

(19)



(11)

EP 2 244 848 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.04.2015 Patentblatt 2015/15

(51) Int Cl.:
B08B 9/00 (2006.01) **F28G 9/00** (2006.01)
B08B 9/023 (2006.01) **B08B 9/08** (2006.01)
F22B 37/48 (2006.01) **F28D 7/06** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08871095.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/068258

(22) Anmeldetag: **23.12.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/089991 (23.07.2009 Gazette 2009/30)

(54) **VERFAHREN ZUR REINIGUNG EINES WÄRMETAUSCHERS**

METHOD FOR CLEANING A HEAT EXCHANGER

PROCÉDÉ DE NETTOYAGE D'UN ÉCHANGEUR DE CHALEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

• **AMMANN, Franz**
91056 Erlangen (DE)

(30) Priorität: **18.01.2008 DE 102008005199**

(74) Vertreter: **Meissner, Bolte & Partner GbR**
Bankgasse 3
90402 Nürnberg (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.11.2010 Patentblatt 2010/44

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-02/46680 DD-A1- 147 718
DE-A1- 2 817 435 DE-C1- 3 243 114
GB-A- 849 053 US-A- 3 013 909
US-A- 5 575 863 US-B1- 6 523 502

(73) Patentinhaber: **AREVA GmbH**
91052 Erlangen (DE)

(72) Erfinder:
• **HOLLWEDEL, Ursula**
91220 Schnaittach (DE)

EP 2 244 848 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reinigung des Sekundärtraumes eines Wärmetauschers, insbesondere eines Dampferzeugers einer kerntechnischen Anlage. Mit einem solchen Verfahren, welches beispielsweise aus der EP 0 198 340 A1 hervorgeht, werden in einem Dampferzeuger sekundärseitig vorhandene Ablagerungen entfernt, die sich während des Betriebs dort gebildet haben.

[0002] Ein Wärmetauscher verfügt über einen Primär- und einen Sekundärraum, welche im Betrieb jeweils von einem Primär- bzw. Sekundärkühlmittel durchströmt sind. Das Primärkühlmittel erhitzt dabei unter Abgabe eines Teils seiner Wärme das durch den Sekundärraum fließende Sekundärkühlmittel. Ein spezieller Wärmetauscher ist der Dampferzeuger einer kerntechnischen Anlage. Bei einem Druckwasserreaktor wird das in dem Reaktorkern erhitzte Primärkühlmittel einem Dampferzeuger zugeführt. Mit Hilfe des Dampferzeugers wird ein Sekundärkühlmittel erhitzt bzw. verdampft, mit welchem wiederum ein Generator zur Erzeugung von Elektrizität betrieben wird.

[0003] Während die Wärmetauscherrohre selbst üblicherweise aus korrosionsfesten Legierungen bestehen, sind der Behälter und die Halterung der Wärmetauscherrohre normalerweise aus C-Stahl oder anderen niedriglegierten Stählen hergestellt. Im Betrieb des Kernkraftwerkes unterliegen diese Teile der Korrosion. Korrosionsprodukte, hauptsächlich Magnetit (Fe_3O_4), setzen sich als Beläge auf den Oberflächen des Sekundärtraumes des Wärmetauschers ab. Diese Beläge und Ablagerungen bestehen hauptsächlich aus Magnetit, enthalten aber auch Kupfer, Nickel, Zink, Chrom und andere Elemente sowie deren Verbindungen.

[0004] Die Primär- oder Rohrseite eines Wärmetauschers, also die Innenseite der Wärmetauscherrohre, ist verhältnismäßig einfach über die primärseitige Wasserkammer zu erreichen, und daher relativ einfach von ggf. vorhandenen Ablagerungen zu reinigen. Der Sekundärraum eines Wärmetauschers ist vergleichsweise schlecht zugänglich und daher auch schwieriger zu reinigen.

[0005] Üblicherweise erstreckt sich ein Rohrbündel aus Wärmetauscherrohren in den Sekundärraum hinein. Bei einem solchen Rohrbündel verdecken sich die Außen- oder Mantelseiten der Wärmetauscherrohre gegenseitig. Auf der Mantelseite vorhandene Ablagerungen sind daher schwer zu entfernen. Außer dem Rohrbündel befinden sich weitere Einbauten und Halterungen zur Befestigung der Wärmetauscherrohre in dem Sekundärraum. Zwischen den Wärmetauscherrohren und solchen Halterung existiert eine Vielzahl von schwer zugänglichen Ritzen und Spalten, in denen sich Ablagerungen ansammeln können.

