



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월17일  
(11) 등록번호 10-1513140  
(24) 등록일자 2015년04월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G21C 15/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0157559

(22) 출원일자 2013년12월17일

심사청구일자 2013년12월17일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020090022812 A\*

KR1020090102079 A\*

KR1020130044537 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국원자력연구원

대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)

(72) 발명자

김태준

대전광역시 유성구 대덕대로925번길 29-11 (화암동)

정지영

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 107동 1601호 (건민동, 엑스포아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박장원

전체 청구항 수 : 총 5 항

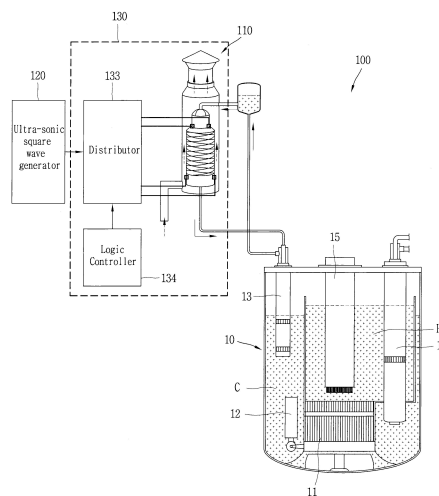
심사관 : 이용호

(54) 발명의 명칭 열교환기의 이물질 부착 방지 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은, 초음파를 발생시키는 초음파 발생부, 및 열교환기와 상기 초음파 발생부를 연결하고 상기 열교환기의 전열관 튜브에 미세 진동을 발생시켜 이물질의 부착을 방지하도록 상기 발생된 초음파를 상기 열교환기에 인가하는 초음파 인가부를 포함하는 열교환기의 이물질 부착 방지 장치 및 방법을 개시한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

**어재혁**

경기도 성남시 분당구 양현로166번길 20, 907동 1202호 (이매동, 이매촌동신9단지아파트)

**홍종환**

대전광역시 유성구 배울2로 42, 513동 403호 (관평동, 신동아파밀리에)

**이제환**

대전광역시 서구 청사로 5, 105동 705호 (월평동, 하나로아파트)

**김종만**

대전광역시 유성구 배울2로 3, 801동 602호 (관평동, 대덕테크노밸리8단지아파트)

**이용범**

대전광역시 유성구 어은로 57, 136동 1305호 (어은동, 한빛아파트)

**한도희**

대전광역시 유성구 동서대로 725, 1212동 702호 (원신흥동, 어울림하트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 53121-13

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국원자력연구원

연구사업명 원자력연구개발사업

연구과제명 소듐냉각고속로 소듐 열유체 실증시험시설 구축 및 종합효과시험

기여율 1/1

주관기관 한국원자력연구원

연구기간 2012.03.04 ~ 2017.02.28

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

초음파를 발생시키는 초음파 발생부; 및

열교환기와 상기 초음파 발생부를 연결하고, 상기 열교환기의 전열관 튜브에 미세 진동을 발생시켜 이물질의 부착을 방지하도록, 상기 발생된 초음파를 상기 열교환기에 인가하는 초음파 인가부를 포함하며,

상기 초음파 인가부는,

상기 초음파 발생부와 연결되어 상기 발생된 초음파를 방출하는 복수의 초음파 방출 센서;

상기 열교환기의 복수의 개소에 설치되고, 상기 복수의 초음파 방출 센서와 각각 연결되어 상기 방출된 초음파를 상기 열교환기에 전달하는 초음파 도파봉;

상기 초음파 발생부에서 발생된 초음파를 상기 초음파 방출 센서의 개수에 대응하여 분배하는 초음파 분배기; 및

상기 초음파 분배기를 제어하는 컨트롤러를 포함하며,

상기 컨트롤러는, 상기 복수의 초음파 방출 센서가 차례로 초음파를 방출하고, 상기 복수의 초음파 방출 센서 중 어느 하나가 온(on) 상태일 때 다른 하나는 오프(off)상태에 놓이도록 상기 초음파 분배기를 제어하는 것을 특징으로 하는 열교환기의 이물질 부착 방지 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 초음파 발생부는,

상기 열교환기의 내부 챔버를 공진시키는 공진주파수 범위 내의 초음파를 발생시키는 것을 특징으로 하는 열교환기의 이물질 부착 방지 장치.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 초음파는 최대 공진주파수보다 작은 공진주파수를 가지는 것을 특징으로 하는 열교환기의 이물질 부착 방지 장치.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 초음파 도파봉은,

상기 전열관 튜브와 연결되는 내부 챔버 상부, 내부 챔버 하부 및 상기 전열관 튜브를 지지하는 튜브 시트 중

적어도 하나에 부착되고, 상기 내부 챔버를 수용하는 외부 챔버의 관통홀을 통해 외부로 노출되는 것을 특징으로 하는 열교환기의 이물질 부착 방지 장치.

