

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5627468号
(P5627468)

(45) 発行日 平成26年11月19日(2014.11.19)

(24) 登録日 平成26年10月10日(2014.10.10)

(51) Int. Cl.	F I
F 2 8 G 13/00 (2006.01)	F 2 8 G 13/00 Z
F 2 8 G 9/00 (2006.01)	F 2 8 G 9/00 L
G 2 1 F 9/28 (2006.01)	G 2 1 F 9/28 5 2 1 B

請求項の数 7 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2010-542558 (P2010-542558)	(73) 特許権者	501315289
(86) (22) 出願日	平成20年12月23日 (2008.12.23)		アレヴァ ゲゼルシャフト ミット ベシ ユレンクテル ハフツング
(65) 公表番号	特表2011-511918 (P2011-511918A)		A r e v a G m b H
(43) 公表日	平成23年4月14日 (2011.4.14)		ドイツ連邦共和国 9 1 0 5 2 エアラン ゲン パウル-ゴッセン-シュトラーセ 1 0 0
(86) 国際出願番号	PCT/EP2008/068258	(74) 代理人	100075166
(87) 国際公開番号	W02009/089991		弁理士 山口 巖
(87) 国際公開日	平成21年7月23日 (2009.7.23)	(74) 代理人	100133167
審査請求日	平成22年8月31日 (2010.8.31)		弁理士 山本 浩
審査番号	不服2013-6368 (P2013-6368/J1)	(72) 発明者	ホルヴェーデル、ウルズラ
審査請求日	平成25年4月8日 (2013.4.8)		ドイツ連邦共和国 9 1 2 2 0 シュナイ タッハ フレーシャウ 1 4
(31) 優先権主張番号	102008005199.3		
(32) 優先日	平成20年1月18日 (2008.1.18)		
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱交換器の洗浄方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原子力設備の熱交換器(2)の二次冷却材により貫流される二次室(6)から運転中に二次室(6)の表面に形成される堆積物(12)を洗浄するための方法において、次の工程、すなわち

熱交換器(2)の二次室(6)から二次冷却材を放出する工程と、

引き続き、二次冷却材の大部分を放出した二次室(6)における堆積物(12)を乾燥し、これにより堆積物を機械的に剥離し易い状態として少なくとも部分的に二次室の表面から剥離する工程と、

乾燥された二次室(6)への化学的洗浄液の装填工程と、を含み、

前記二次室(6)が堆積物(12)の乾燥のため負圧下に置かれ、前記化学的洗浄液が負圧下に置かれた二次室(6)に装填されることを特徴とする洗浄方法。

【請求項 2】

前記化学的洗浄液が40乃至160の温度に加熱されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項 3】

前記化学的洗浄液が二次室(6)への熱蒸気の導入により加熱されることを特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項 4】

前記化学的洗浄液が二次室(6)内で沸騰されることを特徴とする請求項1ないし3の

1 つに記載の方法。

【請求項 5】

前記二次室(6)にある堆積物(12)が少なくとも部分的に洗流によりこの室から除去されることを特徴とする請求項 1 ないし 4 の 1 つに記載の方法。

【請求項 6】

前記熱交換器(2)の二次室(6)が主としてマグネタイトを含む堆積物(12)を除去されることを特徴とする請求項 1 ないし 5 の 1 つに記載の方法。

【請求項 7】

前記熱交換器として原子力設備の蒸気発生器(2)が洗浄されることを特徴とする請求項 1 ないし 6 の 1 つに記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱交換器、特に原子力設備の蒸気発生器の二次室の洗浄方法に関する。たとえば特許文献 1 により知られているこの種の洗浄方法により蒸気発生器の二次側に運転中に形成される堆積物が除去される。

【0002】

熱交換器は、運転中にそれぞれ一次冷却材ないし二次冷却材で貫流される一次室および二次室を有している。この場合一次冷却材はその熱の一部を放出して二次室に流れる二次冷却材を加熱する。特殊な熱交換器として原子力設備の蒸気発生器が挙げられる。加圧水形原子炉では炉心で加熱された一次冷却材が蒸気発生器に導かれる。この蒸気発生器により二次冷却材が加熱ないしは蒸発され、これにより発電機が起動される。