[0006] Die in dem Sekundärraum vorhandenen Ablagerungen bringen verschiedene technische Probleme mit sich. Die auf der Oberfläche der Wärmetauscherrohre

vorhandenen Ablagerungen führen zu einer Verschlechterung des Wärmeüberganges zwischen dem Primär- und dem Sekundärkühlmittel. Außerdem rufen die Ablagerungen verschiedene Schädigungsmechanismen hervor. Beispielsweise können diese die Korrosion der betroffenen Bauteile beschleunigen.

[0007] Um diesen technischen Problemen zu begegnen, wird der Sekundärraum des Wärmetauschers gereinigt und soweit wie möglich von den Ablagerungen befreit. Bei Dampferzeugern in kerntechnischen Anlagen kann neben einer vollständigen Reinigung eine sogenannte Wartungsreinigung (maintenance cleaning) durchgeführt werden. Bei einer solchen Wartungsreinigung wird lediglich ein Teil der vorhandenen Beläge entfernt. Ziel der Wartungsreinigung ist es, die Beläge soweit zu entfernen, dass in etwa diejenige Menge aus dem Dampferzeuger entfernt wird, die sich seit der letzten Wartungsreinigung dort gebildet hat. So kann der Zustand des Dampferzeugers gehalten oder ggf. geringfügig verbessert werden.

[0008] Mechanische Reinigungsverfahren zur Entfernung der Ablagerungen, wie beispielsweise eine Spülung des Rohrbodens, sind nur begrenzt wirksam oder aufgrund der schlechten Zugänglichkeit des Innenraums des Dampferzeugers nur begrenzt einsetzbar. Zur Entfernung der Ablagerungen und Beläge werden daher vornehmlich chemische Reinigungsverfahren eingesetzt.

[0009] Die DE 102 38 730 A1 offenbart ein solches chemisches Reinigungsverfahren. Der Dampferzeuger wird mit einer Reinigungslösung gefüllt, die einen Komplexbildner zur Auflösung von eisenhaltigen Ablagerungen enthält, und bei Drücken zwischen 6 und 10 bar, sowie bei Temperaturen von etwa 140°C behandelt. Zur Durchmischung der Reinigungslösung wird der Dampferzeuger plötzlichen Druckentlastungen unterworfen. Nachdem die eisenhaltigen Beläge aufgelöst worden sind, wird die Reinigungslösung aus dem Dampferzeuger abgelassen. Enthalten die Ablagerungen zusätzlich Kupfer oder Kupferverbindungen, so werden diese im Anschluss mit einer alkalischen Reinigungslösung bei Anwesenheit eines Oxidationsmittels und eines Komplexbildners aufgelöst.

[0010] Ein weiteres Reinigungsverfahren geht aus der EP 0 198 340 A1 hervor. Im Gegensatz zu dem zuvor beschriebenen Reinigungsverfahren werden bei diesem zuerst die Kupferverbindungen und anschließend die eisenhaltigen Beläge (Magnetit) aufgelöst.

[0011] Es sind außerdem Verfahren bekannt, bei denen sowohl Magnetit, als auch Kupfer mit einer Reinigungslösung, d.h. ohne zwischenzeitliches Ablassen und erneutes Befüllen des Dampferzeugers, entfernt werden. Die in dem Dampferzeuger vorhandene Reinigungslösung wird nach Auflösen des Magnetits verändert, so dass anschließend Kupfer und Kupferverbindungen aufgelöst werden können. Ein solches Verfahren geht beispielsweise aus der DE 198 54 342 A1 hervor.

[0012] Aus der Druckschrift US 3,013,909 ist ein Verfahren bekannt, bei dem die Primärseite eines Dampfer-

zeugers behandelt wird. Der Dampferzeuger wird nach dem Ablassen des Kühlmittels zunächst mit einer Reinigungslösung gefüllt. Erst nach Ablassen dieser Reinigungslösung werden die Ablagerungen getrocknet. Anschließend werden diese Ablagerungen mit einer weiteren Reinigungslösung behandelt.

[0013] US 6,523,502 B1 betrifft ein Verfahren für eine nukleartechnische Anlage, dass sich zur Aufgabe macht, ein Zusetzen der primärseitigen U-Rohre eines Dampferzeugers durch abgeplatzte magnetithaltige Ablagerungen zu vermeiden. Diese magnetithaltigen Ablagerungen entwickeln beim Abkühlen des Wärmetauschers innere Spannungen und platzen daher von der Oberfläche der Rohre ab. Damit ein Zusetzen der U-förmigen Rohre vermieden werden kann, werden diese während des Abkühlvorgangs mit Druckluft beaufschlagt, so dass die herunterfallenden Flocken aus den Rohren ausgeblasen werden.

[0014] Ein Nachteil der genannten chemischen Verfahren ist vor allem der hohe Verbrauch an Reinigungschemikalien.

