



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월16일
(11) 등록번호 10-1706476
(24) 등록일자 2017년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21C 15/16 (2006.01) G21C 19/07 (2006.01)
G21F 7/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G21C 15/16 (2013.01)
G21C 19/07 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0173175
(22) 출원일자 2015년12월07일
심사청구일자 2015년12월07일
(56) 선행기술조사문헌
JP2013057578 A*
KR1020080044388 A*
KR200294569 Y1*
JP06012370 Y2
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
(72) 발명자
김종수
부산광역시 수영구 황령대로 431 106동 101호 (남
천동, 동원아파트)
황언화
부산광역시 사하구 다대낙조2길 50 208동 910호
(다대동, 물운대아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
조영현

전체 청구항 수 : 총 5 항

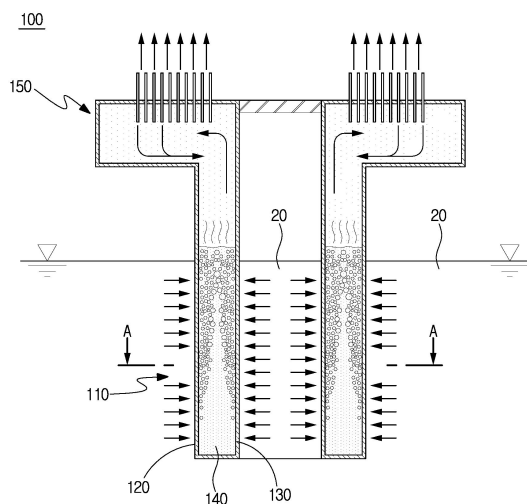
심사관 : 이용호

(54) 발명의 명칭 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치

(57) 요약

본 발명은 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치에 관한 것으로서, 본 발명에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치는 외측 파이프와 내측 파이프로 형성된 이중관 구조로서, 외측 파이프와 내측 파이프 사이의 환형 공간 내에 작동 유체가 저장되는 환형의 증발부 및 증발부의 상부에 형성되어 기화된 작동 유체를 응축시키는 응축부를 포함하며, 증발부의 작동 유체는 냉각수와 열교환으로 기화되어 상부의 응축부로 상승하고, 응축부에서 열교환으로 응축되어 다시 작동 유체의 응축액이 증발부로 하강하는 것을 반복하며 냉각수를 냉각시키는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G21F 7/00 (2013.01)

(72) 발명자

박상진

부산광역시 남구 우암로2번길 5 104동 1706호 (감만동, 현대1차아파트)

김준하

부산광역시 북구 학사로17번길 31 104동 2003호 (화명동, 수정강변타운아파트)

배재영

경상남도 김해시 금관대로1347번길 14 102호 (내동)

명세서

청구범위

청구항 1

사용후 핵연료 저장조에 담긴 냉각수를 냉각하는 냉각장치에 있어서,

외측 파이프와 내측 파이프를 형성된 이중관 구조로서, 상기 외측 파이프와 상기 내측 파이프 사이의 환형 공간 내에 작동 유체가 저장되고, 상기 외측 파이프 및 상기 내측 파이프는 상기 냉각수에 노출되는 환형의 증발부; 및

상기 증발부의 상부에 형성되어 기화된 상기 작동 유체를 응축시키는 응축부를 포함하며,

상기 증발부의 작동 유체는 상기 외측 파이프 및 상기 내측 파이프에서 상기 냉각수와의 열교환으로 기화되어 상부의 상기 응축부로 상승하고, 상기 응축부에서 열교환으로 응축되어 다시 상기 작동 유체의 응축액이 증발부로 하강하는 것을 반복하는 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치.

청구항 2

사용후 핵연료 저장조에 담긴 냉각수를 냉각하는 냉각장치에 있어서,

외측 파이프와 상기 외측 파이프 내부의 다수의 내측 파이프를 형성된 구조로서, 상기 외측 파이프와 상기 내측 파이프 사이의 공간 내에 작동 유체가 저장되고, 상기 외측 파이프 및 상기 내측 파이프는 상기 냉각수에 노출되는 증발부; 및

