

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-149384  
(P2003-149384A)

(43) 公開日 平成15年5月21日 (2003.5.21)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターマコード* (参考)	
G 2 1 D	1/00	F 2 2 B	1/06	L
F 2 2 B	1/06	G 2 1 D	1/00	S

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 4 頁)

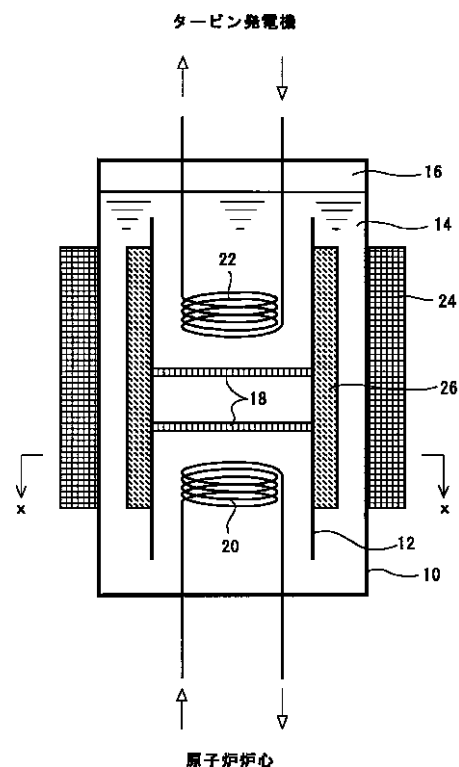
(21) 出願番号	特願2001-352684(P2001-352684)	(71) 出願人	000224754 核燃料サイクル開発機構 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
(22) 出願日	平成13年11月19日 (2001. 11. 19)	(72) 発明者	林田 均 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 核燃料 サイクル開発機構大洗工学センター内
		(72) 発明者	荒 邦章 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 核燃料 サイクル開発機構大洗工学センター内
		(74) 代理人	100078961 弁理士 茂見 穰

(54) 【発明の名称】 中間熱交換器組込型蒸気発生器

(57) 【要約】

【課題】 中間熱交換器と蒸気発生器の2つの機能を持たせつつ2次冷却系統を簡素化し、必要な物量と設置スペースを大幅に削減できるようにする。

【解決手段】 2次冷却材14を収容している容器10内に中間熱交換用伝熱管20と蒸気発生用伝熱管22とを分離して配設し、前記容器内で2次冷却材を強制循環させるポンプ機構を設置して中間熱交換器組込型蒸気発生器とする。ポンプ機構は、例えば容器外周に設置した電磁駆動用コイル24と内筒に取り付けた磁性体コア26によって形成した電磁ポンプ機構とする。中間熱交換用伝熱管と蒸気発生用伝熱管との間に、1枚以上の多孔板(もしくはスリット板)18を設け、それによって一方の伝熱管破損時の影響が他方の伝熱管に波及しないようにするのが好ましい。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 2 次冷却材を収容している容器内に中間熱交換用伝熱管と蒸気発生用伝熱管とを分離して配設し、前記容器内で 2 次冷却材を強制循環させるポンプ機構を設置したことを特徴とする中間熱交換器組込型蒸気発生器。

【請求項 2】 2 次冷却材の液体ナトリウムを収容している筒状容器内に内筒を設置して該内筒の内外で流路を区分し、内筒内の上部と下部にヘリカルコイル状の蒸気発生用伝熱管と中間熱交換用伝熱管を分離して配設し、前記容器外周に設置した電磁駆動用コイルと内筒に取り付けた磁性体コアによって電磁ポンプ機構を形成し、内筒内を上昇し内筒外を下降するように前記容器内で 2 次冷却材を強制循環させるようにしたことを特徴とする中間熱交換器組込型蒸気発生器。

【請求項 3】 筒状容器と内筒との間の流路を、放射状に配設した複数の仕切板で分割すると共に、電磁駆動用コイルを小型化して複数配置する請求項 2 記載の中間熱交換器組込型蒸気発生器。

【請求項 4】 中間熱交換用伝熱管と蒸気発生用伝熱管との間に、1 枚あるいは複数枚の多孔板もしくはスリット板を設け、それによって一方の伝熱管破損時の影響が他方の伝熱管に波及しないようにした請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の中間熱交換器組込型蒸気発生器。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、中間熱交換用伝熱管と蒸気発生用伝熱管とを容器内に分離して配設し、該容器内で 2 次冷却材（中間冷却材）を強制循環させて熱交換することによって蒸気を発生する機能を持たせた中間熱交換器組込型蒸気発生器に関するものである。この技術は、液体ナトリウム冷却型原子炉の蒸気発生器などに有用である。