[0015] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein alternatives Reinigungsverfahren anzugeben, welches mit verbesserter Effizienz und dementsprechend mit verringertem Chemikalieneinsatz arbeitet.

[0016] Die Aufgabe wird gelöst mit einem Verfahren nach Anspruch 1.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Reinigung des Sekundärtraumes eines Wärmetauschers der eingangs genannten Art umfasst die folgenden Schritte: In dem Sekundärtraum vorhandene Ablagerungen werden getrocknet, wobei der Sekundärtraum von dem Sekundärkühlmittel überwiegend entleert ist. Anschließend wird eine Reinigungslösung in den Sekundärtraum eingebracht.

[0018] Dem erfindungsgemäßen Verfahren liegen dabei die folgenden Überlegungen zu Grunde: Es konnte herausgefunden werden, dass die in dem Sekundärtraum des Wärmetauschers vorhandenen Ablagerungen durch eine Trocknung mechanisch destabilisiert werden. In Folge dessen platzen diese zumindest teilweise von den Oberflächen des Sekundärtraums ab. Die auf der Mantelseite der Wärmetauscherrohre vorhandenen Ablagerungen werden überwiegend gelöst und fallen auf den Rohrboden. Auf diese Weise kann zumindest ein Teil der auf den Oberflächen des Sekundärtraumes vorhandenen Ablagerungen ohne Einsatz von Chemikalien entfernt werden. Die auf diese Weise entfernten Ablagerungen häufen sich auf dem Rohrboden des Wärmetauschers an. Die noch auf den Oberflächen vorhandenen Ablagerungen werden im Anschluss mit Hilfe der in den Sekundärtraum eingeleiteten Reinigungslösung zumindest teilweise entfernt. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren handelt es sich also ein kombiniertes physikalisch-chemisches Reinigungsverfahren.

[0019] Im Vergleich zu konventionellen Reinigungsverfahren können erfindungsgemäß die zur Auflösung der Ablagerungen verwendeten Chemikalien aus den fol-

genden Gründen sparsamer dosiert werden. Insbesondere können die Reinigungskemikalien bezogen auf die in dem Sekundärtraum vorhandene Masse an Verunreinigungen unterstöchiometrisch dosiert werden. Die auf dem Rohrboden des Wärmetauschers aufgehäuften Ablagerungen bieten, bezogen auf ihre Masse, der Reinigungslösung eine vergleichsweise kleine Oberfläche an. Die noch auf den Oberflächen des Sekundärtraumes vorhandenen Ablagerungen weisen hingegen, bezogen auf ihre Masse, eine vergleichsweise große Oberfläche auf. Auch im absoluten Vergleich wird in der Regel die Gesamtoberfläche der auf den Oberflächen des Sekundärtraumes vorhandenen Ablagerungen um ein vielfaches größer sein, als die Oberfläche der auf dem Rohrboden aufgehäuften Ablagerungen. Die noch auf den Oberflächen des Sekundärtraumes, insbesondere auf den Mantelseiten der Wärmetauscherrohre vorhandenen Ablagerungen bieten der Reinigungslösung also eine vergleichsweise große Angriffsfläche. Aus diesem Grund werden die nach wie vor auf den Oberflächen des Sekundärtraumes des Wärmetauschers vorhandenen Ablagerungen um ein vielfaches schneller aufgelöst, als diejenigen Ablagerungen, welche aufgehäuft auf dem Rohrboden liegen.

[0020] Die zur Reinigung des Sekundärtraumes des Wärmetauschers verwendete Reinigungslösung muss die im Sekundärtraum vorhandenen Ablagerungen und Verunreinigungen also nicht vollständig auflösen, und kann daher, bezogen auf die Gesamtmasse der Ablagerungen, unterstöchiometrisch dosiert werden. Bei dem erfindungsgemäßen Reinigungsverfahren wird lediglich abgewartet, bis die noch auf den Oberflächen des Sekundärtraumes des Wärmetauschers vorhandenen Ablagerungen aufgelöst sind. Die auf dem Rohrboden aufgehäuften Ablagerungen werden nach Ablassen der Reinigungslösung beispielsweise mit Hilfe eines mechanischen Reinigungsverfahrens aus dem Sekundärtraum des Wärmetauschers entfernt. Zur Entfernung der auf dem Rohrboden des Wärmetauschers liegenden Ablagerungen kann dieser beispielsweise gespült werden (tube sheet lancing).

