

(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2012-189247

(P2012-189247A)

(43) 公開日 平成24年10月4日(2012.10.4)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 2 8 F 9/02 (2006.01)	F 2 8 F 9/02 Z	3 L 1 0 3
F 2 8 F 9/013 (2006.01)	F 2 8 F 9/00 3 1 1 B	
F 2 8 D 7/16 (2006.01)	F 2 8 D 7/16 D	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2011-52208 (P2011-52208)  
 (22) 出願日 平成23年3月9日 (2011.3.9)

(71) 出願人 000006208  
 三菱重工業株式会社  
 東京都港区港南二丁目16番5号  
 (74) 代理人 100089118  
 弁理士 酒井 宏明  
 (74) 代理人 100118762  
 弁理士 高村 順  
 (72) 発明者 岡田 英也  
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内  
 (72) 発明者 峯野 朋乃  
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内  
 Fターム(参考) 3L103 AA29 AA44 BB05 DD06 DD44

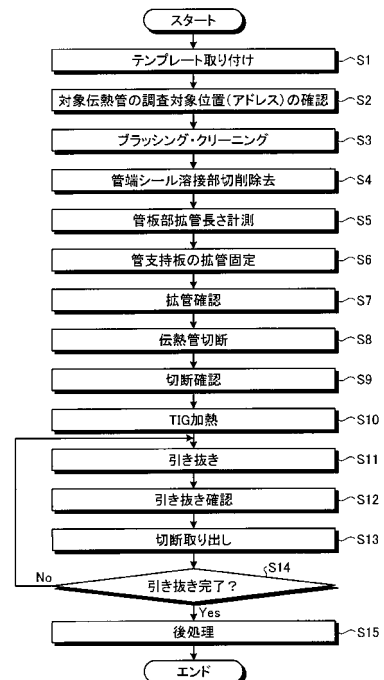
(54) 【発明の名称】 伝熱管の削除方法

(57) 【要約】

【課題】 熱交換器内に残留する伝熱管に起因する振動を低減できる伝熱管の削除方法を提供する。

【解決手段】 伝熱管の削除方法は、管内外で熱交換をする伝熱管と、伝熱管の端部が挿入され固定される管板と、伝熱管が支持される管支持板と、を有する熱交換器内において、伝熱管が熱交換器内に残留する伝熱管と引き抜かれる伝熱管とに切断される熱交換器内伝熱管切断手順と、引き抜かれる伝熱管を管板から引き抜く引き抜き手順と、を含み、引き抜き手順の前に熱交換器内に残留する伝熱管が管支持板に拡管固定される拡管手順を有する。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

管内外で熱交換をする伝熱管と、前記伝熱管の端部が挿入され固定される管板と、前記伝熱管が支持される管支持板と、を有する熱交換器内において、前記伝熱管が前記熱交換器内に残留する伝熱管と引き抜かれる伝熱管とに切断される熱交換器内伝熱管切断手順と

、前記引き抜かれる伝熱管を前記管板から引き抜く引き抜き手順と、を含み、

前記引き抜き手順の前に前記熱交換器内に残留する伝熱管が前記管支持板に拡管固定される拡管手順を有することを特徴とする伝熱管の削除方法。

## 【請求項 2】

前記熱交換器内伝熱管切断手順の前に、前記拡管手順が行われる請求項 1 に記載の伝熱管の削除方法。

## 【請求項 3】

前記伝熱管の調査対象位置を確認する調査対象確認手順と、

確認された調査対象位置に重なり合わないよう、前記管板に固定されている前記伝熱管の内側を加熱する加熱手順と、を有し、

前記加熱後に、前記引き抜き手順を行なう請求項 1 又は 2 に記載の伝熱管の削除方法。

## 【請求項 4】

さらに、前記引き抜き手順において前記伝熱管が前記管板から所定量突出した場合には、前記伝熱管の突出部を切断する突出部切断手順を有し、

前記引き抜き手順と、前記突出部切断手順とを交互に繰り返すことにより、前記引き抜かれる伝熱管の全部が前記管板から除去される請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の伝熱管の削除方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、伝熱管の削除方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

火力発電プラント、原子力プラント等に設けられる熱交換器では、定期的に配管の傷、割れ、減肉等を調査する必要がある。特許文献 1 には、管板に拡管固定された伝熱管を部分的に除去する方法が記載されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】特公平 7 - 18531 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載の伝熱管を部分的に除去する方法は、熱交換器内に残留する伝熱管について考慮されておらず、熱交換器内に残留する伝熱管の振動を防止する必要があった。

## 【0005】

本発明は、上述した課題を解決するものであり、熱交換器内に残留する伝熱管に起因する振動を低減できる伝熱管の削除方法を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

上述の目的を達成するために伝熱管の削除方法は、管内外で熱交換をする伝熱管と、前記伝熱管の端部が挿入され固定される管板と、前記伝熱管が支持される管支持板と、を有する熱交換器内において、前記伝熱管が前記熱交換器内に残留する伝熱管と引き抜かれる

10

20

30

40

50

伝熱管とに切断される熱交換器内伝熱管切断手順と、前記引き抜かれる伝熱管を前記管板から引き抜く引き抜き手順と、を含み、前記引き抜き手順の前に前記熱交換器内に残留する伝熱管が前記管支持板に拡管固定される拡管手順を有することを特徴とする。

【0007】

これにより、熱交換器内に残留する伝熱管に起因する振動は、管支持板により抑制され、振動が低減できる。

【0008】

本発明の望ましい態様として本発明の伝熱管の削除方法は、前記熱交換器内伝熱管切断手順の前に、前記拡管手順が行われることが好ましい。これにより、切断されたギャップを拡管ツールが通過する必要がなく、拡管ツールの案内管挿入の作業時間を低減できる。