상기 증발부의 상부에 형성되어 기화된 상기 작동 유체를 응축시키는 응축부를 포함하며,

상기 증발부의 작동 유체는 상기 외측 파이프 및 상기 내측 파이프에서 상기 냉각수와의 열교환으로 기화되어 상부의 상기 응축부로 상승하고, 상기 응축부에서 열교환으로 응축되어 다시 상기 작동 유체의 응축액이 증발부로 하강하는 것을 반복하는 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 외측 파이프의 내측면과 상기 내측 파이프의 외측면 중 적어도 어느 하나는 소결 처리되는 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 외측 파이프의 내측면과 상기 내측 파이프의 외측면 중 적어도 어느 하나는 단면에 음각의 홈이 형성되며, 상기 음각의 홈은 안쪽으로 갈수록 수용공간이 넓어지는 형태인 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 응축부에서 응축된 작동 유체를 상기 증발부로 이송하도록 상기 응축부와 상기 증발부 사이에 형성되는 하강관을 더 포함하는 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 사용후 핵연료 저장조에 담긴 냉각수를 전력 공급 없이 냉각시킬 수 있는 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 사용후 핵연료에는 방사성 핵종의 붕괴로 인한 붕괴열이 발생하기 때문에 이를 냉각시켜주는 냉각장치가 필요하다. 사용후 핵연료를 냉각수가 담긴 저장조에 저장하는 습식저장 방법은 가장 일반적으로 사용되어온 사용후 핵연료 저장기술이다.
- [0003] 이러한 방법에 있어서, 종래에는 펌프와 열교환기를 이용한 냉각수의 능동적 순환방식으로 냉각이 이루어졌는데, 사고가 발생하여 전력 공급에 차질이 발생하면 작동이 불가능하여 냉각수의 증발에 의한 고갈에 의해 핵연료가 공기중에 노출되는 심각한 문제점이 있었다.
- [0004] 후쿠시마 원전사고 이후 사용후 핵연료의 안전 저장을 위한 대안으로서 히트파이프를 이용한 피동냉각 방식의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 하지만, 종래에는 히트파이프 냉각 시스템의 증발기 형태를 원통으로 제작하여 열전달 효과가 작았다. 따라서, 종래에는 냉각수를 임계온도 이하의 온도로 냉각시키기 위해 히트파이프의 개수가 많아지게 되어, 설치공간의 제약을 받게 되고, 제작 및 설치 비용이 많이 들고, 유지 보수에 어려움이 발생하는 문제점이 발생하였다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 공개번호 10-2014-0058544

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 따라서, 본 발명의 목적은 이와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 증발부를 외측 파이프 및 내측 파이프에 의해 형성된 환형(ANNULAR)의 형태로 구성하여 냉각수와 열전달 면적을 확대시킬 수가 있어서 저장조에 설치되는 히트파이프의 개수를 줄일 수가 있기 때문에, 설치 공간을 줄일 수 있고 설치 및 유지 보수 비용을 줄일 수 있는 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치를 제공함에 있다.
- [0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기 목적은, 본 발명에 따라, 사용후 핵연료 저장조에 담긴 냉각수를 냉각하는 냉각장치에 있어서, 외측 파이프와 내측 파이프에 의해 형성된 이중관 구조로서, 상기 외측 파이프와 상기 내측 파이프 사이의 환형 공간 내에 작동 유체가 저장되는 환형의 증발부 및 상기 증발부의 상부에 형성되어 기화된 상기 작동 유체를 응축시키는 응축부를 포함하며, 상기 증발부의 작동 유체는 상기 냉각수와 열교환으로 기화되어 상부의 응축부로 상승하고, 상기 응축부에서 열교환으로 응축되어 다시 상기 작동 유체의 응축액이 증발부로 하강하는 것을 반복하는 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치에 의해 달성될 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 목적은, 본 발명에 따라, 사용후 핵연료 저장조에 담긴 냉각수를 냉각하는 냉각장치에 있어서, 외측 파이프와 상기 외측 파이프 내부의 다수의 내측 파이프에 의해 형성된 구조로서, 상기 외측 파이프와 상기 내측 파이프 사이의 공간 내에 작동 유체가 저장되는 증발부; 및 상기 증발부의 상부에 형성되어 기화된 상기 작동 유체를 응축시키는 응축부를 포함하며, 상기 증발부의 작동 유체는 상기 냉각수와 열교환으로 기화되어 상부의 응축부로 상승하고, 상기 응축부에서 열교환으로 응축되어 다시 상기 작동 유체의 응축액이 증발부로 하강하는 것을 반복하는 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치에 의해 달성될 수 있다.
- [0010] 여기서, 상기 외측 파이프의 내측면과 상기 내측 파이프의 외측면 중 적어도 어느 하나는 소결 처리되는 것이 바람직하다.
- [0011] 여기서, 상기 외측 파이프의 내측면과 상기 내측 파이프의 외측면 중 적어도 어느 하나는 단면에 음각의 홈(REENTRANT CAVITY)이 형성되며, 상기 음각의 홈은 안쪽으로 갈수록 수용공간이 넓어지는 형태인 것이 바람직하다.

다.