[0021] Die physikalische Trocknung der Ablagerungen führt außerdem dazu, dass diese rissig werden. Diese Risse vergrößern die Oberfläche der Ablagerungen, folglich bieten diese der Reinigungslösung eine größere Angriffsfläche. Außerdem ermöglichen die Risse einen leichteren Zutritt der Reinigungslösung in das Innere der Ablagerungen. Innerhalb der Ablagerungen ggf. vorhandene Einschlüsse oder Poren werden durch die Risse für die Reinigungslösung zugänglich. Im Vergleich zu konventionellen Reinigungsverfahren werden die Ablagerungen von der Reinigungslösung wirkungsvoller angegriffen.

[0022] Der der chemischen Reinigung vorgelagerte physikalische Trocknungsschritt, der beispielsweise durch Einleiten von heißer Luft oder Inertgas erfolgen kann, bewirkt außerdem, dass das in oberflächlichen Poren und Kanälen der Ablagerungen enthaltene Wasser

entfernt wird. Bei herkömmlichen Verfahren sind in den Ablagerungen vorhandene Poren ggf. noch mit Wasser gefüllt, so dass zum einen das Eindringen von Reinigungslösung stark behindert ist, und zum anderen aufgrund des vorhandenen Wassers eine die Reinigungswirkung verringernde lokale Verdünnung erfolgt. Durch die vorgelagerte physikalische Trocknung kann die Reinigungslösung praktisch unverdünnt in die Poren und Kanäle der Ablagerungen eindringen. Die Reinigungslösung wird somit effektiver genutzt, als dies bei herkömmlichen Verfahren möglich ist. In kostensparender Weise kann die Reinigung somit schneller und unter verringertem Einsatz von Reinigungschemikalien vonstatten gehen.

[0023] Erfindungsgemäß wird die Trocknung der in dem Sekundärraum vorhandenen Ablagerungen durch Evakuieren des Sekundärraums bewirkt. Zur Unterstützung der Wasserverdunstung erfolgt eine Trocknung sowohl durch Unterdruck, als auch in einer weiteren Ausführungsform bei erhöhten Temperaturen, etwa unter Ausnutzung einer betriebsbedingten Restwärme. Es hat sich nun überraschenderweise herausgestellt, dass die Reinigungswirkung einer nach dem Trocknungsschritt eingefüllten Reinigungslösung besonders hoch ist, wenn dabei der im Sekundärraum vorhandene Unterdruck während der gesamten Einfüllphase aufrechterhalten wird. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Reinigungslösung unter Vakuum leichter in die evakuierten Risse und Poren eindringen kann, als dies bei Normaldruck möglich ist. Infolge der Evakuierung enthalten die Risse und Poren praktisch kein Gas mehr, welches ansonsten von der Reinigungsflüssigkeit verdrängt werden muss. Die Reinigungslösung kann somit einfacher in die Poren und Risse eindringen.

[0024] Ein weiterer vorteilhafter Effekt ist, dass ein Teil der Reinigungslösung bei Einleiten in den noch heißen und zusätzlich mit Unterdruck beaufschlagten Sekundärraum verdampft. Die gasförmige Reinigungslösung kondensiert an den Belägen, und schlägt sie sich bevorzugt in den Poren und Rissen nieder (Kapillarkondensation).

[0025] Wie bereits erwähnt, bewirkt die Trocknung der Ablagerungen, dass diese mechanisch destabilisiert werden, und zumindest teilweise von der Oberfläche des Sekundärtraumes abplatzen. Dieser Effekt kann verstärkt werden, indem nach einer weiteren Ausführungsform die in den Sekundärraum eingeleitete Reinigungslösung zum Sieden gebracht wird. Auch die in den Poren und Rissen der Ablagerungen vorhandene Reinigungslösung beginnt zu sieden. Der dadurch in den Poren und Rissen, also im Inneren der Ablagerungen, entstehende Überdruck führt zu einer mechanischen Destabilisierung derselben. Die Erwärmung der Reinigungslösung kann durch Einleiten von Heißdampf in den Sekundärraum bewirkt oder unterstützt werden. Der in die Reinigungslösung eingeleitete Heißdampf bewirkt neben der Erwärmung, dass diese durchmischt wird. Somit gelangt unverbrauchte Reinigungslösung an diejenigen Stellen, an denen vermehrt Ablagerungen vorliegen, die nunmehr

aufgelöst werden können.

[0026] Die Ablagerungen, welche sich im Betrieb auf den Oberflächen des Sekundärtraumes eines Wärmetauschers oder Dampferzeugers bilden, enthalten hauptsächlich Eisenoxid (Magnetit), teilweise aber auch metallisches Kupfer und Kupferverbindungen. Zur Auflösung dieser Ablagerungen können Reinigungslösungen verwendet werden, wie sie aus den eingangs genannten Druckschriften DE 102 38 730 A1, EP 0 198 340 A1, DE 198 57 342 A1 oder auch aus der EP 0 273 182 A1 hervorgehen.

