



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0118653
(43) 공개일자 2022년08월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21C 15/18 (2006.01) G21C 13/087 (2006.01)
G21C 3/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G21C 15/18 (2013.01)
G21C 13/087 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0022325
(22) 출원일자 2021년02월19일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
황일순
울산 울주군 언양읍 유니스트길 50
방인철
울산 울주군 언양읍 유니스트길 50
이민호
울산 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
김중석

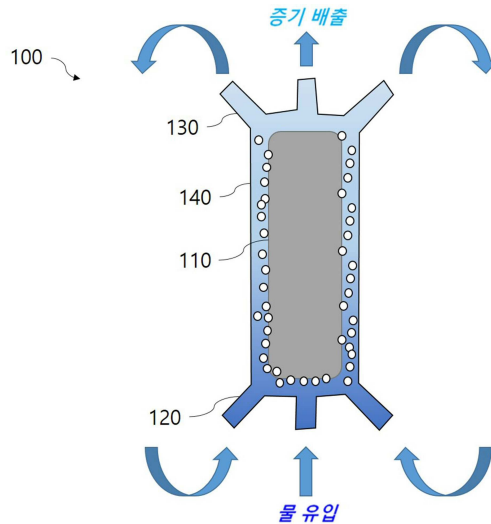
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 피동형 가드 베셀 충수 시스템

(57) 요약

본 발명은 피동형 가드 베셀 충수 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로 핵연료와 납-비스무스 냉각재를 포함하는 원자로 용기, 상기 원자로 용기 하부에 하나 이상이 마련되고, 외부와의 압력차에 의하여 외부로부터 충수가 유입되는 하부배관, 상기 원자로 용기 상부에 하나 이상이 마련되고, 상기 원자로 용기의 외벽에서 전달된 열에 의하여 상기 충수가 증기로 배출되는 상부배관 및 상기 하부배관으로부터 유입된 상기 충수가 상기 상부배관 방향으로 움직일 수 있도록 상기 원자로 용기의 외벽으로부터 소정의 간격을 두고 상기 원자로 용기를 수용하는 가드 베셀을 포함하는 피동형 가드 베셀 충수 시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G21C 3/22 (2013.01)

Y02E 30/30 (2020.08)

Y10S 376/909 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711105274
과제번호	2019M2D1A1067205
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원자력융복합기술개발사업(R&D)
연구과제명	핵연료-무교체 전수명 초소형 해양용 원자로 개념설계 핵심기술 개발연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

핵연료와 납-비스무스 냉각재를 포함하는 원자로 용기;

상기 원자로 용기 하부에 하나 이상이 마련되고, 외부와의 압력차에 의하여 외부로부터 충수가 유입되는 하부배관;

상기 원자로 용기 상부에 하나 이상이 마련되고, 상기 원자로 용기의 외벽에서 전달된 열에 의하여 상기 충수가 증기로 배출되는 상부배관; 및

상기 하부배관으로부터 유입된 상기 충수가 상기 상부배관 방향으로 움직일 수 있도록 상기 원자로 용기의 외벽으로부터 소정의 간격을 두고 상기 원자로 용기를 수용하는 가드 베셀;을 포함하는 피동형 가드 베셀 충수 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 상부배관과 하부배관 중 적어도 하나의 개폐를 제어하는 제어부;를 더 포함하고,

상기 제어부는,

상기 원자로 용기의 온도에 따라 사고발생여부를 판단하고, 사고 발생 시 폐쇄되어 있던 상기 상부배관과 하부배관을 개방하는 것을 특징으로 하는 피동형 가드 베셀 충수 시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 납-비스무스 냉각재는,

방사물질이 유출되지 않도록 고체화되는 것을 특징으로 하는 피동형 가드 베셀 충수 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 피동형 가드 베셀 충수 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로 해양 환경에 적용 가능한 피동형 안전계통을 구비하여 원자로의 전열을 안전하게 제거할 수 있는 피동형 가드 베셀 충수 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 원자로란 핵분열성 물질의 연쇄 핵분열 반응을 인공적으로 제어하여 열을 발생시키거나 방사능 동위원소 및 플루토늄 생산 등의 여러 목적에 사용할 수 있도록 만들어진 장치를 의미한다. 원자로에서 핵분열 반응이 일어나면 방출된 에너지가 많은 열을 내면서 노심의 온도가 높아지게 되며 이를 적절히 냉각하지 않으면 원자로가 파손될 위험이 있는데, 냉각재는 원자로에서 발생하는 열에너지를 흡수하여 원자로 밖으로 운반하는 역할을 한다.