**【0002】**

【従来の技術】冷却材に液体金属ナトリウムを用いる高速増殖炉では、タービンで発電するためにナトリウムの熱で蒸気を発生する蒸気発生器が使用されている。この蒸気発生器としては、伝熱管内に液体ナトリウムを通し、その伝熱管周囲の水を加熱して蒸気にする構造が一般的である。ところが、ナトリウムは水と激しく反応する性質を有する。そこで、蒸気発生器の伝熱管が万一破損した場合に、水とナトリウムの反応の影響が原子炉炉心に波及しないように、中間熱交換器を介在させている。即ち、1 次冷却材ナトリウムによって原子炉炉心を冷却し、中間熱交換器において 1 次冷却材ナトリウムの熱で 2 次冷却材ナトリウムを加熱し、2 次冷却材ナトリウムを蒸気発生器に導いて 2 次冷却材ナトリウムの熱で水を加熱して蒸気にするのである。

**【0003】**

【発明が解決しようとする課題】この構成は、原子炉炉

心を通じた 1 次冷却材ナトリウムを用いて、直接、蒸気発生器で蒸気を発生させる構成に比べて、万一の伝熱管破損時に炉心への影響が少なく、且つ放射化されたナトリウムが漏出しないなどの利点がある。反面、中間熱交換器、2 次系主ポンプ、2 次系配管設備、2 次系の計測制御設備・予熱設備・ナトリウム純化等の補助設備・ダンプタンク等の各種設備が必要になり、また多量の 2 次冷却材ナトリウムを必要とするなどコストがかかる欠点がある。更に、それら各種設備を設置するための広いスペースも必要となる。

【0004】本発明の目的は、中間熱交換器と蒸気発生器の 2 つの機能を持たせつつ 2 次冷却系統を簡素化し、必要な物量と設置スペースを大幅に削減できるように工夫した中間熱交換器組込型蒸気発生器を提供することである。本発明の他の目的は、伝熱管の万一の破損に対しても高い安全性を確保できるようにした中間熱交換器組込型蒸気発生器を提供することである。

**【0005】**

【課題を解決するための手段】本発明は、2 次冷却材を収容している容器内に中間熱交換用伝熱管と蒸気発生用伝熱管とを分離して配設し、前記容器内で 2 次冷却材を強制循環させるポンプ機構を設置したことを特徴とする中間熱交換器組込型蒸気発生器である。

【0006】また本発明は、2 次冷却材の液体ナトリウムを収容している筒状容器内に内筒を設置して該内筒の内外で流路を区分し、内筒内の上部と下部にヘリカルコイル状の蒸気発生用伝熱管と中間熱交換用伝熱管を分離して配設し、前記容器外周に設置した電磁駆動用コイルと内筒に取り付けた磁性体コアによって電磁ポンプ機構を形成し、内筒内を上昇し内筒外を下降するように前記容器内で 2 次冷却材を強制循環させるようにしたことを特徴とする中間熱交換器組込型蒸気発生器である。

【0007】ここで、筒状容器と内筒との間の流路を、放射状に配設した複数の仕切板で分割すると共に、電磁駆動用コイルを小型化して複数分散配置することもできる。

【0008】これらの構成において、中間熱交換用伝熱管と蒸気発生用伝熱管との間に、1 枚あるいは複数枚の多孔板もしくはスリット板を設け、一方の伝熱管破損時の影響が他方の伝熱管に波及しないようにするのが好ましい。多孔板もしくはスリット板を複数枚設ける場合には、互いに間隔をあけて設置する。

**【0009】**

【実施例】図 1 は本発明に係る中間熱交換器組込型蒸気発生器の一実施例を示す説明図であり、ナトリウム冷却型高速増殖炉の 2 次系冷却系に適した装置である。この図 1 は縦断面を表しており、図 2 はその x - x 矢視図に相当する。有底で有蓋の円筒状容器 10 の内部に、同軸状に間隔をあけて内筒 12 を設置する。内筒の長さ（高さ）は容器長さ（高さ）よりも短く、内筒 12 の上下端