20

【背景技術】

【0003】

熱交換管自体は通常耐腐食性合金から成るのに対し、容器および熱交換管の支持部材は通常 C (炭素) 鋼または他の低合金鋼から製作される。原子力発電所の運転中にこの部材が腐食をこうむる。腐食生成物、主としてマグネタイト (Fe_3O_4) は熱交換器の二次室の表面に層として沈積する。この層および堆積物は主としてマグネタイトから成り、また銅、ニッケル、亜鉛、クロムおよびその他の元素並びにそれらの化合物を含んでいる。

30

【0004】

熱交換器の一次側または管側、すなわち熱交換管の内側は比較的簡単に一次側の水室を介してアクセスすることができ、それゆえ比較的簡単に場合によっては存在する堆積物を洗浄することができる。熱交換器の二次室は比較的アクセスが困難でそれゆえ洗浄も難しい。

【0005】

一般に熱交換管から成る管束は二次室に入り込んで延びている。このような管束では熱交換管の外側または外套側は互いに覆い隠されている。外套側にある堆積物はそれゆえ除去が困難である。管束の外側には熱交換管を二次室に固定するための別の組込物および支持部材がある。熱交換管とこのような支持部材の間にはアクセスが困難な多数の割れ目や隙間が存在し、このなかに堆積物が溜まりやすい。

40

【0006】

二次室に存在する堆積物は種々の技術的トラブルをもたらす。熱交換管の表面にある堆積物は一次冷却材と二次冷却材の間の熱伝達の劣化を生じさせる。さらに堆積物は種々の障害メカニズムを惹起する。たとえばこれらは関係部材の腐食を促進するおそれがある。

【0007】

このような技術的トラブルに対処するため、熱交換器の二次室は洗浄され、できるだけ堆積物が除去される。原子力設備の蒸気発生器では完全洗浄とともにいわゆる保守洗浄 (メンテナンス クリーニング) を実施することができる。この保守洗浄では単にできた層

50

の一部を除去する。保守洗浄の目的は、最後の保守洗浄以来そこに形成された量だけ層を蒸気発生器から除去することにある。このようにして蒸気発生器の状態を維持し、場合によっては若干ではあるが改善することができる。

【0008】

たとえば管床の洗流のような堆積物を除去するための機械的洗浄方法は、限定的な効果しかないか、または蒸気発生器の内室へのアクセスが難しいため限定的にしか利用できない。堆積物および層の除去にはそのため主として化学的洗浄方法が利用される。

【0009】

特許文献2はこの種の化学的洗浄方法を開示する。蒸気発生器は鉄分を含む堆積物を溶解するための錯形成剤を含む洗浄液で満たされ、6～10バールの圧力で約140の温度で処理される。洗浄液の混流のため蒸気発生器は急激な圧力低下を蒙る。鉄分を含む層が溶解されたあとで、洗浄液は蒸気発生器から排出される。堆積物が付加的に銅や銅化合物を含んでいると、これらは酸化剤や錯形成剤の存在下にアルカリ性の洗浄液とともに溶解される。

10

【0010】

別の洗浄方法が特許文献1から知られている。上述の洗浄方法とは異なりこの方法ではまず銅化合物が溶解され、続いて鉄分を含む層(マグネタイト)が溶解される。

【0011】

さらに、マグネタイトや銅を洗浄液とともに、すなわち蒸気発生器の一時的放出や新たな充填なしに除去する方法も知られている。蒸気発生器内にある洗浄液はマグネタイトの溶解後変化するので、続いて銅や銅化合物を溶解できるようになる。この種の方法はたとえば特許文献3に開示されている。

20

【0012】

上述の化学的方法の欠点は特に洗浄化学剤の高い消費量にある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】欧州特許出願公開第0198340号明細書

【特許文献2】独国特許出願公開第10238730号明細書

【特許文献3】独国特許出願公開第19857342号明細書

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明の課題は、改良された効率と少ない化学剤の使用量で実施できる新しい洗浄方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0015】

この課題は、請求項1による方法で解決される。

【0016】

冒頭に述べた形式の熱交換器の二次室の本発明による洗浄方法は次の工程を含む。すなわちまず二次室にある堆積物が乾燥されるが、その際二次室の二次冷却材は大部分が排出される。続いて洗浄液が二次室に装填される。