10

【0009】

本発明の望ましい態様として本発明の伝熱管の削除方法は、前記伝熱管の調査対象位置を確認する調査対象確認手順と、確認された調査対象位置に重なり合わないよう、前記管板に固定されている前記伝熱管の内側を加熱する加熱手順と、を有し、前記加熱後に、前記引き抜き手順を行なうことが好ましい。これにより、調査対象位置を消失してしまうおそれを低減することができる。

【0010】

本発明の望ましい態様として本発明の伝熱管の削除方法は、前記引き抜き手順で前記伝熱管が前記管板から所定量突出した場合には、前記伝熱管の突出部を切断する突出部切断手順を有し、前記引き抜き手順と、前記突出部切断手順とを交互に繰り返すことにより、前記引き抜かれる伝熱管の全部が管板から除去されることが好ましい。これにより、広範囲の伝熱管を調査することができる。

20

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、作熱交換器内に残留する伝熱管に起因する振動を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、原子力プラントの構成を示す説明図である。

【図2】図2は、図1に記載した原子力プラントの熱交換器である蒸気発生器の構成を示す説明図である。

30

【図3】図3は、伝熱管の削除方法の手順を示すフローチャートである。

【図4】図4は、テンプレートを示す模式図である。

【図5】図5は、対象伝熱管の調査位置確認を説明する模式図である。

【図6】図6は、ブラッシング・クリーニングを説明する模式図である。

【図7】図7は、管端シール溶接部切除去を説明する模式図である。

【図8】図8は、管板部拡管長さ計測を説明する模式図である。

【図9】図9は、管支持板の拡管固定を説明する模式図である。

【図10】図10は、拡管確認を説明する模式図である。

【図11】図11は、伝熱管切断を説明する模式図である。

【図12】図12は、切断確認を説明する模式図である。

40

【図13】図13は、他の切断確認を説明する模式図である。

【図14】図14は、TIG加熱を説明する模式図である。

【図15】図15は、引き抜きを説明する模式図である。

【図16】図16は、引き抜き確認を説明する模式図である。

【図17】図17は、切断取り出しを説明する模式図である。

【図18】図18は、切断取り出しを説明する模式図である。

【図19】図19は、後処理の例を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明を実施するための形態（実施形態）につき、図面を参照しつつ詳細に説明する。

50

以下の実施形態に記載した内容により本発明が限定されるものではない。また、以下に記載した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のものが含まれる。さらに、以下に記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

【0014】

図1は、原子力プラントの構成を示す説明図である。図2は、図1に記載した原子力プラントの熱交換器である蒸気発生器の構成を示す説明図である。

【0015】

原子力プラント100には、例えば、加圧水型軽水炉原子力発電設備がある(図1参照)。この原子力プラント100は、原子炉格納容器110、原子炉120、加圧器130、蒸気発生器140及びポンプ150が一次冷却材管160により順次連結されて、一次冷却材の循環経路(一次系循環経路)が構成される。また、蒸気発生器140とタービン210との間に二次冷却材の循環経路(二次系循環経路)が構成される。

【0016】

この原子力プラント100が有する原子炉120は、加圧水型軽水炉である。このため、一次系循環経路内の一次冷却材は、加圧器130で加圧されて圧力が所定の大きさに維持される。原子力プラント100は、先ず、一次冷却材が原子炉120で加熱された後、蒸気発生器140に供給される。次に、蒸気発生器140で一次冷却材と二次冷却材との熱交換が行なわれることにより、二次冷却材が蒸発して蒸気となる。そして、この蒸気となった二次冷却材がタービン210に供給されることにより、タービン210が駆動されて発電機220に動力が供給される。なお、蒸気発生器140を通過した一次冷却材は、一次冷却材管160を介して回収されて原子炉120側に供給される。また、タービン210を通過した二次冷却水は、復水器230で冷却された後に、二次冷却材管240を介して回収されて蒸気発生器140に供給される。原子力プラント100は、高温・高圧の流体や放射性物質を含む可能性のある流体を扱っている。このために製作時において厳しい管理が求められている。これらの配管は溶接構造物で構成されるため、溶接の健全性は必須の条件である。

【0017】

蒸気発生器140は、胴部1と、複数の伝熱管2と、気水分離器3と、湿分分離器4とを有する(図2参照)。胴部1は、略円筒形状かつ中空密閉構造を有し、長手方向を鉛直方向に向けて配置される。また、胴部1は、管板11及び仕切板12により区画されてなる一对の水室13、14を底部に有する。この水室13(14)は、入口側ノズル15(出口側ノズル16)を介して一次冷却材管160に接続される。伝熱管2は、略U字形状を有し、両端部を鉛直下方に向けて胴部1内に配置される。伝熱管2の両端部は管板11に挿入されて支持される。また、伝熱管2の両端部は、入口側水室13及び出口側水室14に対してそれぞれ開口する。また、円筒形状を有する管群外筒5が胴部1内に配置され、この管群外筒5内に複数の伝熱管2が配置される。また、管群外筒5内には、複数の管支持板6A、6B、6C、6D、6E、6F、6Gが所定間隔を隔てて配列される。これらの管支持板6A、6B、6C、6D、6E、6F、6Gにより各伝熱管2が支持される。また、管群外筒5は、胴部1の内壁に対して隙間を開けて配置される。気水分離器3は、給水を蒸気と熱水とに分離する装置である。湿分分離器4は、分離された蒸気の湿分を除去して乾き蒸気に近い状態とする装置である。