**청구항 8**

제1항 내지 제3항 및 제7항 중 어느 한 항에 따르는 이물질 부착 방지 장치; 및

상기 초음파 인가부와 연결되고, 소듐-소듐 열교환기(DHX)로부터 전달되는 소듐을 외부 공기를 이용하여 냉각하는 소듐-공기 열교환기(AHX, FHX)를 포함하는 소듐냉각고속로의 피동잔열제거계통.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 열교환기에 이물질이 부착되는 것을 방지하거나 붙어있는 이물질을 떼어낼 수 있는 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 소듐냉각고속로는 냉각제로 액체 금속인 소듐(나트륨)을 사용한다. 소듐은 녹는점이 98도로 낮고 끓는점은 883도로 매우 높다. 따라서, 노심 온도가 약 540도인 소듐냉각고속로 내부에서 대기압과 같은 1기압에서도 끓지 않아 고압으로 인한 폭발 위험이 적다.

[0003] 소듐냉각고속로 내부에는 노심의 열로 뜨거워진 소듐과 노심 바깥쪽의 차가운 소듐이 펌프로 인해 1차적으로 순환된다. 또한, 소듐냉각고속로에는 피동잔열제거계통이 구비되어, 전원이 끊겨 펌프가 작동하지 않아도 자연적인 대류 현상을 이용하여 노심 안쪽의 뜨거운 소듐을 냉각시킬 수 있도록 구성된다.

[0004] 피동잔열제거계통은 소듐냉각고속로 내부에 설치되는 소듐-소듐 열교환기(DHX) 및 외부에 설치되는 소듐-공기 열교환기(AHX, FHX)가 배관으로 연결된 구조를 가진다. 노심의 뜨거운 소듐에 의해 데워진 소듐-소듐 열교환기의 소듐은 배관을 타고 소듐-공기 열교환기로 전달된다. 소듐-공기 열교환기에서는 차가운 공기가 지나가며 배관 내의 소듐을 식힌다. 차가워진 소듐은 다시 배관을 타고 소듐-소듐 열교환기로 돌아가 소듐냉각고속로 내부의 소듐을 식힌다. 즉, 전력 없이 소듐의 온도 차이만으로 순환하며 노심의 열을 식히는 냉각장치이다.

[0005] 한편, 외부 공기는 먼지, 즉 이물질(scale)를 포함하고, 이러한 먼지는 소듐-공기 열교환기의 전열관 외벽에 부착되어 소듐-공기 열교환기의 성능을 저하시킬 수 있다. 특히, 중국도 그러하지만, 한국과 같이 중국으로부터 황사 등의 미세먼지가 대량으로 발생하는 경우에는 더욱 그러하다.

본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 공개특허공보 제10-2009-0022812호 (2009.03.04.)에 게시되어 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 본 발명은 소듐냉각고속로의 피동잔열제거계통에 구비되는 소듐-공기 열교환기에 이물질이 부착되는 것을 방지하거나 붙어있는 이물질을 떼어낼 수 있는 장치 및 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

[0007] 본 발명은 소듐-공기 열교환기뿐만 아니라, 일반적인 열교환기에 설치되어 이물질이 부착되는 것을 방지하거나 붙어있는 이물질을 떼어낼 수 있는 장치 및 방법을 제공하는 데에도 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 일 실시예와 관련된 열교환기의 이물질 부착 방지 장치는, 초음파를 발

생시키는 초음파 발생부, 및 열교환기와 상기 초음파 발생부를 연결하고, 상기 열교환기의 전열관 튜브에 미세 진동을 발생시켜 이물질의 부착을 방지하도록, 상기 발생된 초음파를 상기 열교환기에 인가하는 초음파 인가부를 포함한다.