40

【0017】

この場合本発明の方法は以下の考察が基礎となっている。すなわち熱交換器の二次室にある堆積物は乾燥によりメカニカルに不安定になることが判明した。その結果堆積物は少なくとも部分的に二次室の表面から剥離される。熱交換器の外側にある堆積物の大部分が溶解され管床上に沈下する。このようにして二次室の表面上にある堆積物の少なくとも一部が化学剤を使用せずに除去される。このようにして除去された堆積物は熱交換器の管床に溜まる。表面上に残っている堆積物は続いて二次室に装填される洗浄液により少なくとも部分的に除去される。本発明方法は従って物理的・化学的洗浄方法の組み合わせであ

50

る。

【0018】

従来の洗浄方法と比べて本発明によれば、堆積物の溶解に使用される化学剤は以下の理由からより節約して配量される。特に洗浄化学剤は二次室にある汚染物の質量に関して過小化学量論的に配量される。熱交換器の管床上に溜まる堆積物は、その質量に関して洗浄液に比較的小さい表面積を提供する。二次室の表面にまだ残っている堆積物はこれに対して、その質量に関して比較的大きい表面積を有する。絶対比においても一般に二次室の表面上にある堆積物の全表面積は管床上に溜まっている堆積物の表面積より数倍も大きくなる。熱交換機の二次室の表面、特に外套側にある堆積物は従って洗浄液に比較的大きな作用面を提供する。この理由から依然として熱交換器の二次室の表面に残っている堆積物は管床上に溜まっている堆積物よりも数倍も早く溶解する。

10

【0019】

熱交換器の二次室の洗浄に使用される洗浄液は二次室にある堆積物や汚染物を従って完全には溶解する必要はなく、従って堆積物の全質量に関して過小化学量論的に配量される。本発明による洗浄方法は、単に熱交換器の二次室の表面上に残っている堆積物が溶解するまで待てばよい。管床上に溜まっている堆積物は洗浄液の放出後たとえば機械的洗浄方法により熱交換器の二次室から除去される。熱交換器の管床上の堆積物の除去のためこの管床はたとえば洗流することができる (tube sheet lancing)。

【0020】

堆積物の物理的乾燥は更に堆積物をひび割れ状態にさせる。このようなひび割れは堆積物の表面積を拡大し、従って洗浄液に大きな作用面を提供する。更にひび割れは洗浄液を堆積物の内面に容易に侵入させることを可能にする。堆積物の内部に場合によって存在する混入物や気孔はひび割れによって洗浄液のアクセスを可能にする。従来の洗浄方法に比較して堆積物は洗浄液の作用をより効果的に受ける。

20

【0021】

化学的洗浄の前に行われる、たとえば熱風または不活性ガスの導入により実施できる物理的な洗浄工程は、さらに堆積物の表面上の気孔および溝に含まれる水を除去することができる。従来の方法では堆積物中に存在する気孔は場合によってはなお水で満たされているので、一方では洗浄液の侵入を著しく妨げ、他方では水の存在により洗浄作用を弱める局所的な希釈化が生じる。前に行われる物理的乾燥により洗浄液は実質的に希釈化されずに堆積物中の気孔や溝に侵入することができる。洗浄液は従って従来の方法より効果的に使用されることになる。洗浄は従ってより迅速にかつ洗浄化学剤の使用を減らして行うことができるので費用の節減になる。

30

【0022】

別の特に有利な方法では、二次室にある堆積物の乾燥は二次室の排気により行われる。水の蒸発の支援のもとにさらに別の実施形態では乾燥は負圧下に並びにたとえば運転中に生じる余熱を利用した加温のもとに行われる。驚くべきことに乾燥工程後に充填された洗浄液の洗浄効果は、二次室の負圧が有利には全充填期間中維持されていれば特に高いことが判明した。真空下にある洗浄液は常圧下のものより排気された割れ目や気孔に容易に侵入できることは明らかである。排気の結果、さもなければ洗浄液から駆逐しなければならぬようなガスは実質的に含まれなくなる。従って洗浄液はより容易に気孔および割れ目に侵入できる。

40

【0023】

更に有利な効果は、洗浄液の一部がまだ熱くて付加的に負圧下にある二次室に侵入する際に蒸発することである。ガス状の洗浄液は層に凝縮し、有利なことに気孔や割れ目の中に沈殿する (毛管凝縮)。

【0024】

既に述べたように、堆積物の乾燥は、これがメカニカルな不安定化をもたらし、少なくとも部分的に二次室の表面から剥離するという作用をする。この作用は、更に別の実施態様によれば二次室に導入された洗浄液が沸騰することにより更に高められる。これにより