[0012] 또한, 상기 응축부에서 응축된 작동 유체를 상기 증발부로 이송하도록 상기 응축부와 상기 증발부 사이에 형성되는 하강관을 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0013] 상기한 바와 같은 본 발명의 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치에 따르면 증발부를 외측 파이프 및 내측 파이프로 환형의 형태로 구성하여 냉각수와 열전달 면적을 확대시킬 수가 있어서 저장조에 설치되는 히트파이프의 개수를 줄일 수가 있기 때문에 설치공간을 줄일 수 있고 설치 및 유지 보수 비용을 줄일 수 있다는 장점이 있다.

[0014] 또한, 증발부의 외측 파이프와 내측 파이프 사이의 좁은 환형 간극에서 작동 유체의 핵비등이 촉진되어 열전달 성능이 향상된다는 장점도 있다.

[0015] 또한, 본 발명에 따라 외측 파이프와 내측 파이프를 이용하여 증발부를 제작하면 원통형 증발기에 비해 적은 작동 유체로 히트파이프의 작동이 가능하다는 장점도 있다.

[0016] 또한, 외측 파이프의 내측면과 내측 파이프의 외측면에 소결 처리 또는 음각의 홈을 형성하도록 하여 열전달 성능을 더 향상시킬 수 있다는 장점도 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치가 사용되는 사용후 핵연료 저장조를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치의 단면도이다.

도 3은 도 2의 A-A선에 따른 단면도이다.

도 4는 외측 파이프와 내측 파이프 사이의 간극에 따른 열전달 효율을 시험하기 위한 루프 히트파이프의 단면도이다.

도 5는 도 4의 실제 사진과 함께 온도 측정 지점을 도시한 사진이다.

도 6은 외측 파이프와 내측 파이프 사이의 간극에 따라 측정된 온도분포를 도시한 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 외측면에 소결 처리를 한 내측 파이프의 사진 및 외측면 표면을 확대하여 도시한 도면이다.

도 8은 본 발명의 다른 일 실시예에 따라 외측면에 음각의 홈이 형성된 내측 파이프의 사진 및 외측면 표면을 확대하여 도시한 도면이다.

도 9는 증발부의 표면 형상에 따라 측정된 온도분포를 도시한 그래프이다.

도 10은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치의 증발부의 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

[0019] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0020] 이하, 본 발명의 실시예들에 의하여 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치를 설명하기 위한 도면들을 참고하여 본 발명에 대해 설명하도록 한다.

[0021] 본 발명에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치를 설명하기에 앞서 본 발명의 냉각장치가 사용되는 사용후 핵연료 저장조를 간단하게 설명하기로 한다.