【0018】

この蒸気発生器140は、一次冷却材が入口側ノズル15から入口側水室13に流入し、伝熱管2を通過して出口側水室14に入り、出口側ノズル16から外部に排出される。また、二次冷却材が給水管17から胴部1内に導入されて管群外筒5内を通過する。このとき、一次冷却材と二次冷却材との熱交換が行なわれて、二次冷却材が加熱される。つまり、蒸気発生器140は、熱交換器である。そして、この二次冷却材が気水分離器3及び湿分分離器4を通過することにより、二次冷却水の蒸気成分が取り出されてタービン210側に供給される。

【0019】

10

20

30

40

50

また、蒸気発生器 140 では、複数の伝熱管 2 の傷、割れ、減肉等の状態確認のため、伝熱管 2 の一部を削除して抜き取り、調査を行なうことがある。伝熱管 2 は、上述のように略 U 字形状をしているので、管板 11 の水室 13、14 側から、伝熱管 2 の一部を削除して抜き取り、抜き取った伝熱管を調査する。

#### 【0020】

図 3 は、伝熱管の削除方法の手順を示すフローチャートである。図 3 のフローチャートに沿って、伝熱管の削除方法の手順を説明する。蒸気発生器 140 では、複数の伝熱管 2 を有しているので、対象となる伝熱管 2 を確実に特定する準備として、管板 11 の水室 13、14 側から、テンプレートが取り付けられる手順が行なわれる（ステップ S1）。図 4 は、テンプレートを示す模式図である。

10

#### 【0021】

図 4 に示すテンプレート 21、22 は、2 枚を組み合わせて、対象となる伝熱管 2 の位置を特定する特定孔 23 を位置決めする。テンプレートは、単数で特定孔 23 を位置決めしてもよく、3 枚以上の組み合わせで特定孔 23 を位置決めしてもよい。テンプレート 21、22 により、対象となる伝熱管 2 以外の複数の伝熱管が塞がれている。テンプレート 21、22 は、管板 11 の水室 13、14 側から、テンプレートを貼り付け固定する固定孔 21A、21B、21C、22A、22B、22C、22D を有している。テンプレート 21、22 は、固定孔 21A、21B、21C、22A、22B、22C、22D を通じて管板 11 にボルト等で固定される。なお、図 5 以降においては、テンプレートは取り付けられているがテンプレート 21、22 の図示を省略する。

20

#### 【0022】

次に、対象となる伝熱管 2 の調査対象位置（アドレス）の確認手順が行なわれる（ステップ S2）。図 5 は、対象伝熱管の調査位置確認を説明する模式図である。図 5 に示すように、渦電流探傷プローブ 31 が伝熱管 2 の内部に管板 11 側から挿入され、渦電流探傷検査が行なわれる。図 5 は、渦電流探傷プローブ 31 が管支持板 6A、6B、6C を通過し、管支持板 6D と同程度の高さ位置を調査している状態を示している。渦電流探傷プローブ 31 からのデータは、コンピュータにより解析されマップ化され、対象となる伝熱管 2 において傷等の調査対象位置（アドレス）が把握される。調査対象位置（アドレス）は、傷等の大きさ又は方向が特定された位置情報である。

30

#### 【0023】

傷等の大きさ又は方向を特定するためには、先ず渦電流探傷プローブ 31 が伝熱管 2 の内部に管板 11 側から挿入され、渦電流探傷検査が行なわれる。渦電流探傷検査により、傷等の調査対象位置の候補位置が特定される。候補位置に対して、渦電流探傷プローブ 31 が磁石等の誘導電流の歪みを生じさせるマーキングを行ない、再度渦電流探傷プローブ 31 が渦電流探傷調査を行なう。これにより、調査対象位置（アドレス）として傷等の大きさ又は方向が特定された位置情報が取得される。

#### 【0024】

次に、対象となる伝熱管 2 に対してブラッシング又はクリーニングの手順が行なわれる（ステップ S3）。図 6 は、ブラッシング・クリーニングを説明する模式図である。図 6 に示すように、クリーニングツール 33 が伝熱管 2 の内部に管板 11 側から挿入され、伝熱管 2 の内壁に付着した酸化物等のスケールの除去が行なわれる。図 6 に示すように、伝熱管 2 は、管群外筒 5 内の伝熱管直線部 2C の直径よりも管板 11 内において拡管された管板内拡管部 2B を有している。管板 11 は、管群外筒側表面 11a と、管板孔 11b と、水室側表面 11c とを有している。拡管された管板内拡管部 2B が管板孔 11b の内壁へ押し付けられ拡管していることで、伝熱管 2 は管板 11 に固定されている。また、伝熱管 2 は、水室側表面 11c 近傍で、端部が管台 11 と溶接される管端シール溶接部 2A を有している。シール溶接部 2A により、伝熱管 2 が管板 11 に固定されている。伝熱管 2 の内壁に付着した酸化物等のスケールの除去は、管板 11 の厚さ T よりもクリーニングツール 33 を深く挿入し、クリーニングツール 33 が管群外筒側表面 11a を超える程度に行なうことが望ましい。