- [0009] 본 발명과 관련된 일 예에 따르면, 상기 초음파 발생부는, 상기 열교환기의 내부 챔버를 공진시키는 공진주파수 범위 내의 초음파를 발생시킨다.
- [0010] 상기 초음파는 최대 공진주파수보다 작은 공진주파수를 가질 수 있다.
- [0011] 본 발명과 관련된 다른 일 예에 따르면, 상기 초음파 인가부는, 상기 초음파 발생부와 연결되어 상기 발생된 초음파를 방출하는 초음파 방출 센서, 및 상기 초음파 방출 센서 및 상기 열교환기와 각각 연결되어 상기 방출된 초음파를 전달하는 초음파 도파봉을 포함한다.
- [0012] 상기 초음파 방출 센서는 복수 개로 구비되어 상기 열교환기의 복수의 개소에 설치되는 상기 초음파 도파봉에 대응되게 장착될 수 있으며, 상기 초음파 인가부는 상기 초음파 발생부에서 발생된 초음파를 상기 초음파 방출 센서의 개수에 대응하여 분배하는 초음파 분배기를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 초음파 인가부는, 상기 복수의 초음파 방출 센서 중 어느 하나와 다른 하나가 서로 다른 시간에 초음파를 방출하도록, 상기 초음파 분배기를 제어하는 컨트롤러를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 초음파 도파봉은, 상기 전열관 튜브와 연결되는 내부 챔버 상부와 하부 및 상기 전열관 튜브를 지지하는 튜브 시트 중 적어도 하나에 부착되고, 상기 내부 챔버를 수용하는 외부 챔버의 관통홀을 통해 외부로 노출될 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명은, 상기 이물질 부착 방지 장치, 및 상기 초음파 인가부와 연결되고 소뎀-소뎀 열교환기(DHX)로부터 전달되는 소뎀을 외부 공기를 이용하여 냉각하는 소뎀-공기 열교환기(AHX, FHX)를 포함하는 소뎀냉각고속로의 피동잔열제거계통을 개시한다.
- [0016] 아울러, 본 발명은, 초음파를 발생시키는 단계, 및 열교환기의 전열관 튜브에 미세 진동을 발생시켜 이물질의 부착을 방지하도록 상기 발생된 초음파를 상기 전열관 튜브에 인가하는 단계를 포함하는 열교환기의 이물질 부착 방지 방법을 제안한다.
- [0017] 본 발명과 관련된 일 예에 따르면, 상기 인가하는 단계는, 상기 전열관 튜브와 연결되는 챔버의 상부와 하부 및 상기 전열관 튜브를 지지하는 튜브 시트 중 적어도 하나에 상기 발생된 초음파를 인가하는 단계가 될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0018] 본 발명에 의하면, 열교환기의 전열관 튜브에 미세 진동이 발생되어, 이물질의 부착이 방지되거나 부착된 이물질이 떨어질 수 있다. 따라서, 열교환기의 성능 저하가 방지될 수 있다.
- [0019] 특히, 소뎀냉각고속로의 피동잔열제거계통에 구비되는 소뎀-공기 열교환기의 경우, 소뎀을 이용하기 때문에 물 세척이 금지되어 있어 전열관 튜브의 세척이 어려우나, 본 발명에 의하면 별도의 청소가 불필요하므로, 유지보수성이 향상될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0020] 도 1은 소뎀냉각고속로 열수송계통을 설명하기 위한 개념도.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 소뎀냉각고속로의 피동잔열제거계통을 보인 개념도.
- 도 3은 초음파 도파봉과 초음파 방출 센서가 소뎀-공기 열교환기에 설치되는 일 예를 보인 개념도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0021] 이하, 본 발명에 관련된 열교환기의 이물질 부착 방지 장치 및 방법에 대하여 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다.
- [0022] 본 발명을 설명함에 있어서, 공지된 기능 혹은 구성에 대해 구체적인 설명은 본 발명의 요지를 명료하게 하기 위하여 생략될 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다.