- [0022] 도 1은 본 발명에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치가 사용되는 사용후 핵연료 저장조를 개략적으로 도시한 도면이다.
- [0023] 사용후 핵연료(30)에서 발생하는 붕괴열에 의해 사용후 핵연료 저장조(10)에 담긴 냉각수(20)의 온도는 상승하게 된다. 본 발명에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치(100)는 후술할 증발부(110)가 냉각수(20)에 담기도록 설치되어 냉각수(20)의 온도가 60℃ 정도로 유지되도록 냉각수(20)의 온도 상승을 제어한다. 도 1에서는 냉각장치(100)가 한 개만 도시되어 있지만, 필요에 따라 복수개 형성될 수도 있다.
- [0024] 종래에는 전기 공급으로 작동하는 냉동기와 펌프를 이용하여 냉각수를 강제로 순환시키며 냉각수를 냉각시켰지만, 본 발명에서는 루프 히트파이프를 이용한 냉각장치(100)를 이용하여 별도의 전기 공급 없이 냉각수(20)를 냉각시킬 수가 있어서 사고가 발생하여 전기 공급을 할 수가 없는 경우에도 냉각수(20)를 냉각시킬 수가 있다.
- [0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치의 단면도이고, 도 3은 도 2의 A-A선에 따른 단면도이다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치(100)는 증발부(110) 및 응축부(150)를 포함하여 구성될 수가 있다.
- [0027] 도 2 및 도 3에 도시되어 있는 것과 같이 증발부(110)는 외측 파이프(120)와 내측 파이프(130)로 형성된 이중관 구조로서, 냉각수(20)에 담기는 외측 파이프(120)와 내측 파이프(130)의 일단은 냉각수(20)가 유입되지 않도록 차폐되어, 외측 파이프(120)와 내측 파이프(130) 사이의 환형 공간에는 열교환을 수행하는 작동 유체(140)가 저장될 수 있다. 도 2에 도시되어 있는 것과 같이, 본 발명에서는 증발부(110)가 냉각수(20)에 잠길 때 외측 파이프(120)의 외측면과 내측 파이프(130)의 내측면이 모두 냉각수(20)에 노출되기 때문에, 환형 공간에 저장된 작동 유체(140)는 외측 파이프(120)와 내측 파이프(130)에서 동시에 열교환을 수행할 수 있다.
- [0028] 이때, 외측 파이프(120)와 내측 파이프(130)는 구리나 동과 같은 열전달률이 높은 금속으로 제작되는 것이 바람직하다.
- [0029] 외측 파이프(120)와 내측 파이프(130)를 통해 냉각수(20)로부터 열을 전달 받은 작동 유체(140)는 기화하여 작동 유체(140) 내부에 버블을 형성할 수가 있다. 본 발명에서 증발부(110)의 외측 파이프(120)와 내측 파이프(130) 사이의 좁은 환형 공간은 작동 유체(140)의 핵비등을 촉진시킬 수가 있고, 발생한 버블에 의해 작동 유체(140)가 펌핑됨으로써 작동 유체(140)의 유동 속도를 증가시킬 수가 있어서 열전달 성능을 향상시킬 수가 있다.
- [0030] 기화된 작동 유체(140)는 상승하여 후술할 응축부(150)로 이동한다.
- [0031] 응축부(150)는 증발부(110)의 상부에 형성되어 기화된 작동 유체(140)가 유입되고, 기화된 작동 유체(140)는 응축부(150)에서 공기와 열교환하여 외부로 열을 발산하고 다시 응축된다. 응축된 작동 유체(140)는 중력에 의해 아래에 있는 증발부(110)로 다시 유입되게 된다. 도시되지 않았지만 응축부(150)와 증발부(110) 사이의 일 영역에는 응축부(150)에서 응축된 작동 유체(140)가 다시 증발부(110)로 이동하도록 안내하는 하강관이 형성될 수 있다.
- [0032] 진술한 바와 같이 증발부(110)에서 열교환에 의해 냉각수(20)의 열을 작동 유체(140)가 흡입하고 응축부(150)에서 열교환에 의해 작동 유체(140)의 열을 주위 공기로 방출하는 과정을 반복하며, 작동 유체(140)는 증발부(110)와 응축부(150) 사이를 순환하며 연속적으로 냉각수(20)의 열을 외부로 방출할 수가 있다.
- [0033] 이하, 도 4 내지 도 6을 참조로 외측 파이프(120)와 내측 파이프(130) 사이의 간극에 따른 히트파이프의 열전달 성능을 설명하기로 한다.
- [0034] 도 4는 외측 파이프와 내측 파이프 사이의 간극에 따른 열전달 효율을 시험하기 위한 루프 히트파이프의 단면도이고, 도 5는 도 4의 실제 사진과 함께 온도 측정 지점을 도시한 사진이고, 도 6은 외측 파이프와 내측 파이프 사이의 간극에 따라 측정된 온도분포를 도시한 그래프이다.
- [0035] 도 4 및 도 5에 도시되어 있는 것처럼, 본 발명에서와 같이 외측 파이프(220)와 내측 파이프(230)로 구성된 환형 튜브 형상의 증발부(210) 및 증발부(210) 내부의 작동 유체(240)가 증발하여 순환하며 주위 공기와 열교환을 하도록 형성된 응축부(250)로 구성된 히트파이프(200)를 제작하고, 내측 파이프(230)의 안쪽에 열원(280)을 제공하여 시간에 따른 온도 분포를 측정하였다. 이때, 외측 파이프(220)와 내측 파이프(230) 사이의 간극이 각각 0.79mm, 2.17mm, 3.76mm인 히트파이프(200)에 대해서 시간에 따른 온도를 측정하였다.
- [0036] 도 5에 도시되어 있는 것과 같이 온도 측정 지점은 증발부(210) 내 열원(280)과 근접하는 면(HS: Heating

Surface), 증발부(210) 내부 지점(ES: Evaporating Section), 및 도시된 응축부(250)의 5 지점(CS1~CS5: Condensing Section)에서 열전대(Thermocouple)를 이용하여 온도를 측정하였다.