40

50

## 【 0 0 2 5 】

次に、対象となる伝熱管 2 に対して管端シール溶接部 2 A の切削除去の手順が行なわれる (ステップ S 4)。図 7 は、管端シール溶接部切削除去を説明する模式図である。図 7 に示すように、切削ツール 3 5 が伝熱管 2 の内部に管板 1 1 の水室側表面 1 1 c 側から挿入され、管端シール溶接部 2 A の切削除去が行なわれる。図 7 に示すように、切削ツール 3 5 は、ガイド部 3 6 と、ドリル部 3 7 と、ストッパ部 3 8 と、を有している。ガイド部 3 6 は、伝熱管 2 内に挿入され、ドリル部 3 7 の切削位置を案内する。ドリル部 3 7 は、水室側表面 1 1 c から距離  $u$  だけ挿入され、ドリル部 3 7 が管端シール溶接部 2 A に当接し、管端シール溶接部 2 A を切削除去する。ストッパ部 3 8 は、管板 1 1 の水室側表面 1 1 c を基準として切削寸法を規定する。管端シール溶接部 2 A の切削除去後、切削された加工面に対して、上述したブラッシング又はクリーニングの手順が行なわれてもよい。

10

## 【 0 0 2 6 】

次に、対象となる伝熱管 2 に対して管板部拡張長さ計測の手順が行なわれる (ステップ S 5)。図 8 は、管板部拡張長さ計測を説明する模式図である。図 8 に示すように、NO-GOゲージ 4 1 が伝熱管 2 の内部に管板 1 1 の水室側表面 1 1 c 側から挿入され、管板内拡張部 2 B の長さ計測が行なわれる。NO-GOゲージ 4 1 は、通り止まりゲージである。NO-GOゲージ 4 1 が伝熱管直線部 2 C に当接した場合の管板 1 1 の水室側表面 1 1 c 側から NO-GOゲージ 4 1 が挿入した長さが計測される。

## 【 0 0 2 7 】

次に、対象となる伝熱管 2 に対して管支持板の拡張固定の手順が行なわれる (ステップ S 6)。この手順は、熱交換器内に残留する伝熱管が前記管支持板に拡張固定される拡張手順である。図 9 は、管支持板の拡張固定を説明する模式図である。図 9 に示すように、管支持板 6 D は、伝熱管 2 の周囲を支持している。伝熱管 2 の周囲の支持は、固定ではなく伝熱管 2 の熱膨張等の影響を許容できる程度に空隙を有している。このため、伝熱管 2 の一部が除去され引き抜かれると、残留する伝熱管のバランスが崩れ不要な振動を生じるおそれがある。管支持板の拡張固定の手順では、図 9 に示すように、拡張ツール 4 5 が伝熱管 2 の内部に管板 1 1 の水室側表面 1 1 c 側から挿入される。拡張ツール 4 5 が挿入される位置は、調査対象位置 (アドレス) が存在する位置よりも管板 1 1 を基準として遠い管支持板の位置であればよい。本実施形態では、管支持板 6 D に対して伝熱管 2 を拡張し

20

30

## 【 0 0 2 8 】

拡張ツール 4 5 は、鉄等で形成された金属プレート部 4 6 A、4 6 B と、金属プレート部 4 6 A と金属プレート部 4 6 B との間に配置されゴム等で形成された形状変形部 4 7 とを有している。形状変形部 4 7 の伝熱管長手方向の長さ  $D$  は、管支持板の厚み  $d$  よりも長い。金属プレート部 4 6 A、4 6 B、形状変形部 4 7 は、初期状態では伝熱管直線部 2 C の直径よりも小さな直径の円筒形である。伝熱管 2 に対して管支持板の拡張固定の手順が行なわれると、金属プレート部 4 6 A、4 6 B の間隔が短くなる。金属プレート部 4 6 A、4 6 B の間隔が短くなると、形状変形部 4 7 が径方向 (伝熱管長手方向と直交方向) へ大きくなり伝熱管 2 の内壁を管支持板 6 D へ押し付ける。伝熱管 2 は、管支持板 6 D へ当接した部分の変形が規制される。このため、伝熱管 2 は、管支持板 6 D を避けるように、形状変形部 4 7 に沿って拡張される。その結果、伝熱管 2 には、管支持板拡張部 2 D が管支持板 6 D の両面に形成される。管支持板拡張部 2 D は、形状変形部 4 7 の形状に倣うので、曲面で形成される。伝熱管 2 の管支持板拡張部 2 D が形成されると、管支持板 6 D と伝熱管 2 とは固定される。なお、拡張ツール 4 5 は、形状変形部 4 7 の内部に液体を充填し、形状変形部 4 7 が径方向 (伝熱管長手方向と直交方向) へ大きくなり伝熱管 2 の内壁を管支持板 6 D へ押し付けるようにして行ってもよい。

40

## 【 0 0 2 9 】

次に、対象となる伝熱管 2 に対して拡張確認の手順が行なわれる (ステップ S 7)。図 10 は、拡張確認を説明する模式図である。図 10 に示すように、渦電流探傷プローブ 3

50

1が伝熱管2の内部に管板11側から挿入され、渦電流探傷検査が行なわれる。拡管前の伝熱管2と同じ形状のサンプルチューブの渦電流探傷検査データ等と比較して、伝熱管2に、管支持板拡管部2Dが形成されていることが確認される。なお、拡管確認の手順は省くこともできる。

#### 【0030】

次に、対象となる伝熱管2に対して伝熱管切断の手順が行なわれる(ステップS8)。この手順は、熱交換器内において、伝熱管が前記熱交換器内に残留する伝熱管と引き抜かれる伝熱管とに切断される熱交換器内伝熱管切断手順である。図11は、伝熱管切断を説明する模式図である。図11に示すように、フライカッター装置51が伝熱管2の内部に管板11側から挿入され、切断が行なわれる。切断位置は管支持板拡管部2Dを避けて、フライカッター装置51が管支持板6Dから距離w離れた位置で伝熱管直線部2Cを切断する。作業者は切粉により切断を確認する。

