件とし、溶接電流、電圧及び溶接速度の算出を行い、各条件を溶接制御装置及び溶接電源に入力する。なお、装置構成はひび有りの方法と同様であるため図6から図10に示す装置構成がそのまま適用可能となる。

【符号の説明】

【0060】

- 1 原子炉压力容器
- 2 ひび
- 3 肉盛溶接(ひび有り)
- 4 肉盛溶接(ひび無し)
- 5 炉内計装筒
- 6 原子炉压力容器下鏡
- 7 炉心支持金物
- 8 ヘッド旋回駆動部
- 9 ヘッド昇降駆動部
- 10 研磨アーム
- 11 研磨砥石
- 12 研磨駆動部
- 13 ヘッド昇降動作
- 14 ヘッド旋回動作
- 15 a, 15 b, 15 c, 15 d 制御装置

10

20

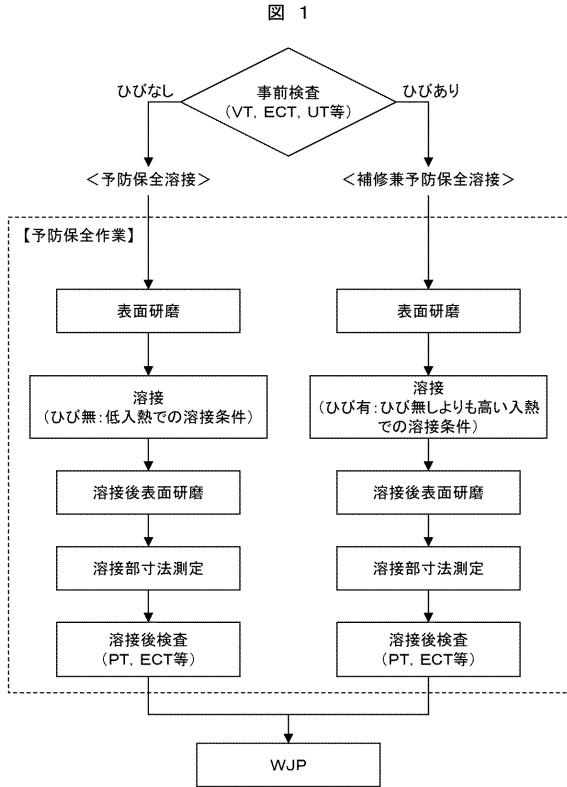
30

40

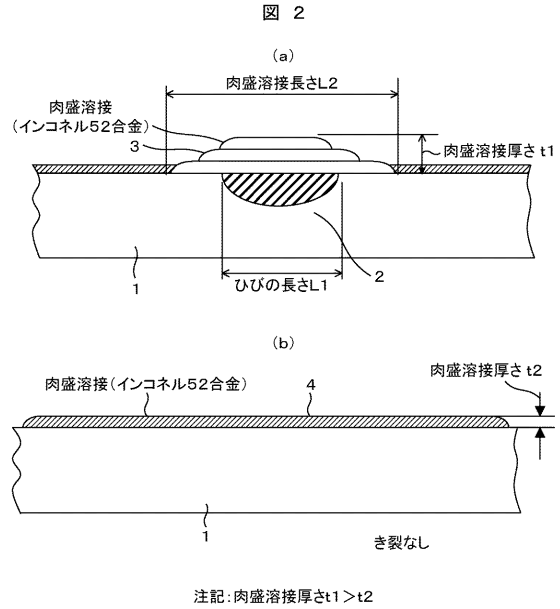
50

1 6 a , 1 6 d	コントローラ , モニタ	
1 6 b	カメラコントローラ	
1 6 c	観察用カメラ , コントローラ , モニタ	
1 7	溶接トーチ	
1 8	溶接ワイヤー送り装置	
1 9	水密シール	
2 0	トーチ首振り動作	
2 1	溶接電源	
2 2	冷却水循環装置	
2 3	P T液塗布・洗浄・乾燥ノズルヘッド	10
2 4	P T液・洗浄液回収	
2 5	カメラ (ミラー) 首振り機構部	
2 5 b	カメラ首振り動作	
2 6	乾燥温風供給	
2 7	周方向ゴムシール	
2 8	P T液・洗浄液・エア供給ユニット	
2 9	P T液・洗浄液回収ユニット	
3 0	乾燥温風供給ユニット	
3 1	軸方向ゴムシール	
3 2	側面周方向ゴムシール	20
3 3	金属シール板	
3 4	ガイドロッド	
3 5	共通アクセス装置	
3 6	研磨装置ヘッド	
3 7	溶接機ヘッド	
3 8	P T装置ヘッド	
3 9	寸法測定装置ヘッド	
4 0	テーブル装置	
4 1	アーム装置	
4 2	ヘッド駆動装置	30
4 3	水噴射ノズル	
4 4	水噴射ノズル首振り動作	
4 5	炉内計装筒溶接部	
4 6	溶接開始点	
4 7	溶接終了点	
4 8	肉盛溶接	
4 9	ノズルアーム	
5 0	局所水密シール	