- [0037] 도 6의 (a), (b), (c)는 각각 외측 파이프(220)와 내측 파이프(230) 사이의 간극이 0.79mm, 2.17mm, 3.76mm 일 때의 시간에 따른 온도 분포를 도시하고 있는데, 간극에 따라서 온도 분포가 다를 수 있고, 간극이 2.17mm 일 때 냉각 효과가 가장 잘 나타남을 알 수 있다. 따라서, 본 발명에 따라 외측 파이프(120)와 내측 파이프(130)로 환형의 증발부(110)를 이용하여 냉각수(20)를 냉각시킬 때 두 파이프(120, 130) 사이의 간극이 냉각 성능에 있어서 중요한 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.
- [0038] 다음, 외측 파이프(120)의 내측면과 내측 파이프(130)의 외측면의 표면 형상에 따른 열전달 효율을 설명하기로 한다.
- [0039] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 외측면에 소결 처리를 한 내측 파이프의 사진 및 외측면 표면을 확대하여 도시한 도면이고, 도 8은 본 발명의 다른 일 실시예에 따라 외측면에 음각의 홈이 형성된 내측 파이프의 사진 및 외측면 표면을 확대하여 도시한 도면이고, 도 9는 증발부의 표면 형상에 따라 측정된 온도분포를 도시한 그래프이다.
- [0040] 도 7의 (a)와 도 8의 (a)는 각각 내측 파이프(230)의 외측면을 찍은 사진인데, 도 7에서는 소결 처리(sintering)된 금속의 내측 파이프(230)를, 도 8에서는 음각의 홈(232)이 형성된 내측 파이프(230)를 도시하고 있다. 이때, 음각의 홈(232)은 도 8의 (b)에 도시되어 있는 것과 같이 안쪽으로 갈수록 작동 유체(240)의 수용 공간이 넓어지도록 홈이 형성된다.
- [0041] 온도 측정 지점은 도 5에 도시된 열원(280)의 중심(HC: Heater Core), 증발부(210) 내 열원(280)과 근접하는 면(HS: Heating Surface), 증발부(210) 내부 지점(ES: Evaporating Section), 및 도시된 응축부(250)의 3 지점(CS1~CS3: Condensing Section)에서 열전대(Thermocouple)를 이용하여 온도를 측정하였다.
- [0042] 도 9의 (a), (b), (c)는 각각 도 5의 형상으로 증발부(210)의 표면이 매끄럽게 제작된 히트파이프(200), 증발부(210)의 표면이 소결 처리된 히트파이프(200), 증발부(210)의 표면에 도 8과 같은 음각의 홈(232)이 형성된 히트파이프(200)에 대하여 시간에 따른 온도 분포를 도시하고 있는데, 증발부(210)의 표면이 매끄러운 경우(도 9의 (a))와 비교하여 증발부(210)의 표면에 소결 처리된 경우(도 9의 (b)) 및 증발부(210)의 표면에 음각의 홈(232)이 형성된 경우(도 9의 (c))가 열전달 성능이 뛰어남을 알 수 있다.
- [0043] 도 7의 (b)에 도시되어 있는 것과 같이 소결 처리된 경우에는, 열전달 면적을 넓힐 수 있을 뿐만 아니라 소결 처리된 입자 사이의 공간에 작동 유체(240)의 핵비등 기포가 상대적으로 오랫동안 체류할 수가 있어서, 열원(280)로부터 전달받은 열로 빠르게 버블젯을 형성할 수가 있다. 마찬가지로, 도 8의 (b)에 도시되어 있는 것과 같이 안쪽으로 갈수록 작동 유체(240)가 수용되는 공간이 넓어지도록 음각의 홈(232)을 형성하면, 열전달 면적을 넓힐 수 있을 뿐만 아니라 음각의 홈(232) 내부 공간에 작동 유체(240)의 핵비등 기포가 상대적으로 오랫동안 체류할 수가 있어서, 열원(280)로부터 전달받은 열로 빠르게 핵비등을 형성할 수가 있다.
- [0044] 따라서, 도 2 내지 도 3을 참조로 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치(100)에 있어서, 외측 파이프(120)의 내측면과 내측 파이프(130)의 외측면을 도 7 및 도 8과 같은 표면 형상을 가지도록 제작하면 빠르게 작동 유체(140)를 비등시켜 버블젯을 형성할 수 있어서, 작동 유체(140)의 순환을 빠르게 하여 냉각 성능을 향상시킬 수가 있다.
- [0045] 이하, 도 10을 참조로 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치를 설명하기로 한다.
- [0046] 도 10은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치의 증발부의 단면도이다.
- [0047] 도 2 내지 도 3을 참조로 설명한 사용후 핵연료 저장조의 냉각수 냉각장치(100)와의 차이점을 중심으로 설명을 하면, 본 실시예에서는 도 3과 비교하여 도 10에 도시되어 있는 것과 같이 외측 파이프(120) 내부에 다수의 내측 파이프(130)가 형성될 수가 있다. 이때, 외측 파이프(120)와 내측 파이프(130) 사이의 공간 내부에 작동 유체(140)가 저장될 수가 있다.
- [0048] 따라서, 본 실시예에서는 외측 파이프(120)의 외측면과 각각의 내측 파이프(130)의 내측면에서 냉각수(20)와 열교환을 수행할 수가 있기 때문에, 도 2 내지 도 3을 참조로 전술한 실시예와 마찬가지로 각 내측 파이프(130)의 내측면에서도 열교환을 수행할 수가 있어서 열교환 면적을 넓힐 수가 있다.

[0049] 본 발명의 권리범위는 상술한 실시예에 한정되는 것이 아니라 첨부된 특허청구범위 내에서 다양한 형태의 실시예로 구현될 수 있다. 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 변형 가능한 다양한 범위까지 본 발명의 청구범위 기재의 범위 내에 있는 것으로 본다.