10

#### 【0031】

次に、伝熱管2の切断確認の手順が行なわれる(ステップS9)。図12は、切断確認を説明する模式図である。図12に示すように、伝熱管2は、熱交換器である蒸気発生器140内に残留する伝熱管19と、引き抜かれる伝熱管20とにギャップGで切断されている。この切断を確認するため、栓55、56が管板11の水室側表面11cに取り付けられ、管板孔11bが塞がれる。エアポンプ57から空気が栓55を介して伝熱管2内に送り込まれ、空気圧計58により、空気圧が計測される。伝熱管2にギャップGがあれば空気が漏れるため、空気圧が上昇しない。この空気圧が上昇しないことを確認することで切断が確認される。切断の確認は他の方法でも確認できる。図13は、他の切断確認を説明する模式図である。図13に示すように、渦電流探傷プローブ31が伝熱管2の内部に管板11側から挿入され、渦電流探傷検査が行なわれる。上述したステップS7での渦電流探傷検査データ等と比較して、伝熱管2に、ギャップGが形成されていることが確認される。なお、切断確認の手順は上述した方法の一方又は両方を実施してもよく、両方を省くこともできる。

20

#### 【0032】

上述した伝熱管2に対して管支持板の拡管固定の手順(ステップS6)は、伝熱管2に対して伝熱管切断の手順(ステップS8)の後に行なうこともできる。この場合、伝熱管2は、熱交換器である蒸気発生器140内に残留する伝熱管19と、引き抜かれる伝熱管20とにギャップGで切断されているので、ギャップGを拡管ツール45が通過する必要が生じる。これにより、ギャップGを拡管ツールの案内管で保護した上で、ギャップGを拡管ツール45が通過させるようにした方が好ましい。一方、伝熱管2に対して管支持板の拡管固定の手順(ステップS6)が行なわれた後、伝熱管2に対して伝熱管切断の手順(ステップS8)が行なわれるのであれば、ギャップGを拡管ツール45が通過する必要がなく、拡管ツールの案内管挿入の作業時間を低減できる。

30

#### 【0033】

次に、TIG加熱の手順(加熱手順)が行なわれる(ステップS10)。図14は、TIG加熱を説明する模式図である。図14に示すように、伝熱管20は、管板内拡管部2Bにおいて管板孔11b内壁へ押し付けられているので、管板内拡管部2Bと管板孔11b内壁とに働く摩擦力が大きい。このため、図14に示すように、管板内拡管部2B内に加熱ヘッド61が管板11側から挿入され、TIG(Tungsten Inert Gas)加熱が行なわれる。加熱ヘッド61は、例えばタングステンやタングステン合金を用いた電極61aを有している。TIG加熱は、Ar(アルゴン)又はHe(ヘリウム)等の不活性ガスを含むシールドガスと共にアークを電極61aより放出し、管板内拡管部2Bの領域Hを加熱する。領域Hは、図6に示す管板11の厚さTよりも距離が短くてよい。

40

#### 【0034】

加熱ヘッド61は、管板内拡管部2B内を伝熱管長手方向に走査し、管板内拡管部2Bの内壁が線条に加熱される。管板内拡管部2Bの内壁が複数条(例えば4条)加熱されると、管板内拡管部2Bが収縮する。これにより、管板内拡管部2Bと管板孔11b内壁と

50

に働く摩擦力が弱まり、伝熱管 20 を引き抜き易くなる。

【0035】

加熱ヘッド 61 により、管板内拡管部 2B の内壁が加熱されてしまうので、管板内拡管部 2B の内壁に傷等が疑われる調査対象位置（アドレス）があると、加熱により傷が消失してしまうおそれがある。本実施形態では、ステップ S2 において伝熱管 2 の調査対象位置（アドレス）の確認手順が行なわれる。そこで、加熱ヘッド 61 が調査対象位置（アドレス）の傷等の大きさ又は方向に重なり合わないよう、管板内拡管部 2B の内壁が加熱されるとよい。

【0036】

本実施形態では、伝熱管の調査対象位置（アドレス）を確認する調査対象確認手順と、確認された調査対象位置（アドレス）に重なり合わないよう、前記管板に固定されている前記伝熱管の内側を加熱する加熱手順と、を有し、前記加熱後に、前記引き抜き手順を行なうことが好ましい。これにより、調査対象位置（アドレス）の消失が防止される。

10

【0037】

次に、伝熱管 20 に対して引き抜きの手順が行なわれる（ステップ S11）。図 15 は、引き抜きを説明する模式図である。図 15 に示すように、エキストラクタ 65 が伝熱管 20 の内部に管板 11 側から挿入され、エキストラクタ 65 の固着部 66 と伝熱管 20 との固着が行なわれる。エキストラクタ 65 の固着部 66 が水室側へ油圧ジャッキ等を用いて引き出されると、伝熱管 20 が管板 11 より突出し、引き出される。

【0038】

次に、ギャップ G に対して引き抜きの確認の手順が行なわれる（ステップ S11）。図 16 は、引き抜き確認を説明する模式図である。図 16 に示すように、エキストラクタ 65 が管板 11 に取り付けられている状態では、蒸気発生器 140 内に残留する伝熱管 19 を通じて渦電流探傷プローブ 31 が挿入され、渦電流探傷検査が行なわれる。ギャップ G の間隔が広がっていることが確認されれば、引き抜きは確認できる。