は円筒状容器 10 の底面及び上面に対して十分な隙間が設けられている。円筒状容器 10 は、その内部に 2 次冷却材（液体ナトリウム）14 を収容するものであり、上部の自由液面はカバーガス（不活性ガス）16 で覆われている。内筒 12 は、その内外で流路を区分する機能を果たし、内筒内は上昇流れの領域、内筒外（円筒状容器 10 と内筒 12 との間）は下降流れの領域となる。従って、内筒 12 の上端が 2 次冷却材 14 中に完全に没するように自由液面を設定する。

【0010】内筒 12 の上下方向のほぼ中央位置に多孔板（スリット板でもよい）18 を設ける。孔径やスリット幅は、液体ナトリウムが自由に通過できる寸法とする。多孔板（またはスリット板）18 は 1 枚でもよいし、間隔をあけて複数枚配設してもよい。この実施例では 2 枚の多孔板 18 を、内筒 12 に水平に間隔をあけて取り付けられている。そして、内筒 12 内の下側多孔板 18 の下方にヘリカルコイル状の中間熱交換用伝熱管 20 を設置し、内筒 12 内の上側多孔板 18 の上方にヘリカルコイル状の蒸気発生用伝熱管 22 を設置する。本発明では、これら伝熱管 20, 22 をヘリカル形状にすることでコンパクト化し円筒状容器 10 内に収めやすくしている。また蒸気発生用伝熱管 22 と中間熱交換用伝熱管 20 を上下の関係に配置することで、それらの周囲の（内筒内の）2 次冷却材 14 の流動方向を上向きにし、熱交換効率を高めている。

【0011】円筒状容器 10 の外周部に電磁駆動用コイル 24 を設置し、内筒 12 に磁性体コア 26 を取り付け、それらによって電磁ポンプを構成し、2 次冷却材（液体ナトリウム）14 を駆動する。2 次冷却材 14 を円筒状容器 10 内で強制的に循環させることで、熱交換の効率を向上すると共に小型化を図っている。また、このように電磁駆動コイル 24 を円筒状容器 10 の最外周部に設置することで、コンパクト化と共に容器との一体化を図っている。更に、電磁駆動コイル 24 を円筒状容器 10 の最外周部に設置することで、自然冷却のみならず、強制冷却も可能にしている。

【0012】原子炉炉心を流れて加熱された 1 次冷却材（液体ナトリウム）は、中間熱交換器組込型蒸気発生器に達し、中間熱交換用伝熱管 20 の内部を流通し、該中間熱交換用伝熱管 20 の周囲に存在する 2 次冷却材（液体ナトリウム）14 に熱を伝達する。加熱された 2 次冷却材（液体ナトリウム）14 は内筒 12 内を上昇し、多孔板（あるいはスリット板）18 の孔（あるいはスリット）を通過して蒸気発生用伝熱管 22 の周囲を流れ、該蒸気発生用伝熱管 22 の内部を流れる水に熱を伝達する。これによって蒸気発生用伝熱管 22 を通る水は加熱され、蒸気になって中間熱交換器組込型蒸気発生器から流出し、タービン発電機などへ向かう。

【0013】本発明では、円筒状容器 10 内部の 2 次冷却材（液体ナトリウム）14 を電磁ポンプ機構により強

制的に流動・循環させることで、中間熱交換用伝熱管 20 内の 1 次冷却材（液体ナトリウム）から 2 次冷却材（液体ナトリウム）14 への熱伝達と、2 次冷却材（液体ナトリウム）14 から蒸気発生用伝熱管 22 内の水への熱伝達効率を高めている。この実施例では、円筒状容器 10 の外周部に設置した電磁駆動用コイル 24 と、内筒 12 に取り付けられた磁性体コア 26 とによって、外部から通電する電極が不要で、ダクト構造の単純な誘導型電磁ポンプ機構を形成し、それによって内筒 12 と円筒状容器 10 との間の円筒状の領域の 2 次冷却材（液体ナトリウム）14 を下方に駆動するように構成しているのである。ここで電磁駆動用コイル 24 は、例えば 3 層巻線を空間的に分巻きし、3 相交流を通電することで進行磁界を発生させ、導電性流体（2 次冷却材ナトリウム）を駆動するコイルであり、磁性体コア 26 は磁場を強めて駆動効率を上げる機能を果たしている。

【0014】多孔板（あるいはスリット板）18 は、万一の蒸気発生用伝熱管 22 の破損により、該蒸気発生用伝熱管 22 内を流れる水あるいは蒸気と 2 次冷却材（液体ナトリウム）との反応が生じて水素ガス等が発生した時でも、その影響により中間熱交換用伝熱管 20 の健全性が損なわれないように保護・遮断する機能を果たしている。