부호의 설명

- [0050]
- 10: 사용후 핵연료 저장조

20: 냉각수

30: 사용후 핵연료

110, 210: 증발부

120, 220: 외측 파이프

130, 230: 내측 파이프

140, 240: 작동 유체

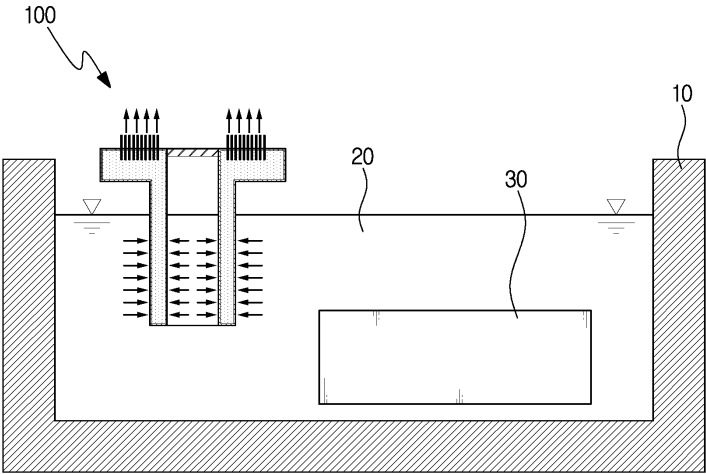
150, 250: 응축부

200: 히트파이프