20

【0039】

次に、伝熱管 20 に対して切断取り出しの手順が行なわれる（ステップ S13）。この手順は、引き抜き手順において前記伝熱管が前記管板から所定量突出した場合に、前記伝熱管の突出部を切断する突出部切断手順である。なお、引き抜かれる伝熱管 20 が短い場合は、切断取り出しの手順を省くことができる。図 17 及び図 18 は、切断取り出しを説明する模式図である。図 17 に示すように、伝熱管 20 が管板 11 より突出し、引き出されると、水室 13、14 の内壁面までの距離に制約があるため、伝熱管 20 を個片として管理することが望ましい場合がある。そこで、グラインダー等の切断装置により、伝熱管 20 を端面 C1 で切断し、伝熱管個片 20A を水室 13 より取り出すことができる。ここで、切断位置である伝熱管 20 の端面 C1 が上述した確認された調査対象位置（アドレス）に重なり合わないよう、選択されることが好ましい。

30

【0040】

次に、伝熱管 20 の引き抜き完了判断の手順が行なわれる（ステップ S14）。引き抜かれる伝熱管 20 が長い場合は、伝熱管 20 の引き抜き完了できない場合がある。伝熱管 20 の引き抜き完了できない場合（ステップ S14、No）、伝熱管 20 に対して引き抜きの手順が行なわれる（ステップ S11）。伝熱管 20 に対して切断取り出しの手順が行なわれる（ステップ S13）と、図 18 に示すように、伝熱管 20 を端面 C2 で切断し、伝熱管個片 20B を水室 13 より取り出すことができる。ここで、切断位置である伝熱管 20 の端面 C2 が上述した確認された調査対象位置（アドレス）に重なり合わないよう、選択されることが好ましい。

40

【0041】

以上説明したように本実施形態では、引き抜き手順で伝熱管 20 が管板 11 から所定量突出すると突出部を切断する切断取り出しの手順（突出部切断手順）を有し、引き抜き手順と、切断取り出しの手順（突出部切断手順）とを交互に繰り返すことにより、引き抜かれる伝熱管 20 の全部が熱交換器である蒸気発生器 140 の外に除去される。これにより

50

、管板 1 1 に近い伝熱管の範囲だけでなく、略 U 形状をした部分を除く、広範囲の伝熱管を調査可能になる。

【 0 0 4 2 】

次に、伝熱管 2 0 の引き抜き完了した場合（ステップ S 1 4、Y e s）、後処理が行なわれる（ステップ S 1 5）。後処理としては、伝熱管個片 2 0 A、伝熱管個片 2 0 B 等のように個片状態の伝熱管 2 0 を引き抜き及び切断順に並べ、上述した確認された調査対象位置（アドレス）を考慮しながら、調査を行ない必要があれば保管する。必要があれば、管板孔 1 1 b は、内壁面をリーマ等で仕上げ加工される。引き抜き手順によりついた管板孔 1 1 b への加工痕からの塵の拡散を低減できる。また、図 1 9 は、後処理の例を示す模式図である。図 1 9 に示すように、後処理手順として、バキュームツール 7 1 の吸入穴 7 1 a を管板 1 1 の管板孔 1 1 b を通じて管群外筒側表面 1 1 a に対向させ、管群外筒側表面 1 1 a 上のスラッジ又はスケール Q を掻き取り、粉碎、又は吸引のいずれかの処理が施され、調査資料として捕捉される。必要な調査が終了すると、上述したテンプレート 2 1、2 2 が取り外され、管板孔 1 1 b は、所定の栓により封印される。

10

【 0 0 4 3 】

上述したように本実施形態の伝熱管の削除方法は、管内外で熱交換をする伝熱管 2 と、伝熱管 2 の端部が挿入され固定される管板 1 1 と、伝熱管 2 が支持される管支持板 6 A、6 B、6 C、6 D、6 E、6 F、6 G と、を有する熱交換器である蒸気発生器 1 4 0 内において、蒸気発生器 1 4 0 内に残留する伝熱管 1 9 と、引き抜かれる伝熱管 2 0 とに切断される伝熱管切断の手順（ステップ S 8）と、引き抜かれる伝熱管 2 0 を管板 1 1 から引き抜く引き抜き手順（ステップ S 1 1）と、引き抜き手順（ステップ S 1 1）の前に蒸気発生器 1 4 0 内に残留する伝熱管 1 9 が管支持板 6 D に拡管固定される管支持板の拡管固定の手順（ステップ S 6）と、を有する。

20

【 0 0 4 4 】

これにより、蒸気発生器 1 4 0 内に残留する伝熱管 1 9 は、図 1 7 又は図 1 8 に示すような略 J 字形状となり、左右バランスに欠ける。本実施形態では、残留する伝熱管 1 9 が拡管固定により、管支持板 6 D に固定される。この結果、蒸気発生器 1 4 0 内に残留する伝熱管 1 9 に起因する振動は、管支持板 6 D により抑制され、振動が低減できる。

【 0 0 4 5 】

上述した伝熱管の削除方法は、蒸気発生器 1 4 0 内に残留する伝熱管 1 9 と、引き抜かれる伝熱管 2 0 とに切断される例を説明している。さらに、伝熱管の削除方法は、熱交換器内伝熱管切断手順（ステップ S 8）において、蒸気発生器 1 4 0 内に残留する伝熱管 1 9 を切断し、引き抜かれる伝熱管 1 9 の一部を管板 1 1 から引き抜く引き抜き手順（ステップ S 1 1）と、引き抜き手順（ステップ S 1 1）の前に蒸気発生器 1 4 0 内に残留する伝熱管 1 9 の残部が管支持板 6 A、6 B、6 C、6 D、6 E、6 F、6 G のいずれか 1 以上に拡管固定される管支持板の拡管固定の手順（ステップ S 6）と、を有していてもよい。

30

【 0 0 4 6 】

上述したように本実施形態の伝熱管の削除方法は、入口側である伝熱管 2 の水室 1 3 側を切断する例を説明したが、出口側である伝熱管 2 の水室 1 4 側を切断してもよい。