50

気孔や割れ目に、従って堆積物の内面に生じる過圧は堆積物のメカニカルな不安定化をもたらす。洗浄液の加熱は、加熱蒸気を二次室に導入することにより行うか助成することができる。洗浄液に導入される加熱蒸気は加熱のほかに洗浄液を混流させる作用がある。従って未使用の洗浄液が堆積物の増大した個所に達し、堆積物を溶解できることになる。

【0025】

運転中に熱交換器または蒸気発生器の二次室の表面上に形成される堆積物は、主として酸化鉄（マグネタイト）を含むが、部分的には金属銅または銅化合物も含み得る。このような堆積物の溶解には上記の特許文献1～3のほかに欧州特許出願公開第0273182号明細書に開示されている洗浄液を使用することもできる。

【0026】

本発明による乾燥工程は、洗浄液に使用される化学剤の組み合わせ次第で少なくとも1回、すなわち蒸気発生器が洗浄液で満たされる前に実施される。このような処置は、たとえば蒸気発生器がマグネタイトと銅の除去の間に空にされないような特許文献3に記載された洗浄化学剤を使用する場合に行われる。マグネタイトと銅の除去の間に洗浄液が排出される洗浄方法、たとえば特許文献2に記載の方法ではオプションとしてもう1つの乾燥工程を最初の洗浄液の排出後に行うことができる。勿論このような中間乾燥工程は、たとえば特許文献1に記載されているようにまず銅が続いてマグネタイトが除去される方法でも同様に実施可能である。

【0027】

使用される洗浄液は40 から160 の間の温度で特に効果がある。この理由から本発明方法の別の態様によれば、蒸気発生器の二次室に存在する洗浄液は上述の範囲の温度に加熱される。溶解した堆積物は洗浄液の排出後に熱交換器の二次室から除去される。主として熱交換器の底に集積した溶解しない堆積物は、機械的洗浄、たとえば洗流により熱交換器から除去される。

【0028】

更に別の実施態様によれば熱交換器は原子力設備の蒸気発生器である。原子力設備の蒸気発生器では堆積物は大部分がマグネタイトから成る。特に有利なのは本発明方法により蒸気発生器はいわゆる保守洗浄（メンテナンス クリーニング）の枠内でマグネタイトを含む層を除去されることである。

【0029】

以下に本発明による熱交換器の洗浄方法を原子力設備の蒸気発生器に基づいて詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】図1は極めて概略的に示した蒸気発生器の縦断面図である。

【図2】図2はこの蒸気発生器の詳細図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

加圧水型原子炉の炉心中で加熱された一次冷却材は図1に略示された蒸気発生器2の一次室5を貫流する。蒸気発生器2の下側部分には多数のU字状の管4があり、これらは管束とも言われる。概略化のために2本のU字状管4のみが示されている。一次室5に入る一次冷却水はU字状管4を貫流してその熱の一部を二次室6にある二次冷却材に放出する。蒸気発生器2の二次室の下側領域に導かれて加熱されまたは蒸発した二次冷却材は蒸気発生器の上側領域に入り、発電機の運転に使用される。蒸気発生器2の運転中に二次室6には堆積物12が形成される。この堆積物は支持部材8の領域に、また特にU字状管4の外側または外套面に形成される。

【0032】

図2は図1から公知の蒸気発生器2のU字状管4のアーチ状部分の切断図である。例示的に一次冷却材により貫流される一本のU字状管4が示され、この管は支持部材8により支持され、床板10を貫通して一次領域に開口している。支持部材8におけるU字状管4

10

20

30

40

50

の貫通部分並びに床板 10 における U 字状管 4 の貫通部分には、さらに U 字状管 4 の外套面自体にも堆積物 12 が存在する。その際堆積物 12 の量的に多い部分は U 字状管 4 の表面上にある。

【 0 0 3 3 】

以下に蒸気発生器 2 の二段階の洗浄を説明するが、その際たとえば堆積物が多量の酸化鉄（マグネタイト）と少量の銅を含むものとする。

【 0 0 3 4 】

蒸気発生器 2 の一次側の原子炉の遮断後まず二次冷却材が蒸気発生器 2 から排出される。続いて二次室 6 が負圧にされるか排気される。その際負圧は少なくとも、所定の温度で二次冷却材、通常は水、を蒸発させるのに十分な大きさに選ばれる。または蒸気発生器 2 の二次室 6 は熱風の導入により乾燥される。汚染物 12 は上述の条件下で極めて迅速に乾燥し、その表面に割れ目を生じさせる。上述のように乾燥により生じる量の損失により堆積物は部分的にその下側にある層から剥離される。剥がされた堆積物は蒸気発生器 2 の下側管床 10 の領域に集積する。蒸気発生器 2 の二次室 6 は好適には洗浄液が装填されている間は真空化に保たれる。その際蒸気発生器 2 の二次室 6 は管束の表面まで洗浄液で満たされると好適である。