- [0023] 이하에서는 본 발명의 이물질 부착 방지 장치의 작동속로의 피동잔열제거계통에 구비되는 소듐-공기 열교환기에 설치되는 경우를 예로 들어 설명한다. 그러나 본 발명이 반드시 이러한 예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 이물질 부착 방지 장치는 일반적인 열교환기에 설치될 수도 있다.
- [0024] 도 1은 소듐냉각고속로 열수송계통을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 정상운전 중 PHTS 내부의 소듐은 노심에서 고온으로 가열되어, 고온풀에 유입된 후 IHX를 통과하면서 PHTS의 열을 IHTS로 전달하고 냉각된다. IHX를 통과하면서 냉각된 소듐은 저온풀에 모인 후 PHTS 펌프를 거쳐 다시 노심으로 유입되면서 노심, 고온풀, IHX 셸(shell) 측, 저온풀, PHTS 펌프, PHTS 펌프 방출배관 및 노심 입구플레넘(inlet plenum)으로 연결되는 소듐냉각고속로 내부 소듐 풀의 순환유로를 형성한다.
- [0026] 중간열교환기(Intermediate Heat Exchanger: IHX)는 PHTS 소듐으로부터 IHTS 소듐으로 열을 전달하는 열교환기로서, 방사능을 띄는 PHTS 소듐을 비방사능의 IHTS 소듐과 격리시키고 방사성 소듐을 격납경계 내부로 고립시키는 물리적 방벽기능을 제공한다.
- [0027] IHX는 원통 형태로서 PHTS와 IHTS 사이의 열전달을 위한 전열관 다발과 IHTS 소듐의 유동을 위한 통로 역할을 하는 배관으로 구성된다. IHX의 유량분배와 열용력에 의한 구조물의 건전성 유지를 위해 상부 튜브시트는 IHX의 통에 고정되어 있으나, 하부 튜브시트는 floating 형태로 튜브 자체에 의해 지지되는 설계상의 특징을 갖는다.
- [0028] PHTS 소듐은 IHX 셸 측을 통하여 하방향으로 유동하고 중앙배관을 통하여 유입된 저온의 IHTS 소듐은 전열관 내부를 통해 상방향으로 유동하는 대향류(counter-current flow) 열교환 방식이다. PHTS 소듐은 고온풀에서 IHX의 상부 튜브시트 바로 아래에 있는 IHX 입구노즐을 통하여 유입된 후, 전열관 다발을 거쳐 하방향으로 유동하여 IHX 토출 노즐을 통해 저온풀로 방출된다. 이와 같은 유동에 의하여 IHX의 셸 측에서 발생하는 압력 손실은 정상운전 중 저온풀과 고온풀의 액위 차이로 나타나게 된다.
- [0029] 소듐냉각고속로의 잔열제거는 증기발생계통(SGS)의 복수기 냉각, 능동형 잔열제거계통(Active Decay Heat Removal System: ADHRS), 그리고 피동형 잔열제거계통(Passive Decay Heat Removal System: PDHRS)을 통해서 이루어진다. PHTS, IHTS 및 SGS 주복수기 냉각으로 이루어지는 정상 열제거 경로는 정상출력운전 모드 및 출력운전에서 재장전 모드에 이르는 발전소 계획정지 시에 활용된다. 중간열교환기의 전열관 막힘 또는 증기발생기 급수계통의 파손 및 유지/보수 등으로 인해 정상 열전달 경로의 사용이 불가능한 경우에는 노심 및 소듐 냉각재 압력경계의 온도 제한치를 초과하지 않고 계통을 안전한 상태로 냉각할 수 있도록 적절한 비상노심 잔열제거 방법이 제공되어야 한다. 이들 잔열제거계통 중 SGS와 ADHRS는 능동형 계통이며, PDHRS는 피동형 잔열제거계통으로 운전원의 개입 없이도 신뢰성 높은 비상 잔열제거 수단을 제공하도록 설계된 것이 특징이다.
- [0030] 안전등급 잔열제거계통(Decay Heat Removal System: DHRS)은 발전소 수명기간 동안에 어떠한 형태의 설계기준 사고가 발생하더라도 소듐냉각고속로의 열을 최종 열침원인 대기 중으로 제거할 수 있는 안정적인 성능이 확보되어야 한다. 소듐냉각고속로의 안전등급 잔열제거계통은 ADHRS와 PDHRS로 분류되며, 다양성(diversity) 및 다중성(redundancy) 확보를 위해 독립적인 4개의 잔열제거 루프(PDHRS 루프 2개 및 ADHRS 루프 2개)로 구성된다.
- [0031] 소듐냉각고속로의 안전등급 잔열제거계통은 노심 잔열을 포함하는 일차계통 열제거를 위해 소듐냉각고속로 풀에 DHX(sodium-to-sodium Decay Heat Exchanger)를 설치하고, 별도의 제열용 소듐 루프에 연결된 소듐-공기 열교환기를 이용하여 계통의 열을 최종 열침원인 대기 중으로 방출시키는 개념이다. PHTS의 방사화된 소듐은 DHX에서 방사화되지 않은 순수 소듐인 ADHRS 및 PDHRS 루프의 소듐과 물리적으로 분리된 상태에서 열교환을 수행하므로, 소듐-공기 열교환기에서의 소듐 전열관 결함이 발생하더라도 대기 중으로의 방사능 누출을 원천적으로 방지할 수 있다.
- [0032] 소듐냉각고속로 풀(pool)에서 대기로 이어지는 일련의 열제거 경로 상에서 소듐-공기 열교환기 셸측의 공기측 대류 전열저항은 전체 전열저항의 97% 이상을 차지하므로, 소듐-공기 열교환기의 성능이 전체 잔열제거계통 성능을 결정하는 중요한 인자가 된다. 따라서 소듐냉각고속로의 잔열제거계통은 다양성 및 다중성 확보를 위하여 능동형 및 피동형 잔열제거계통에 서로 다른 형태의 소듐-공기 열교환기를 도입하였다. 능동형 ADHRS 계통은 공기 송풍기(blower)를 이용한 강제통풍 냉각을 수행하므로 핀(fin)이 부착된 직관형 소듐 전열관을 사용하는 FHX(Forced-draft sodium-to-air Heat Exchanger)를 적용하였다. 반면, 피동형 PDHRS의 경우에는 능동형 기기의 사용 없이 자연통풍에 의한 공기냉각을 수행하므로 핀(fin)이 없는 헬리컬(helical) 형태의 소듐 전열관을 다중 열(row)로 배치하는 개념의 AHX(sodium-to-Air Heat Exchanger)를 적용하여 핀(fin) 없이도 전열면적을 극대화할 수 있도록 설계되었다.

