

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3523634号

(P3523634)

(45)発行日 平成16年4月26日(2004.4.26)

(24)登録日 平成16年2月20日(2004.2.20)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

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

請求項の数 3 (全 4 頁)

(21)出願番号 特願2001-352684(P2001-352684)

(22)出願日 平成13年11月19日(2001.11.19)

(65)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)

審査請求日 平成13年11月19日(2001.11.19)

(73)特許権者 000224754  
核燃料サイクル開発機構  
茨城県那珂郡東海村松4番地49

(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

審査官 今浦 陽恵

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 中間熱交換器組込型蒸気発生器

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 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2】 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1記載の中間熱交換器組込型蒸気発生器。

【請求項3】 中間熱交換用伝熱管と蒸気発生用伝熱管

2

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又は2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】

【従来技術】冷却材に液体金属ナトリウムを用いる高

10

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）

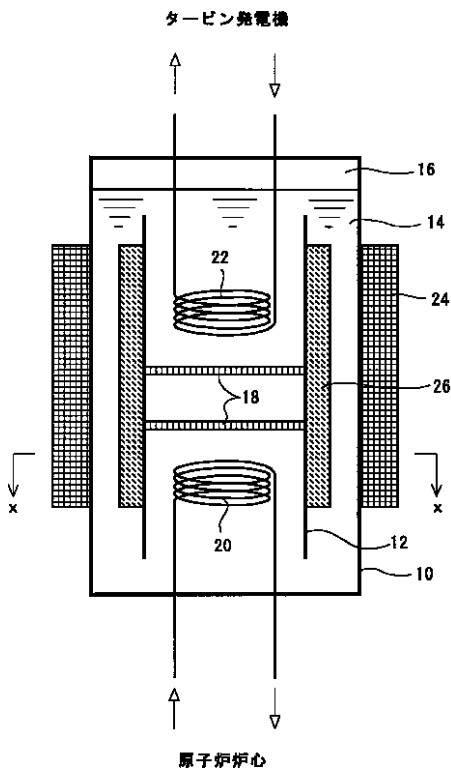
20 中間熱交換用伝熱管

22 蒸気発生用伝熱管

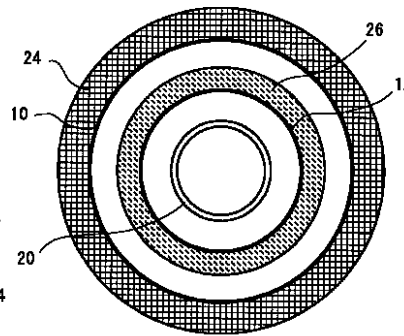
24 電磁駆動用コイル

26 磁性体コア

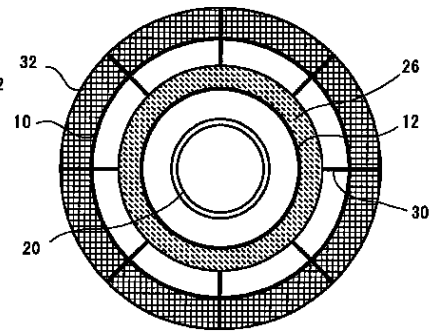
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (56) 参考文献
- 特開 平4 - 89598 ( J P , A )
  - 特開 昭64 - 19291 ( J P , A )
  - 特開 平7 - 71703 ( J P , A )
  - 特開 昭61 - 18897 ( J P , A )
  - 特開 昭57 - 186197 ( J P , A )
  - 特開 昭63 - 61801 ( J P , A )
  - 特開 平5 - 79601 ( J P , A )

- (58) 調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)
- G21C 1/02
  - G21C 15/18
  - G21D 1/00
  - F22B 1/06