[0027] Der erfindungsgemäße Trocknungsschritt wird, abhängig davon welche Chemikalienkombination für die Reinigungslösung verwendet wird, zumindest einmal, nämlich bevor der Dampferzeuger mit der Reinigungslösung befüllt wird, durchgeführt. Ein solches Vorgehen ist beispielsweise bei Verwendung von Reinigungschemikalien nach der DE 198 57 342 A1, bei dem der Dampferzeuger zwischen der Magnetit- und der Kupferentfernung nicht entleert wird, angebracht. Bei einem Reinigungsverfahren, bei dem zwischen der Magnetit- und der Kupferentfernung die Reinigungslösung abgelassen wird, wie beispielsweise bei der DE 102 38 730 A1 vorgesehen, kann optional ein weiterer Trocknungsschritt nach Ablassen der ersten Reinigungslösung erfolgen. Selbstverständlich kann ein solcher Zwischentrocknungsschritt ebenso bei einem Verfahren durchgeführt werden, bei dem zuerst das Kupfer und anschließend der Magnetit entfernt wird, wie es beispielsweise aus der EP 0 198 340 A1 hervorgeht.

[0028] Die eingesetzten Reinigungslösungen sind bei einer Temperatur zwischen 40°C und 160°C besonders wirkungsvoll. Aus diesem Grund wird, gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens, die in dem Sekundärraum des Dampferzeugers vorhandene Reinigungslösung auf eine Temperatur in dem vorgenannten Bereich erwärmt. Die aufgelösten Ablagerungen werden durch Ablassen der Reinigungslösung aus dem Sekundärraum des Wärmetauschers entfernt. Die nicht aufgelösten Ablagerungen, die sich überwiegend am Boden des Wärmetauschers angesammelt haben, werden durch mechanische Reinigung, beispielsweise durch Spülen, aus dem Wärmetauscher entfernt.

[0029] Nach einer weiteren Ausführungsform handelt es sich bei dem Wärmetauscher um den Dampferzeuger einer kerntechnischen Anlage. Bei Dampferzeugern in kerntechnischen Anlagen bestehen die Ablagerungen zum überwiegenden Teil aus Magnetit. Besonders vorteilhaft kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren der Dampferzeuger im Rahmen einer sogenannten Wartungsreinigung (maintenance cleaning) von magnetithaltigen Belägen befreit werden.

[0030] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Reinigung eines Wärmetauschers wird im folgenden beispielhaft anhand eines Dampferzeugers einer kerntechnischen Anlage näher erläutert. Dabei zeigt die Zeichnung in:

Fig. 1 einen stark schematisierten Dampferzeuger in einem Längsschnitt und in

Fig. 2 eine Detailansicht eines solchen Dampferzeugers.

[0031] Das in dem Reaktorkern eines Druckwasserreaktors erhitzte Primärkühlmittel strömt durch den Primärraum 5 des in Fig. 1 angedeuteten Dampferzeugers 2. Im unteren Teil des Dampferzeugers 2 befindet sich eine Vielzahl von U-förmig gebogenen Rohren 4, die auch als Rohrbündel bezeichnet werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind lediglich zwei U-Rohre 4 dargestellt. Das in den Primärraum 5 eintretende Primärkühlmittel durchströmt die U-Rohre 4 unter Abgabe eines Teils seiner Wärme an ein in dem Sekundärraum 6 vorhandenes Sekundärkühlmittel. Das dem Dampferzeuger 2 im unteren Bereich des Sekundärraums 6 zugeführte, nunmehr erhitzte bzw. verdampfte Sekundärkühlmittel wird diesem im oberen Bereich entnommen, und zum Betrieb eines Generators verwendet. Im Betrieb des Dampferzeugers 2 bilden sich in dem Sekundärraum 6 Ablagerungen 12. Diese bilden sich im Bereich der Halterungen 8, vor allem aber auf den Außen- oder Mantelseiten der U-Rohre 4 selbst.

[0032] Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt des aus Fig. 1 bekannten Dampferzeugers 2 im Bereich der gebogenen U-Rohre 4. Beispielhaft ist ein von Primärkühlmittel durchströmtes U-Rohr 4 dargestellt, das von einer Halterung 8 gehalten ist und eine Bodenplatte 10 durchstoßend in den Primärbereich 5 ausmündet. An den Übergängen zwischen der Halterung 8 und dem U-Rohr 4, sowie an den Übergängen zwischen der Bodenplatte 10 und dem U-Rohr 4, sowie auf der Mantelseite der U-Rohre 4 selbst sind Ablagerungen 12 vorhanden. Dabei befindet sich der mengenmäßig überwiegende Teil der Ablagerungen 12 auf der Oberfläche der U-Rohre 4 selbst.