- [0033] 소듐-소듐 잔열교환기(DHX)는 소듐냉각고속로 정지 후 노심 잔열 발생에 의해 PHTS 소듐 풀에 축적된 열을 소듐 냉각고속로 건물 상단에 설치된 소듐-공기 열교환기(AHX, FHX)와 연결된 잔열제거 소듐 루프로 전달하는 기능을 수행할 뿐만 아니라, 방사화된 PHTS의 소듐이 잔열제거 소듐루프 또는 격납계통 외부로 누출되지 않도록 하는 방벽 기능을 수행하는 기기이다. 따라서 소듐-공기 열교환기 전열관 등에서의 예기치 않은 소듐 누설 등에 대비하여 DHX 전열관의 건전성 유지가 매우 중요하다.
- [0034] shell-and-tube 타입 열교환기인 DHX는 소듐냉각고속로 저온 소듐 풀에 배치된다. PHTS 소듐이 DHX 셸 측을 통하여 하방향으로 유동하고 DHX 중앙의 소듐 하향유로 배관을 통하여 유입된 저온의 잔열제거 루프 소듐은 전열관의 내부를 통해 상방향으로 유동하면서 열교환을 수행하는 대향류(counter-current flow) 방식의 열교환기 구조를 갖는다. 저온 풀 상부의 소듐은 DHX의 상부 튜브시트 바로 아래에 있는 DHX 입구노즐을 통하여 유입된 후 DHX 전열관 다발을 거쳐 하방향으로 유동하면서 냉각되며, DHX를 거치면서 냉각된 PHTS 소듐은 DHX 하부에 위치하는 출구노즐을 통해 저온 소듐 풀 하부 지역으로 방출된다.
- [0035] 전열관측 소듐은 잔열제거 루프 저온관(cold-leg)과 연결되어 열교환기 중앙에 위치하는 저온 소듐 하향유로관(cold sodium downcomer)을 통해 DHX 하부 소듐 챔버(Lower Sodium Chamber)로 유입된 후, DHX 하부 튜브시트를 통해 각각의 소듐 전열관으로 분배되도록 설계되었다. 이 때, DHX의 중앙 하향유로관은 전열관 측 하향 소듐이 DHX 하부 소듐챔버(Lower Sodium Chamber)로 유입되기 전에 셸 측 고온 소듐에 의해 가열되는 것을 방지하기 위해서 이중관으로 설계하였다. 이 경우 단일관 사용시에 비해 이중관 사이의 가스층에 의해 DHX 셸 측 고온 소듐에서 하향유로관으로의 열속을 감소시켜 DHX 하부 소듐챔버로 유입되는 소듐의 온도 상승을 억제하는 효과가 있다.
- [0036] 각각의 전열관으로 유입된 저온 소듐은 직관형 전열관 내부를 따라 수직 상방향으로 유동하면서 PHTS 고온 소듐과의 대향류(Counter-current Flow) 열교환을 수행하는 구조이다. DHX 전열관에서 가열된 소듐은 DHX 상단의 동축배관부 소듐 챔버(co-axial part sodium chamber)에서 다시 모여 잔열제거 루프의 고온관(hot-leg)을 통해 소듐-공기 열교환기로 순환하면서 DHX → 잔열제거루프 고온관 → 소듐-공기 열교환기 → 잔열제거루프 저온관 → DHX로 구성되는 폐순환 유로를 형성하여 계통의 열을 대기중으로 방출한다.
- [0037] 이하, 소듐냉각고속로의 피동잔열제거계통에 구비되는 소듐-공기 열교환기에 이물질이 부착되는 것을 방지하거나 붙어있는 이물질을 떼어낼 수 있는 장치 및 방법에 대하여 설명한다.
- [0038] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 소듐냉각고속로(10)의 피동잔열제거계통(100)을 보인 개념도이다.
- [0039] 소듐냉각고속로(10) 내부에는 노심(11)의 열로 뜨거워진 소듐(H)과 노심(11) 바깥쪽의 차가운 소듐(C)이 펌프(12)로 인해 1차적으로 순환된다. 또한, 소듐냉각고속로(10)에는 피동잔열제거계통(100)이 구비되어, 전원이 끊겨 펌프(12)가 작동하지 않아도 자연적인 대류 현상을 이용하여 노심(11) 안쪽의 뜨거운 소듐(H)을 냉각시킬 수 있도록 구성된다.
- [0040] 피동잔열제거계통(100)은 소듐냉각고속로(10) 내부에 설치되는 소듐-소듐 열교환기(DHX, 13) 및 외부에 설치되는 소듐-공기 열교환기[AHX(110), FHX]가 배관으로 연결된 구조를 가진다. 본 도면에서는 소듐-소듐 열교환기(13)에 자연 냉각 소듐-공기 열교환기(110)가 연결된 구조를 예시하고 있다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 소듐-소듐 열교환기(13)에는 강제 순환 소듐-공기 열교환기(FHX)가 연결될 수도 있고, 도 1에 도시된 바와 같이 피동잔열제거계통(100)은 자연 냉각 소듐-공기 열교환기(110)와 강제 순환 소듐-공기 열교환기(FHX)를 모두 구비할 수도 있다.
- [0041] 노심(11)의 뜨거운 소듐에 의해 데워진 소듐-소듐 열교환기(13)의 소듐은 배관을 타고 소듐-공기 열교환기(110)로 전달된다. 소듐-공기 열교환기(110)에서는 차가운 공기가 지나가며 배관 내의 소듐을 식힌다. 차가워진 소듐은 다시 배관을 타고 소듐-소듐 열교환기(13)로 돌아가 소듐냉각고속로(10) 내부의 소듐을 식힌다.
- [0042] 이처럼, 피동잔열제거계통(100)은 전력 없이 소듐의 온도 차이만으로 무한 순환하는 냉각 시스템이다.
- [0043] 소듐-공기 열교환기(110)는 외부 챔버(111) 및 내부 챔버(112)를 포함한다.
- [0044] 외부 챔버(111)는 내부 챔버(112)를 수용하고, 소듐을 냉각시키는 외부 공기가 유입 및 유출되는 공기 유입구와 공기 유출구를 각각 구비한다.
- [0045] 내부 챔버(112)는 소듐이 흐르는 전열관 튜브(113)를 구비한다. 내부 챔버 상부(112a)와 내부 챔버 하부(112b) 사이에는 전열관 튜브(113)를 지지하는 튜브 시트(114)가 추가로 구비될 수 있다. 강제 순환 소듐-공기 열교환