40

【 0 0 4 7 】

上述した実施形態は加圧水型原子力プラントの熱交換器である蒸気発生器の伝熱管の調査を例に説明してきたが、沸騰水型、高速炉型及びその他の原子力プラントの管部材にも適用可能である。また、一般の熱交換器、火力発電プラントにも応用可能である。なお、ナトリウム等で原子炉炉心を冷却する高速炉型原子炉では、ナトリウム-水反応による影響を軽減するために、1 次ナトリウム系と 2 次ナトリウム系を設けており、この 2 系統間の熱交換を行なう中間熱交換器を有する。2 次ナトリウムの熱は蒸気発生器において水に熱伝達されて蒸気をえる。本実施形態の熱交換器は、高速炉型原子炉の中間熱交換器、及び蒸気発生器をも調査対象として含んでいる。

【 符号の説明 】

50

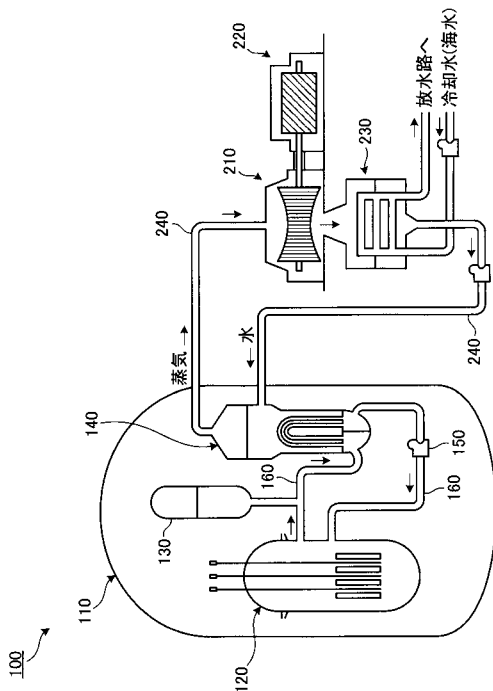
【 0 0 4 8 】

- 1 胴部
- 2 伝熱管
- 3 気水分離器
- 5 管群外筒
- 6 A、6 B、6 C、6 D、6 E、6 F、6 G 管支持板
- 11 管板
- 13、14 水室
- 19 残留する伝熱管
- 20 引き抜かれる伝熱管
- 20 A、20 B 伝熱管個片
- 31 渦電流探傷プローブ
- 45 拡管ツール
- 51 フライカッター装置
- 61 加熱ヘッド
- 61 a 電極
- 71 バキュームツール
- 100 原子力プラント
- 110 原子炉格納容器
- 130 加圧器
- 160 一次冷却材管
- 210 タービン
- 220 発電機
- 230 復水器