[0033] Im Folgenden wird der Ablauf einer zweistufigen Reinigung des Dampferzeugers 2 erläutert, wobei beispielhaft die Ablagerungen zum überwiegenden Teil Eisenoxid (Magnetit) und in geringerem Umfang Kupfer enthalten sollen:

Nach Abschalten des Reaktors auf der Primärseite des Dampferzeugers 2, wird zunächst das Sekundärkühlmittel aus dem Dampferzeuger 2 abgelassen. Anschließend wird der Sekundärraum 6 mit einem Unterdruck beaufschlagt bzw. evakuiert. Dabei wird der Unterdruck mindestens so groß gewählt, dass bei der gegebenen Temperatur der Unterdruck ausreichend ist, um das Sekundärkühlmittel, üblicherweise Wasser, zu verdampfen. Alternativ wird der Sekundärraum 6 des Dampferzeugers 2 durch Einleiten von heißer Luft getrocknet. Die Verunreinigungen 12 trocknen unter den beschriebenen Bedingungen sehr schnell, wobei ihre Oberfläche Risse ausbildet. Wie bereits erwähnt, platzen durch den bei der Trocknung auftretenden Volumenverlust die Ablagerungen teilweise von ihrer Unterlage ab. Die

abgeplatzten Ablagerungen häufen sich im Bereich des unteren Rohrbodens 10 des Dampferzeugers 2 auf. Der Sekundärraum 6 des Dampferzeugers 2 wird unter Vakuum gehalten, während in diesen die Reinigungslösung eingebracht wird. Dabei wird der Sekundärraum 6 des Dampferzeugers 2 vorzugsweise bis zur Oberkante des Rohrbündels mit Reinigungslösung gefüllt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

[0034] Die zur Auflösung der Magnetitbeläge eingesetzte Reinigungslösung enthält eine komplexbildende Säure, beispielsweise Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA), ein Alkalisierungsmittel, beispielsweise Ammoniak, Morpholin oder einer Mischung der genannten Substanzen und ein Reduktionsmittel, beispielsweise Hydrazin. Zur Entfernung der magnetithaltigen Beläge können ebenso andere, allgemein bekannte Reinigungslösungen verwendet werden.

[0035] Zur Verbesserung der Reinigungswirkung wird die Reinigungslösung auf eine Temperatur im Bereich von 40°C bis 160°C erhitzt. Dies geschieht vorzugsweise durch Einleiten von Heißdampf in den Dampferzeuger. Alternativ wird die Reinigungslösung mit Hilfe der Hauptkühlmittelpumpen über den Primärkreislauf der kerntechnischen Anlage erhitzt. Wird die Reinigungslösung soweit erhitzt, dass diese aufkocht, so führt dies zu einer Durchmischung der Reinigungslösung. Alternativ wird zur Durchmischung der Reinigungslösung Inertgas in den Dampferzeuger gepresst. Verbrauchte und unverbrauchte Reinigungslösung werden gemischt, wobei insbesondere unverbrauchte Reinigungslösung an Stellen gerät, an denen noch Ablagerungen 12 vorhanden sind, so dass diese dadurch aufgelöst werden können. Die Ablagerungen 12 werden durch die aufkochende Reinigungslösung zusätzlich mechanisch von den Oberflächen des Dampferzeugers entfernt.

[0036] Die von der Reinigungslösung aufgelösten Magnetit-Ablagerungen werden durch Ablassen der Reinigungslösung aus dem Sekundärraum 6 entfernt. Die übrigen, von der Reinigungslösung nicht aufgelösten Magnetit-Ablagerungen, welche aufgehäuft auf dem Rohrboden 10 liegen, werden mechanisch, beispielsweise durch Spülen des Rohrbodens 10, aus dem Sekundärraum 6 entfernt.

[0037] Bevor anschließend die kupferhaltigen Ablagerungen 12 aus dem Dampferzeuger 2 entfernt werden, wird dieser erneut getrocknet. Dieser weitere Trocknungsschritt führt erneut zu einer physikalischen/mechanischen Destabilisierung der nach dem ersten Reinigungsschritt übrig gebliebenen Ablagerungen 12.