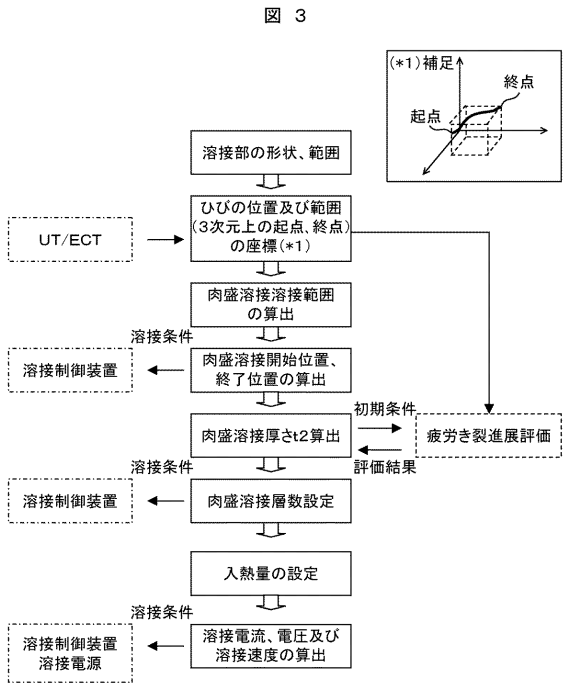
【 図 1 】



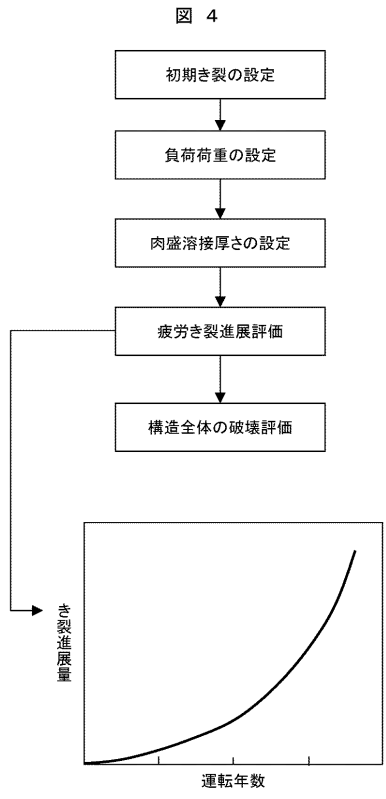
【 図 2 】



【 図 3 】

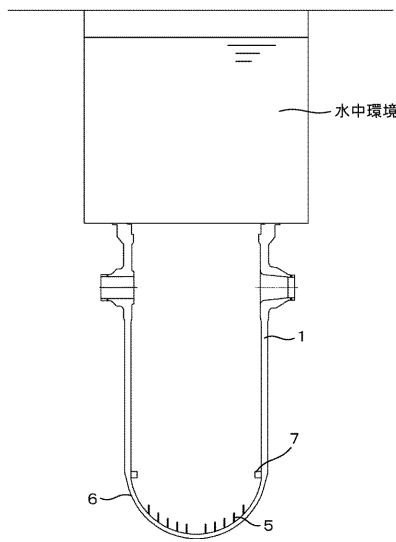


【 図 4 】



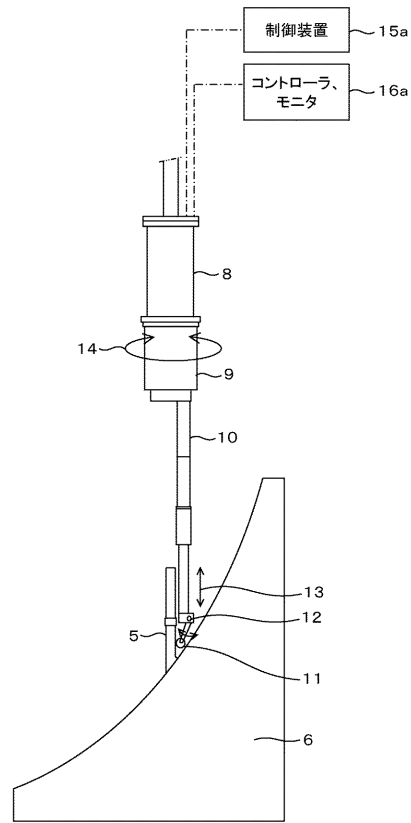
【図5】

図5



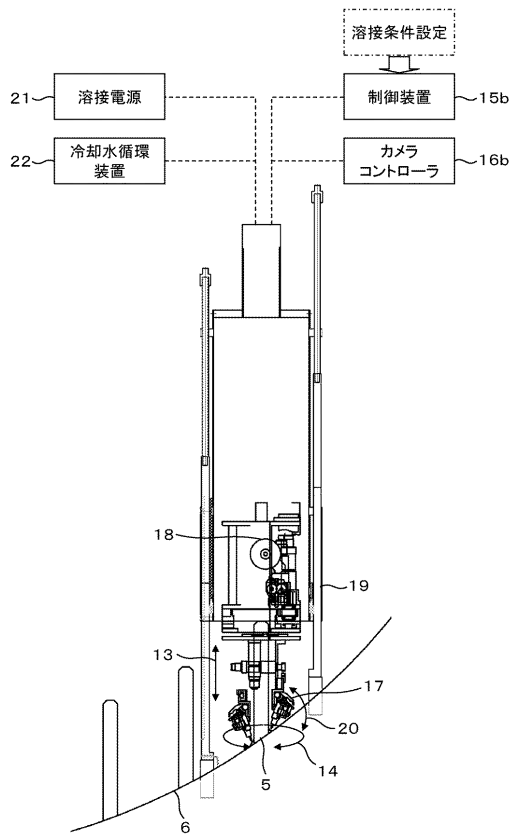
【図6】

図6



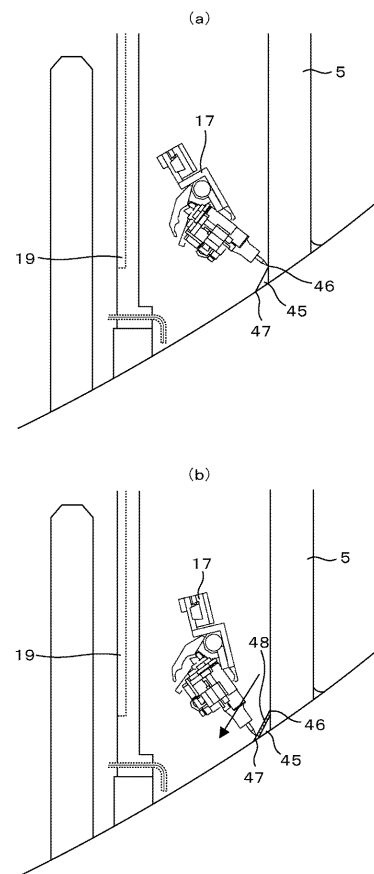