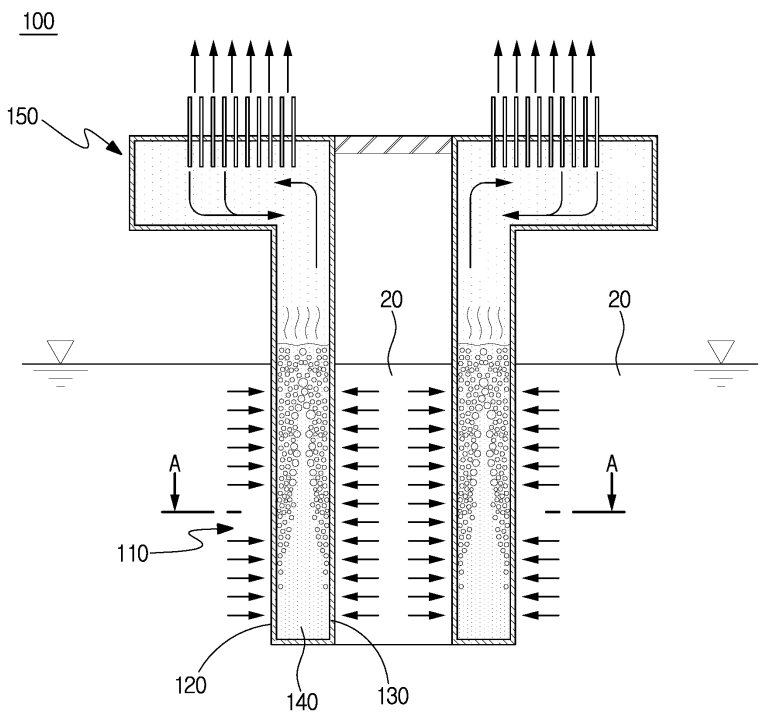
232: 음각의 홈

도면

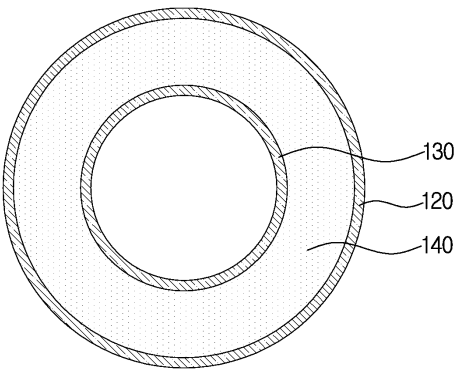
도면1



도면2

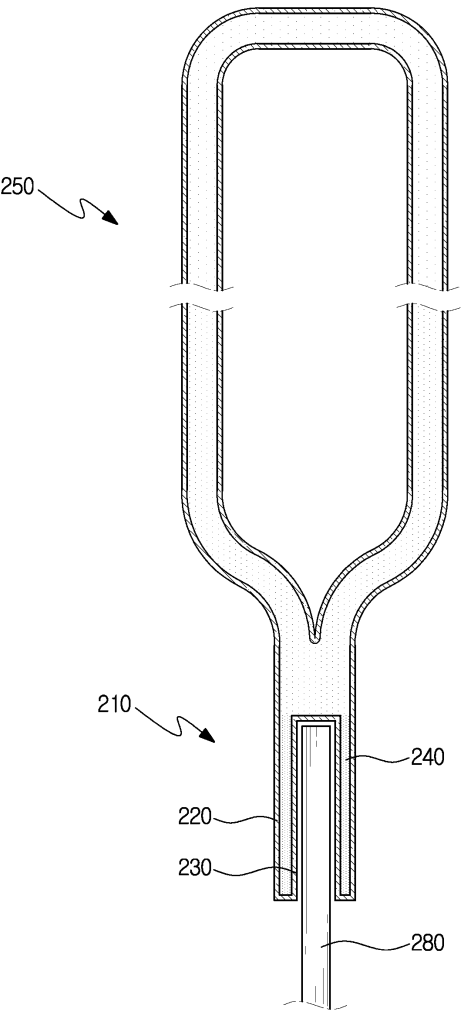


도면3

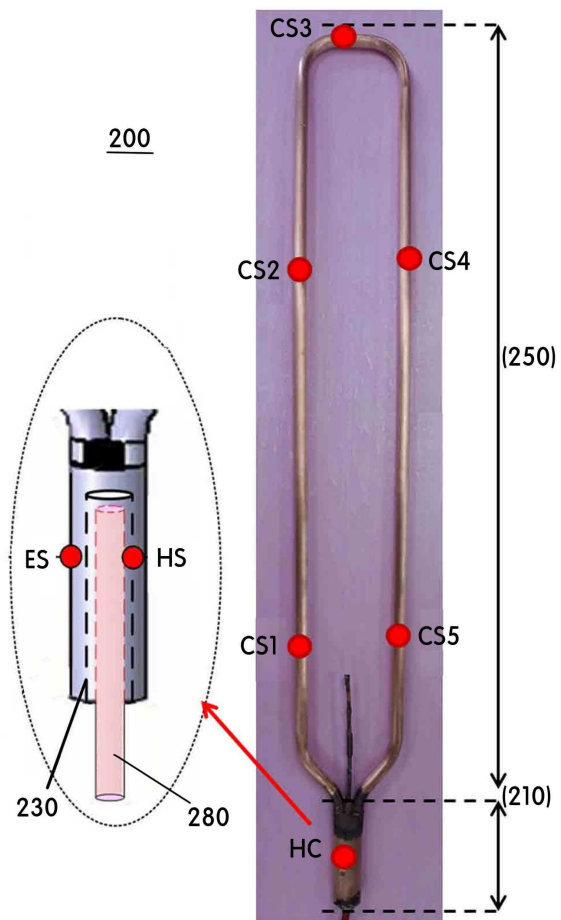


도면4