【0015】なお、この多孔板（あるいはスリット板）は、2 次冷却材に 1 次冷却材と反応する物質を使用した場合にも、同様に、中間熱交換用伝熱管が破損した時の 1 次冷却材と 2 次冷却材の反応の影響が、直接に蒸気発生用伝熱管に伝わり該伝熱管の健全性が損なわれるのを防止する機能も果たすることができる。

【0016】電磁ポンプ機構の電磁駆動コイル 24 に冷却が必要な場合には、電磁駆動コイル 24 が円筒状容器 10 の最外面に設置されているので、該円筒状容器 10 の外周部分を保温材（図示せず）で覆い、電磁駆動コイル 24 を該保温材の外側に設置することで、電磁駆動コイル 24 を自然冷却又は強制冷却することが可能である。

【0017】図 3 は本発明の他の実施例を示しており、図 2 と同様に、図 1 の x - x 矢視図に対応して描いた図である。説明を簡略化するために、対応する部材には同一符号を付す。この実施例では、円筒状容器 10 と内筒 12 との間の流路を、放射状に配設した仕切板 30 で複数に分割し、電磁駆動用コイル 32 も小型化して複数配設している。ここでは 8 枚の仕切板 30 で 8 流路に分割すると共に電磁駆動用コイル 32 も 8 個分散配置した例を示している。このようにすると、大電流の大型の電磁ポンプの製作が困難な場合でも、小型の電磁駆動用コイル 32 を組み合わせることで対応でき、製造や保守が容易となる利点が生じる。

【0018】

【発明の効果】本発明は上記のように構成した中間熱交

換器組込型蒸気発生器であるから、中間熱交換器、2次系配管、2次系ポンプ、蒸気発生器などで構成する従来技術と同様の機能を実現でき、しかも従来技術に比べて必要機材と設置スペースを大幅に削減でき、配管長を短縮できる。

【0019】また本発明は、中間熱交換用伝熱管と蒸気発生用伝熱管との間に、1枚以上の多孔板もしくはスリット板を設けたことにより、一方の伝熱管破損時に、原子炉炉心を流れる1次冷却材と水又は蒸気が反応することを防止でき、十分な安全性を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る中間熱交換器組込型蒸気発生器の一実施例を示す説明図。

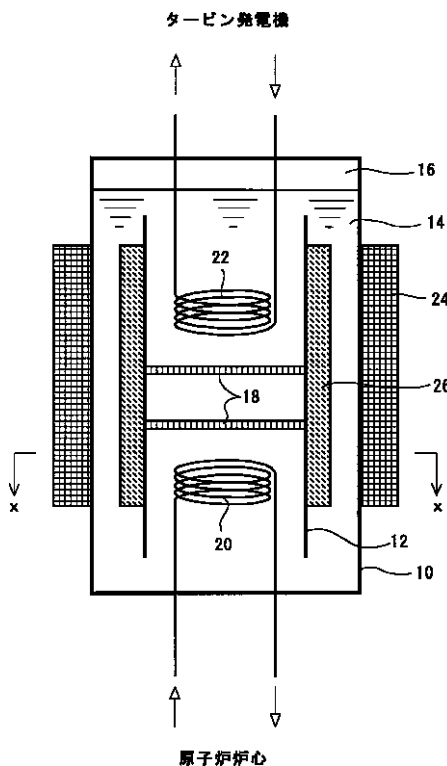
【図2】そのx-x矢視図。

【図3】本発明の他の実施例を示す説明図。

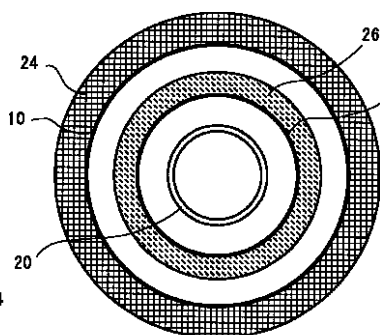
【符号の説明】

- 10 円筒状容器
- 12 内筒
- 14 2次冷却材（液体ナトリウム）
- 16 カバーガス
- 18 多孔板（またはスリット板）
- 20 中間熱交換用伝熱管
- 22 蒸気発生用伝熱管
- 24 電磁駆動用コイル
- 26 磁性体コア

【図1】



【図2】



【図3】