[0038] Die kupferhaltigen Ablagerungen 12 werden aufgelöst, indem wasserlösliche Komplexe der Kupferverbindungen gebildet werden. Als Komplexbildner ist beispielsweise Ethylendiamin (EDA), Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) in ammoniakalischer Lösung unter oxidierenden Bedingungen geeignet. Oxidierende Bedingungen werden beispielsweise durch Zudosieren von Wasserstoffperoxid und/oder Einblasen von Luft oder

Sauerstoff erreicht. Nach erfolgter Auflösung der kupferhaltigen Ablagerungen 12, wird die Reinigungslösung aus dem Dampferzeuger 2 abgelassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reinigung des im Betrieb von einem Sekundärkühlmittel durchströmten Sekundär-raumes (6) eines Wärmetauschers (2) einer kerntechnischen Anlage, von während des Betriebes an und auf den Oberflächen des Sekundär-raumes (6) gebildeten Ablagerungen (12) mit den folgenden Schnitten:

- Ablassen des Sekundärkühlmittels aus dem Sekundär-raum (6) des Wärmetauschers (2),
- Trocknen der Ablagerungen (12) bei von dem Sekundärkühlmittel überwiegend entleertem Sekundär-raum (6) und
- Einbringen einer Reinigungslösung in den Sekundär-raum (6), wobei der Sekundär-raum (6) zur Trocknung der Ablagerungen (12) mit Unterdruck beaufschlagt wird und die Reinigungslösung in den mit Unterdruck beaufschlagten Sekundär-raum (6) eingebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reinigungslösung auf eine Temperatur zwischen 40°C und 160°C erhitzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reinigungslösung dadurch erhitzt wird, dass Heißdampf in den Sekundär-raum (6) eingeleitet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reinigungslösung in dem Sekundär-raum (6) zum Sieden gebracht wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in dem Sekundär-raum (6) vorhandenen Ablagerungen (12) zumindest teilweise durch Spülen, aus diesem entfernt werden.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sekundär-raum (6) des Wärmetauschers (2) von Ablagerungen (12) gereinigt wird, die überwiegend magnetit-haltig sind.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

als Wärmetauscher der Dampferzeuger (2) einer kerntechnischen Anlage gereinigt wird.

5 Claims

1. Method for the cleaning of the secondary chamber (6) of a heat exchanger (2) of a nuclear installation which is flowed through by a secondary coolant, of deposits formed at and on the surfaces of the secondary chamber (6) during the operation, having the following steps:

- draining of the secondary coolant from the secondary chamber (6) of the heat exchanger (2),
- drying of the deposits (12) in the secondary chamber (6) which is predominantly emptied of the secondary coolant, and
- introducing a cleaning solution into the secondary chamber (6), wherein the secondary chamber (6) is loaded with negative pressure to dry the deposits (12) and the cleaning solution is introduced into the secondary chamber (6) which is loaded with negative pressure.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the cleaning solution is heated to a temperature of between 40°C and 160°C.

3. Method according to claim 2, **characterised in that** the cleaning solution is heated by hot steam being introduced into the secondary chamber (6).

4. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the cleaning solution is brought to the boil in the secondary chamber (6).

5. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that**, the deposits (12) present in the secondary chamber (6) are removed from this at least partially by rinsing.

6. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the secondary chamber (6) of the heat exchanger (2) is cleaned of deposits (12) which predominantly contain magnetite.

7. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that**, the steam generator (2) of a nuclear installation is cleaned as a heat exchanger.

Revendications

1. Procédé de nettoyage de la chambre secondaire (6), traversée par un réfrigérant secondaire, d'un échangeur de chaleur (2) d'une installation nucléaire par retrait des dépôts (12) formés pendant le fonctionnement contre et sur les surfaces de la chambre secondaire (6), comportant les étapes suivantes :

- évacuation du réfrigérant secondaire de la chambre secondaire (6) de l'échangeur de chaleur (2), 5
 - séchage des dépôts (12) lorsque la chambre secondaire (6) est sensiblement vidée du réfrigérant secondaire et 10
 - introduction d'une solution de nettoyage dans la chambre secondaire (6), la chambre secondaire (6) étant dépressurisée pour sécher les dépôts (12) et la solution de nettoyage étant introduite dans la chambre secondaire (6) dépressurisée. 15
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la solution de nettoyage est chauffée à une température comprise entre 40°C et 160°C. 20
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la solution de nettoyage est chauffée par l'introduction de vapeur très chaude dans la chambre secondaire (6). 25
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la solution de nettoyage est amenée à ébullition dans la chambre secondaire (6). 30
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les dépôts (12) présents dans la chambre secondaire (6) sont retirés de celle-ci, du moins en partie, par rinçage. 35
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la chambre secondaire (6) de l'échangeur de chaleur (2) est débarrassée de dépôts (12) contenant essentiellement de la magnétite. 40
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** c'est le générateur de vapeur (2) d'une installation nucléaire qui est nettoyé en tant qu'échangeur de chaleur. 45