10

【 0 0 3 5 】

マグネタイト層の溶解に使用される洗浄液は、錯化合物を形成する酸、たとえばエチレンジアミン四酢酸（EDTA）、アルカリ化剤、たとえばアンモニア、モルホリンまたはこれらの物質の混合物および還元剤、たとえばヒドラジンを有する。マグネタイトを含む層の除去には同様にほかの一般に知られている洗浄剤を使用することができる。

20

【 0 0 3 6 】

洗浄作用の向上のため洗浄液は 40 乃至 160 の範囲に加熱される。これは蒸気発生器に加熱蒸気を導入することにより行うと好適である。代案として洗浄液は原子力設備の一次回路にある主冷却材ポンプにより加熱される。洗浄液が沸騰するほど加熱されると、洗浄液は混流に至る。別の代案として洗浄液の混流のために不活性ガスが蒸気発生器に圧入される。使用済み洗浄液と未使用の洗浄液とが混合され、その際特に未使用の洗浄液が堆積物 12 が残っている個所に入るので、堆積物はこれにより溶解し得る。堆積物 12 は沸騰する洗浄液により付加的に蒸気発生器の表面から機械的に除去される。

【 0 0 3 7 】

洗浄液により溶解されたマグネタイト堆積物は洗浄液を二次室 6 から排出することにより除去される。洗浄液によって溶解しないで管床 10 上に集積して残っている堆積物は、機械的にたとえば管床 10 の洗流により二次室 6 から除去される。

30

【 0 0 3 8 】

続いて銅を含む堆積物 12 を蒸気発生器 2 から除去する前に、堆積物は改めて乾燥される。この第 2 の乾燥工程はさらに、最初の洗浄工程後に残存している堆積物 12 の物理的 / 機械的非安定化をもたらす。

【 0 0 3 9 】

銅を含む堆積物 12 は銅化合物の水溶性の錯化合物が形成されることにより溶解する。錯化合物としてはたとえばエチレンジアミン（EDA）、エチレンジアミン四酢酸（EDTA）などアンモニア性溶液中で酸化条件下にあるものが好適である。酸化条件はたとえば過酸化水素の添加および / または空気または酸素の添加により得られる。銅を含む堆積物 12 の溶解後に洗浄液は蒸気発生器 2 から排出される。

40

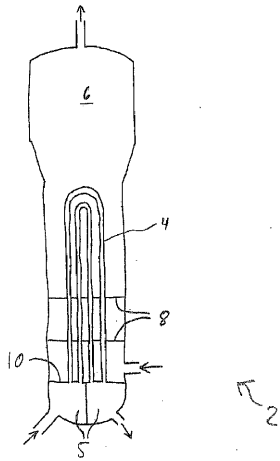
【 符号の説明 】

【 0 0 4 0 】

- 2 蒸気発生器
- 4 U 字状管
- 6 二次室
- 12 堆積物

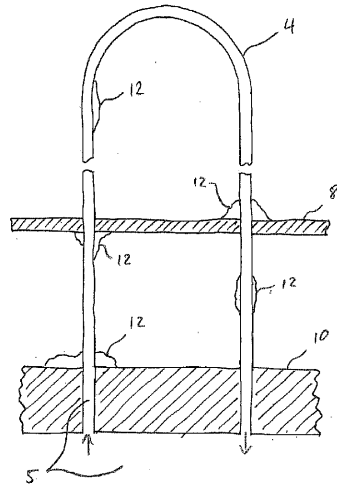
【図1】

Fig.1



【図2】

Fig.2



フロントページの続き

(72)発明者 アマン、フランツ

ドイツ連邦共和国 91056 エアランゲン ロイトレーエンシュトラッセ 654

合議体

審判長 紀本 孝

審判官 平上 悦司

審判官 佐々木 正章

(56)参考文献 特開平10-89891(JP,A)

特開昭60-240998(JP,A)

特開平10-106733(JP,A)

特開昭59-189981(JP,A)

特表2005-536730(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F28G