기(FHX)의 경우에는, 공기의 강제 유입을 위한 핀(fin)이 추가로 구비될 수 있다.

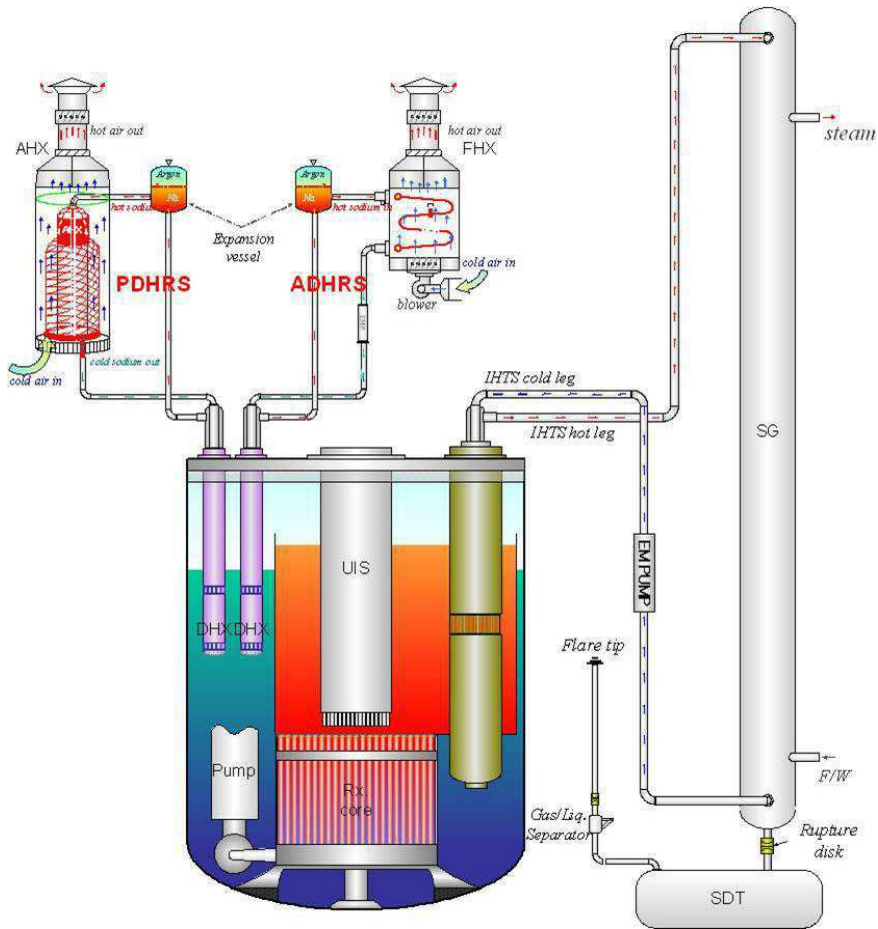
- [0046] 소뚝 냉각 고속로에 연결되는 자연 냉각 소뚝-공기 열교환기(110) 또는 강제 순환 소뚝-공기 열교환기(FHX)는 소뚝을 사용하기 때문에, 만일 전열관 튜브(113)를 물로 세척할 경우 급격히 냉각되어 소뚝 순환이 정지될 수 있다. 따라서, 전열관 튜브(113)의 물 세척은 금지되어 있다.
- [0047] 소뚝냉각고속로(10)의 피동전열제거계통(100)에는 소뚝-공기 열교환기(110)의 이물질 부착 방지 장치가 구비된다. 이물질 부착 방지 장치는 소뚝-공기 열교환기(110)에 초음파를 인가하여, 전열관 튜브(113)에 미세 진동을 발생시킴으로써, 전열관 튜브(113)에 이물질이 부착되는 것을 방지하거나 부착된 이물질을 떼어내도록 이루어진다.
- [0048] 이물질 부착 방지 장치는 초음파 발생부(120) 및 초음파 인가부(130)를 포함한다.
- [0049] 초음파 발생부(120)는 초음파를 발생시키도록 이루어진다. 초음파 발생부(120)는 사인파, 삼각파, 사각파, 혼합파 등 다양한 형태의 초음파를 발생시킬 수 있다.
- [0050] 초음파 발생부(120)에 의하여 발생하는 초음파는 소뚝-공기 열교환기(110)의 내부 챔버(112)를 공진시키는 공진 주파수 범위 내의 주파수를 가진다. 소뚝-공기 열교환기(110)에 최대 공진주파수에 대응되는 초음파가 인가되는 경우, 공진의 정도가 심해져 소뚝-공기 열교환기(110)의 정상 구동에 영향이 미칠 수 있다. 이를 고려하여, 상기 초음파는 최대 공진주파수보다 작은 공진주파수(예를 들어, 최대 공진주파수의 90% 이상 98% 이하)를 가지는 것이 바람직하다.
- [0051] 초음파 인가부(130)는 소뚝-공기 열교환기(110)와 초음파 발생부(120)를 연결하고, 소뚝-공기 열교환기(110)의 전열관 튜브(113)에 미세 진동을 발생시켜 이물질의 부착을 방지하도록, 발생된 초음파를 소뚝-공기 열교환기(110)에 인가하도록 이루어진다.
- [0052] 초음파 인가부(130)는 초음파 방출 센서(131, 도 3 참조) 및 초음파 도파봉(132, 도 3 참조)을 포함한다.
- [0053] 초음파 방출 센서(131)는 초음파 발생부(120)와 연결되어, 발생된 초음파를 방출한다.
- [0054] 초음파 도파봉(132)은 초음파 방출 센서(131) 및 소뚝-공기 열교환기(110)와 각각 연결되어, 초음파 방출 센서(131)로부터 방출된 초음파를 소뚝-공기 열교환기(110)에 전달한다.