50

55

Fig. 1

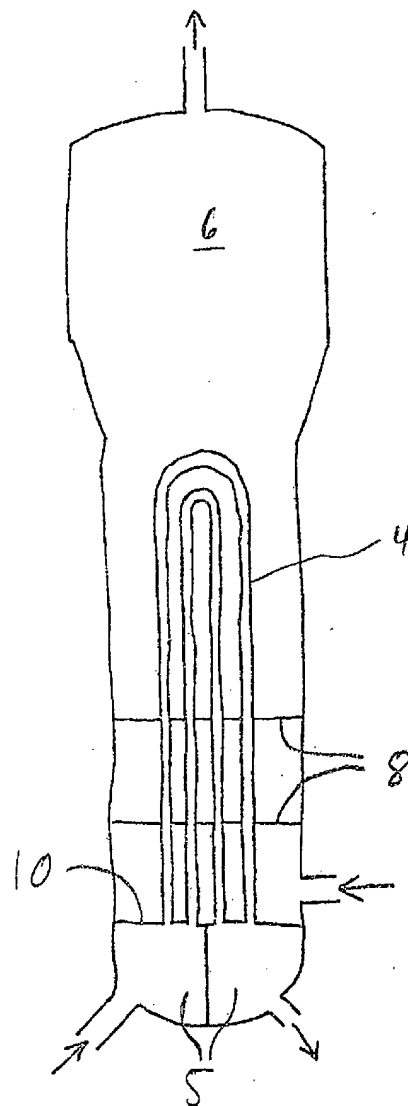
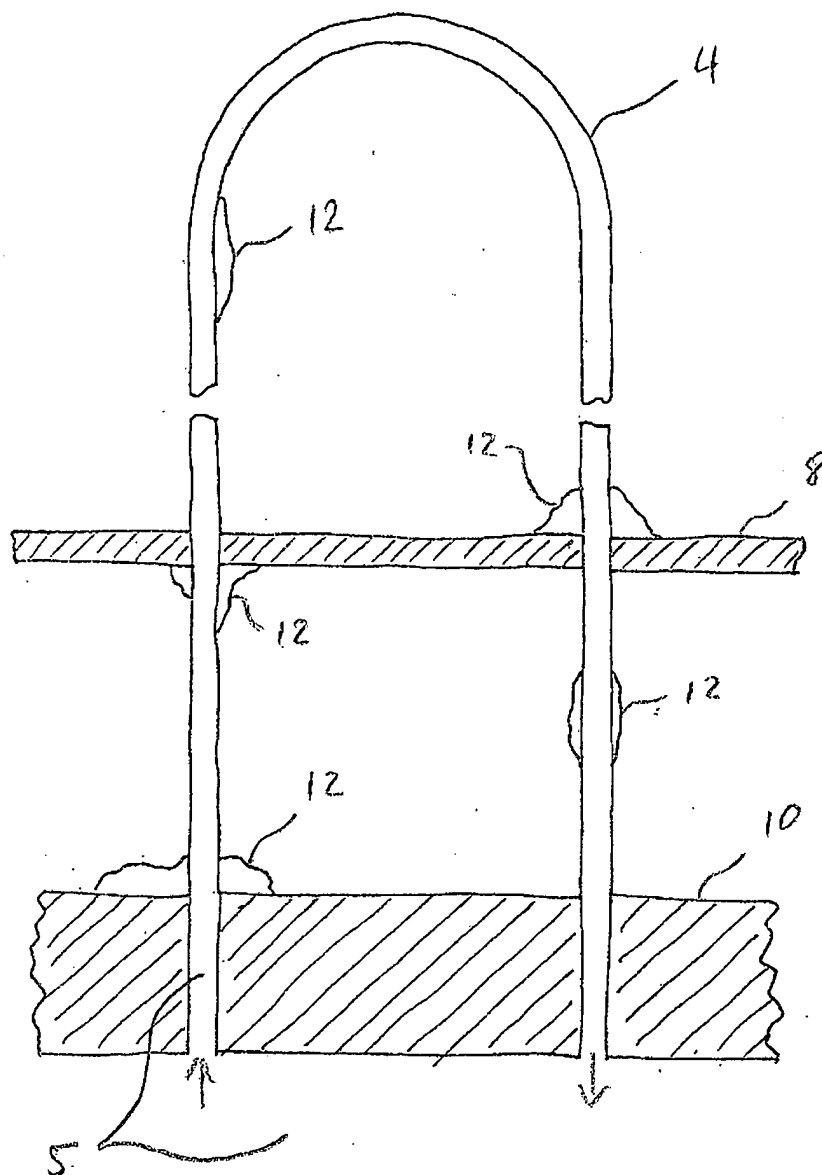


Fig. 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0198340 A1 [0001] [0010] [0026] [0027]
- DE 10238730 A1 [0009] [0026] [0027]
- DE 19854342 A1 [0011]
- US 3013909 A [0012]
- US 6523502 B1 [0013]
- DE 19857342 A1 [0026] [0027]
- EP 0273182 A1 [0026]