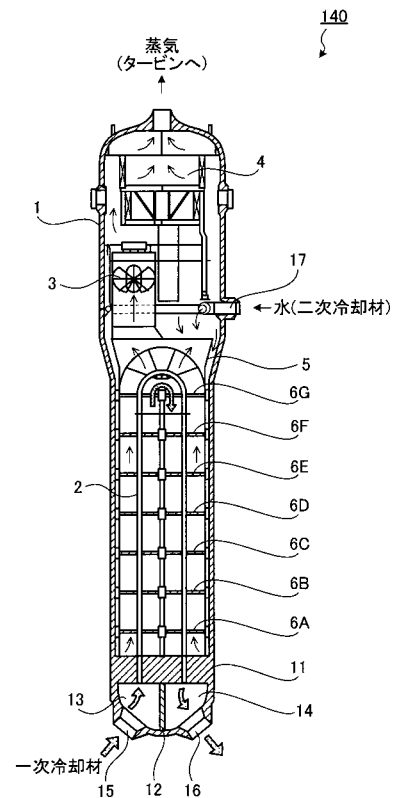
10

20

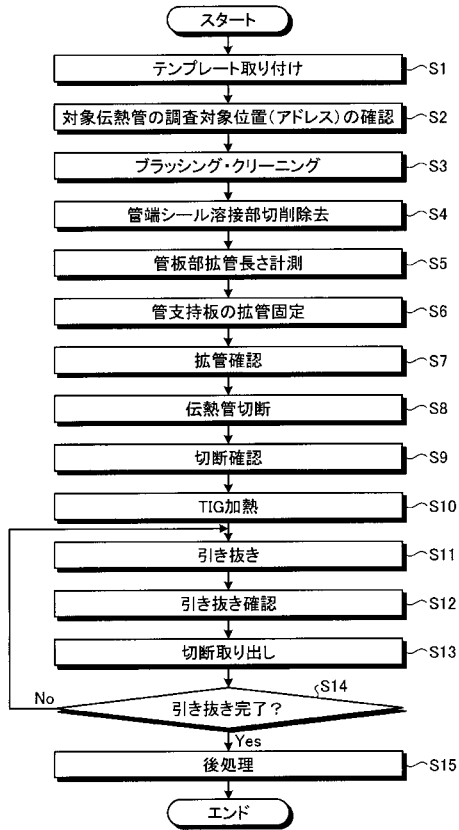
【 図 1 】



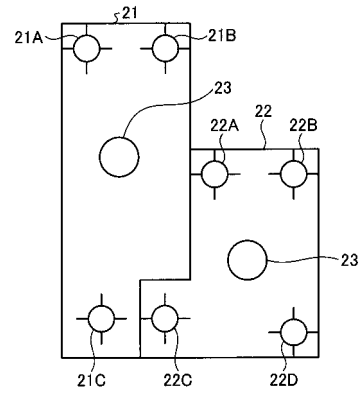
【 図 2 】



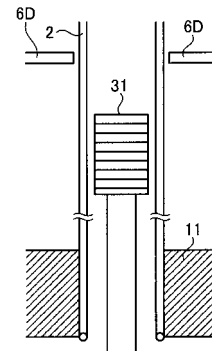
【 図 3 】



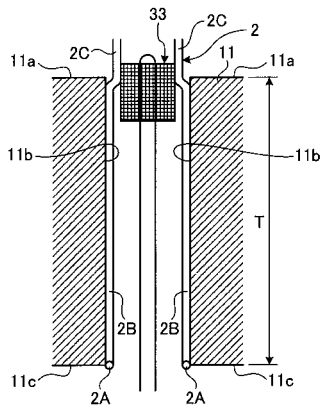
【 図 4 】



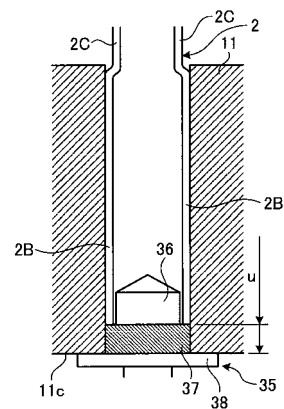
【 図 5 】



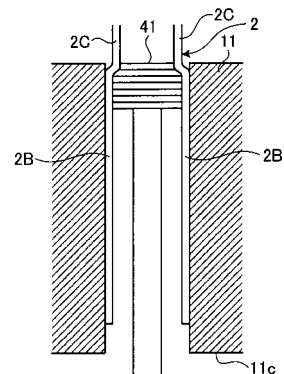
【 図 6 】



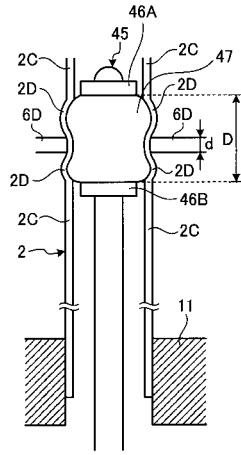
【 図 7 】



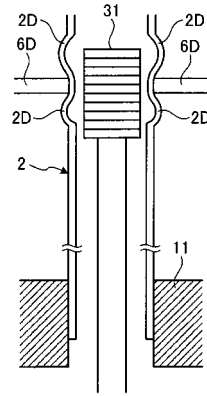
【 図 8 】



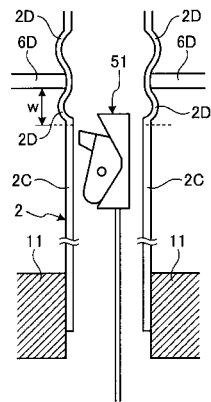
【 図 9 】



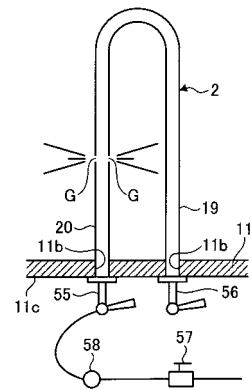
【 図 10 】



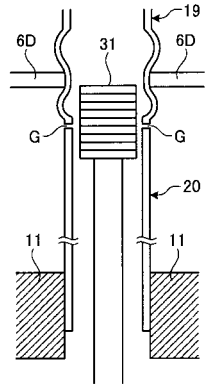
【 図 11 】



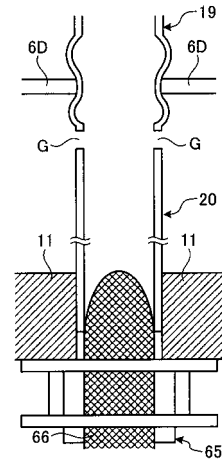
【 図 12 】



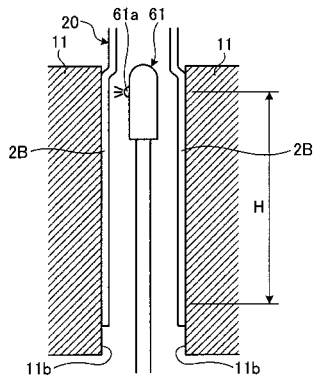
【 図 1 3 】



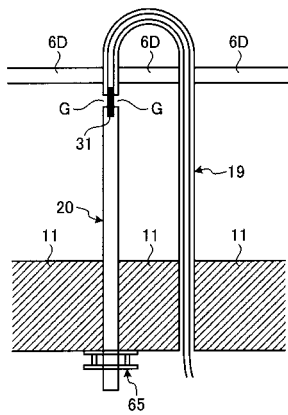
【 図 1 5 】



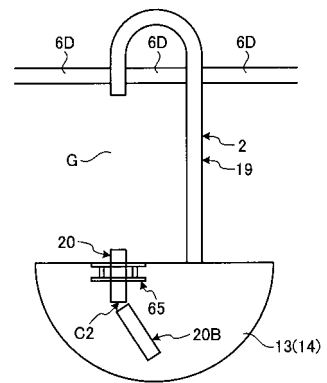
【 図 1 4 】



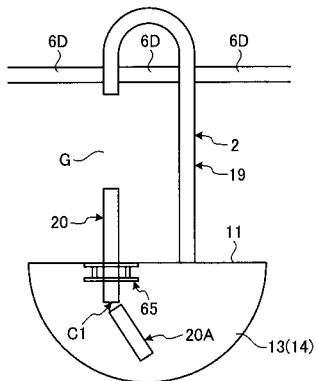
【 図 1 6 】



【 図 1 8 】



【 図 1 7 】



【 図 19 】