- [0055] 한편, 상기 초음파가 소뚝-공기 열교환기(110)의 일측에만 인가되면 타측에는 미세 진동이 발생되지 않아 이물질의 부착 방지 효과가 떨어질 수 있다. 미세 진동이 전열관 튜브(113) 전체에 걸쳐 발생할 수 있도록, 상기 초음파는 소뚝-공기 열교환기(110)의 복수의 개소에 각각 인가될 수 있다.
- [0056] 이를 위하여, 초음파 인가부(130)는, 초음파 발생부(120)에서 발생된 초음파를 초음파 방출 센서(131)의 개수에 대응하여 분배하는 초음파 분배기(133)를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 도시된 바와 같이, 초음파 방출 센서(131)가 내부 챔버 상부(112a) 두 곳과 내부 챔버 하부(112b) 두 곳에 각각 초음파를 방출하도록 네 개가 마련된 경우, 초음파 분배기(133)는 초음파 발생부(120)에서 발생된 초음파를 분배하여 각각의 초음파 방출 센서(131)로 보낼 수 있다.
- [0057] 이에 의하면, 초음파 발생부(120) 하나로 복수의 개소에 초음파를 인가할 수 있으므로, 장치가 보다 효율적으로 구성될 수 있다. 또한, 복수의 초음파 방출 센서(131)를 사용하기 때문에, 어느 하나의 초음파 방출 센서(131)가 고장나더라도 이물질 부착 방지의 기능 상실은 일어나지 않는다.
- [0058] 한편, 초음파 인가부(130)는, 복수의 초음파 방출 센서(131) 중 어느 하나와 다른 하나가 서로 다른 시간에 초음파를 방출하도록, 초음파 분배기(133)를 제어하는 컨트롤러(134)를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 컨트롤러(134)는 복수의 초음파 방출 센서(131)가 차례로 초음파를 방출하고, 어느 하나가 온(on) 상태(초음파 방출)에서 다른 하나는 오프(off) 상태(초음파 미방출)에 놓이도록 초음파 분배기(133)를 제어할 수 있다.
- [0059] 이에 의하면, 모든 초음파 방출 센서(131)가 상시 작동하지 않아 소모 전력이 감소될 수 있다.
- [0060] 도3은 초음파 도파봉(132)과 초음파 방출 센서(131)가 소뚝-공기 열교환기(110)에 설치되는 일 예를 보인 개념도이다.
- [0061] 도 3을 참조하면, 초음파를 방출하는 초음파 방출 센서(131) 및 방출된 초음파를 전달하는 초음파 도파봉(132)은 내부 챔버 상부(112a)와 내부 챔버 하부(112b)에 각각 설치될 수 있다[본 도면에서는 편의상 초음파 방출 센서(131)와 초음파 도파봉(132)이 내부 챔버 상부(112a)에 설치된 것만 도시하였다].