【図7】

図7

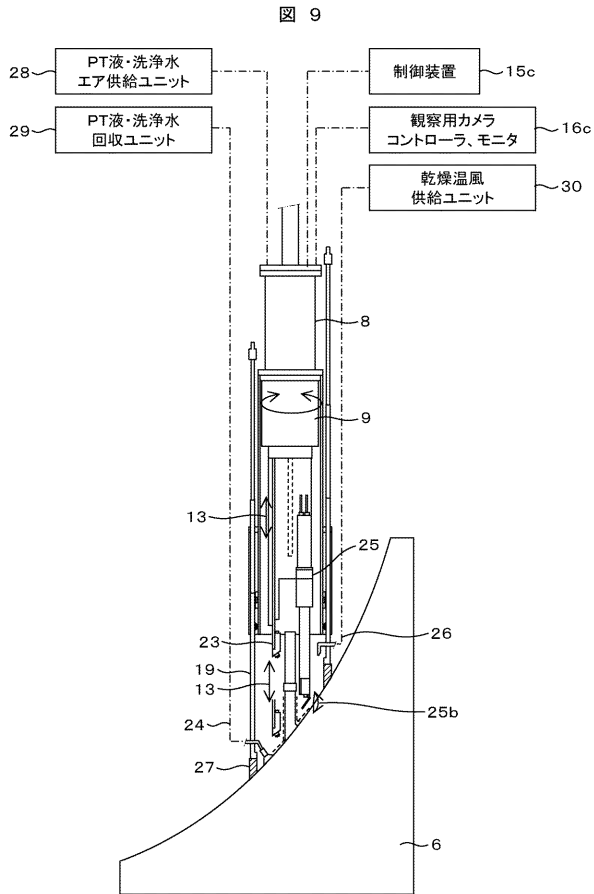


【図8】

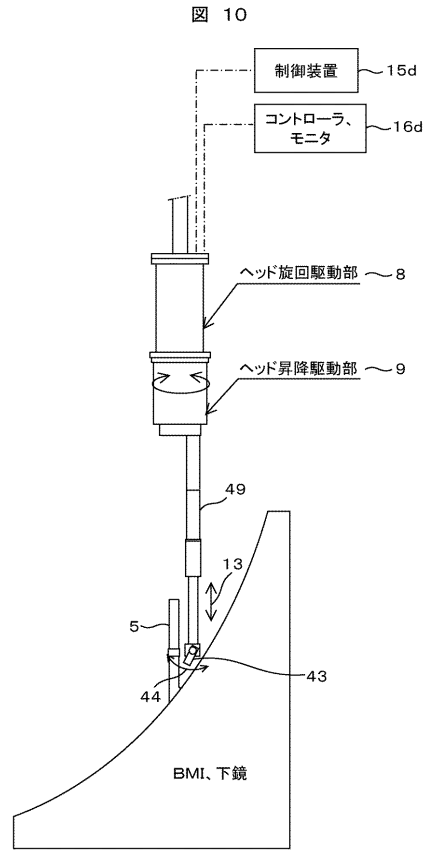
図8



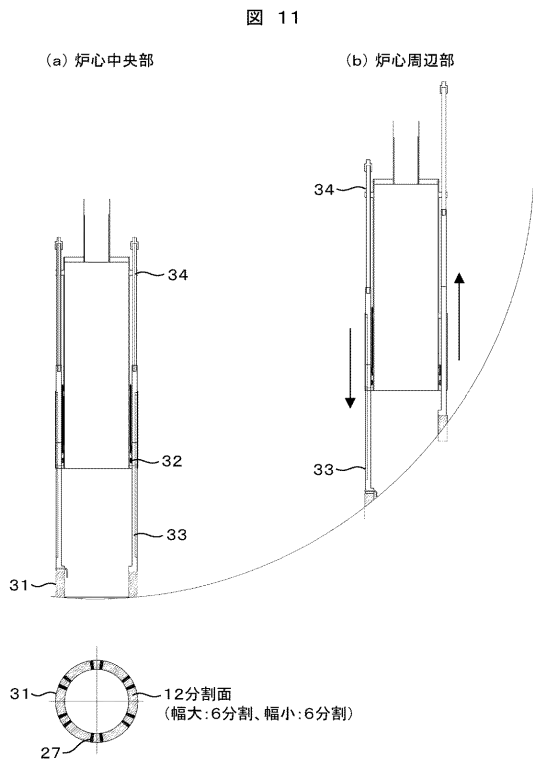
【図9】



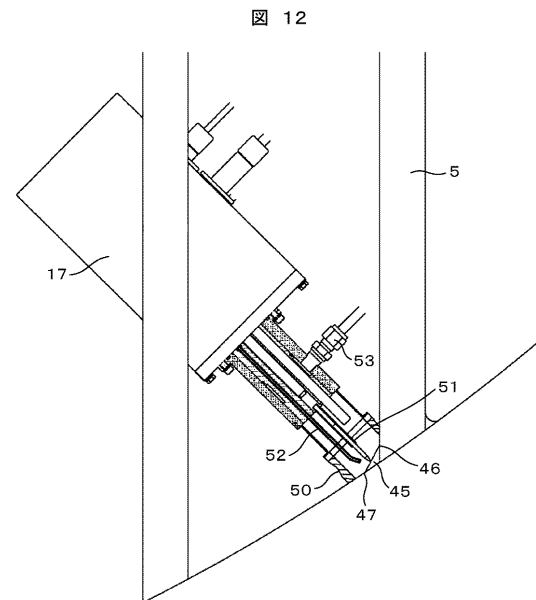
【図10】



【図11】

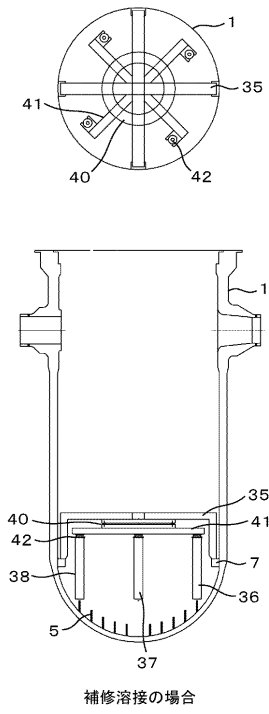


【図12】



【図13】

図 13



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
 B 2 3 K 26/34 (2006.01) B 2 3 K 26/34
 C 2 1 D 7/06 (2006.01) C 2 1 D 7/06 Z

(72)発明者 大友 定史
 茨城県日立市大みか町三丁目18番1号 茨城日立情報サービス株式会社内

審査官 村川 雄一

(56)参考文献 特開2003-311463(JP,A)
 特開2008-212945(JP,A)
 国際公開第2007/116532(WO,A1)
 特開2006-201141(JP,A)
 特開2000-056070(JP,A)
 特開2004-154807(JP,A)
 炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会,「補修工法ガイドライン[封止溶接工法]」,有限責任中間法人 日本原子力技術協会,2008年 1月

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
 G 2 1 C 1 9 / 0 2
 B 2 3 K 9 / 0 0
 B 2 3 K 2 6 / 3 4
 B 2 3 K 3 1 / 0 0
 C 2 1 D 7 / 0 6
 G 2 1 C 1 7 / 0 0 3
 G 2 1 D 1 / 0 0