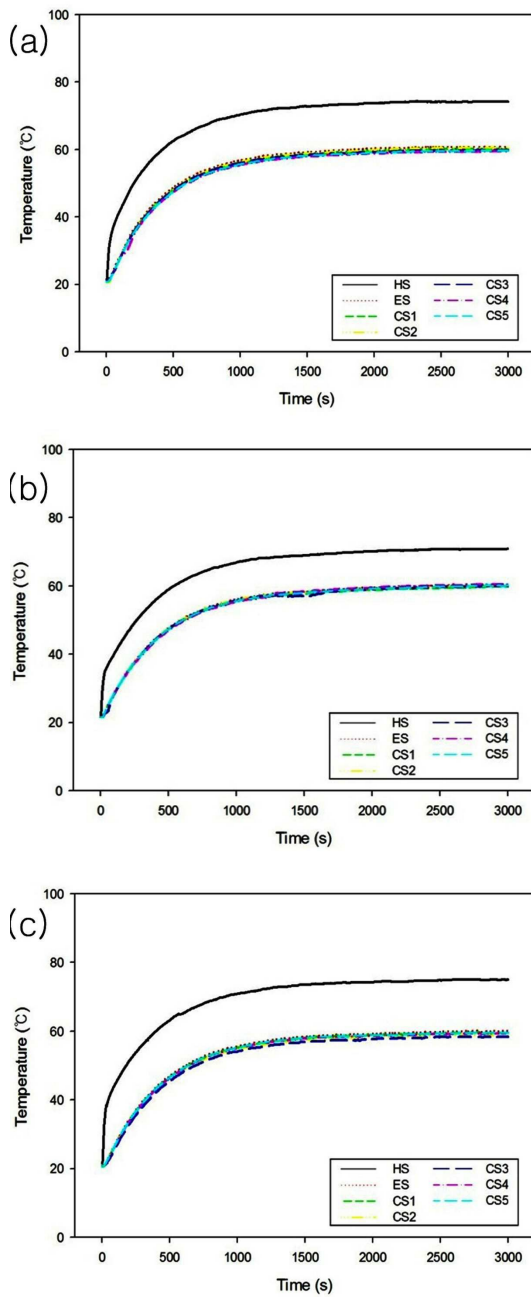
200



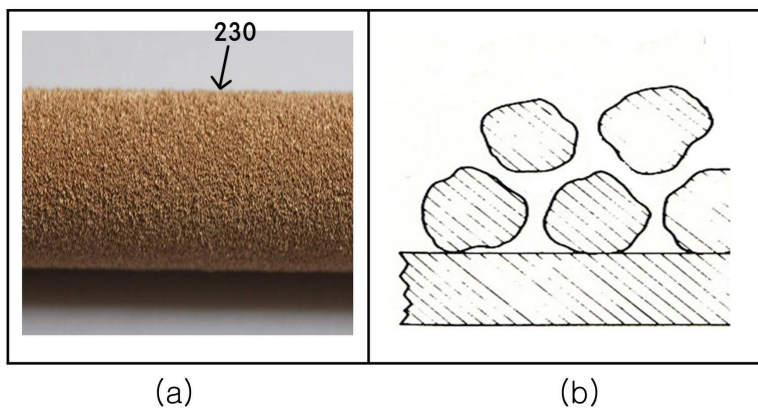
도면5



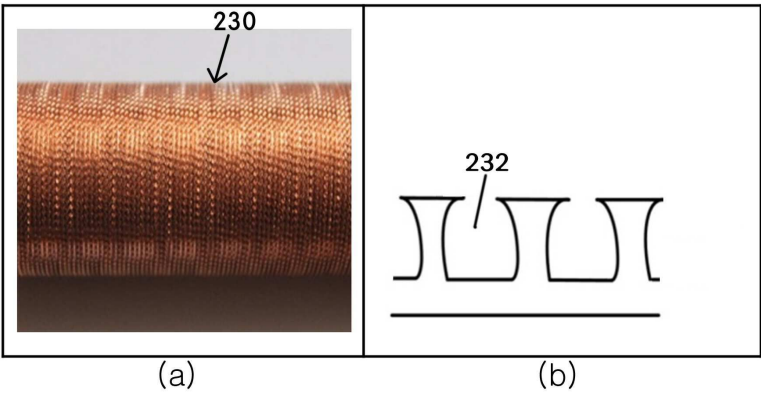
도면6



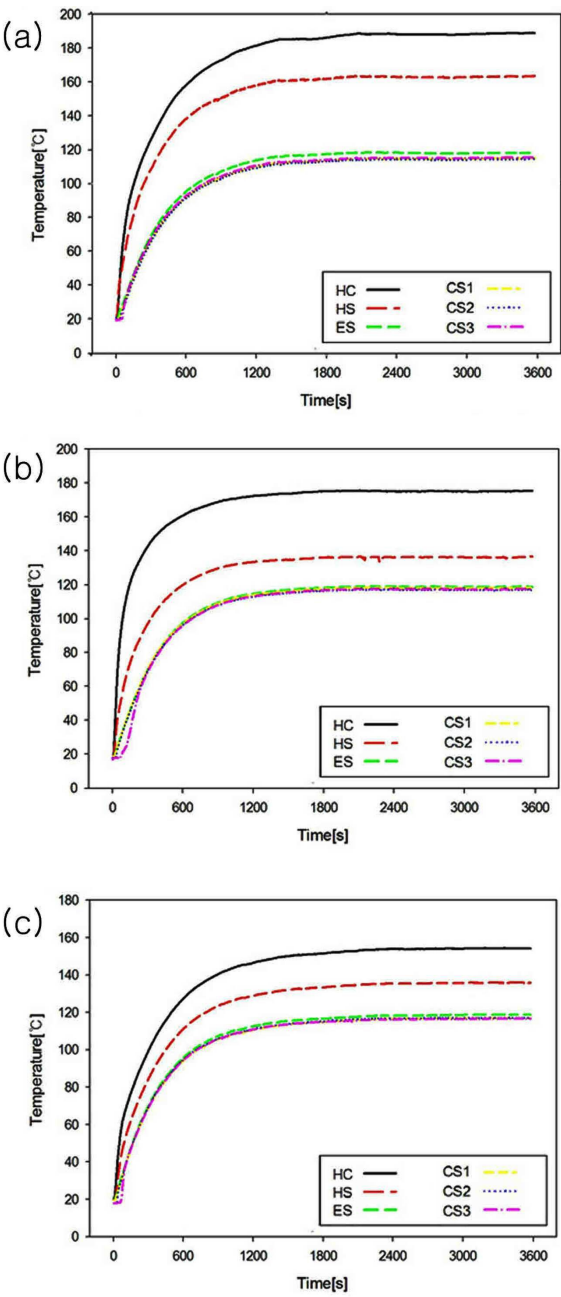
도면7



도면8



도면9



도면10