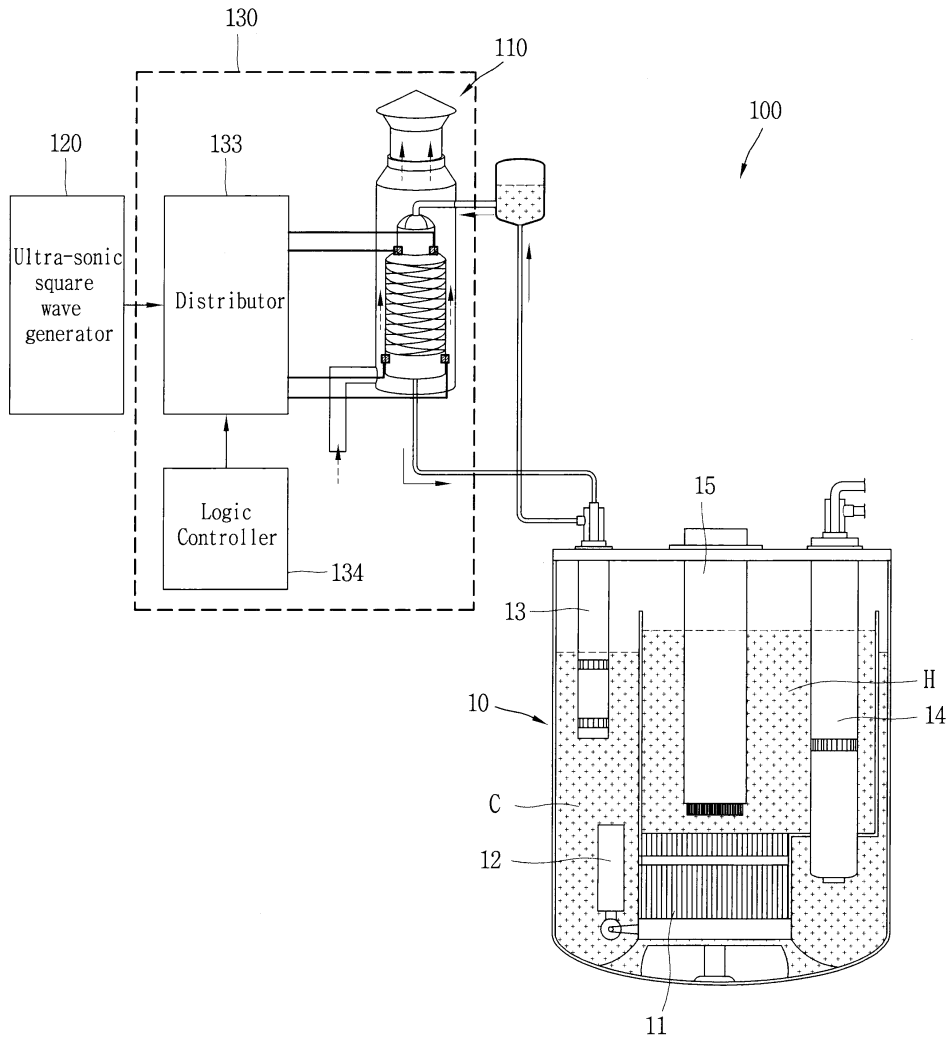


도면

도면1



도면2



도면3