[0003] 현재 전 세계적으로 경수로 기반의 다양한 소형 모듈형 원자로 개발에 대한 다양한 연구가 진행 중인데, 소형 모듈형 원자로는 일반적으로 전기출력이 300MWe급 이하 원자로로 일컫는다.

[0004] 기존 경수로의 경우 냉각재 상실사고가 발생할 수 있고, 원자로 정지 후에 발생하는 붕괴열을 제거하기 위한 장치가 추가적으로 필요하다. 만약 냉각재 상실사고가 발생하면 핵연료가 공기 중에 노출되기 때문에 빠른 시간 안에 노심냉각 기능을 회복하지 못할 경우 노심이 용융되는 중대사고로 이어지게 된다.

[0005] 따라서 경수로 기반 소형 모듈형 원자로의 경우 대형 경수로와 마찬가지로 원자로 정지 후 붕괴열 제거와 냉각재 상실사고 등을 대비하여 잔열제거계통, 안전주입계통 등 다양한 안전계통을 필요로 한다.

[0006] 관련문헌 1은 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심 및 이를 갖는 원자로에 관한 것으로, 노심의 크기를 조절하여 원하는 출력을 이루도록 제어할 수 있으나, 소형 원자로가 해양 플랜트, 선박 및 잠수함의 동력원으로 사용되기 위해 해양 환경에 적용 가능한 피동 안전계통에 대해 구비하고 있지 않으므로 안전계통을 운영하는데 추가적인 전력소모가 불가피한 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) KR 10-1633493

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로 별도의 전원공급 장치 및 펌프 없이 피동적(Passive)으로 또는 장기적으로 극도로 가열된 원자로 용기를 냉각시킬 수 있도록 외부와의 압력차에 의하여 외부로부터 충수가 유입되는 하부배관과 상기 원자로 용기의 외벽에서 전달된 열에 의하여 상기 충수가 증기로 배출되는 상부배관을 구비하는 피동형 가드 베셀 충수 시스템을 얻고자 하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명의 목적은 상기 원자로 용기가 용융되어도 방사물질이 소정거리 이상으로 이동하지 않고, 이에 따라 사람들이 방사물질에 노출되는 피폭 사고가 발생하는 것을 차단할 수 있도록 상기 원자로 용기 내 상온에서 고체화되는 납-비스무스 냉각재를 포함하는 피동형 가드 베셀 충수 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 피동형 가드 베셀 충수 시스템은 핵연료와 납-비스무스 냉각재를 포함하는 원자로 용기, 상기 원자로 용기 하부에 하나 이상이 마련되고, 외부와의 압력차에 의하여 외부로부터 충수가 유입되는 하부배관, 상기 원자로 용기 상부에 하나 이상이 마련되고, 상기 원자로 용기의 외벽에서 전달된 열에 의하여 상기 충수가 증기로 배출되는 상부배관 및 상기 하부배관으로부터 유입된 상기 충수가 상기 상부배관 방향으로 움직일 수 있도록 상기 원자로 용기의 외벽으로부터 소정의 간격을 두고 상기 원자로 용기를 수용하는 가드 베셀을 제공한다.

발명의 효과

[0011] 이상과 같이 본 발명에 의하면, 외부와의 압력차에 의하여 외부로부터 충수가 유입되는 하부배관과 상기 원자로 용기의 외벽에서 전달된 열에 의하여 상기 충수가 증기로 배출되는 상부배관을 구비하고, 해양 플랜트, 선박 및 잠수함을 포함하는 구조물에 적용함으로써, 별도의 전원공급 장치 및 펌프 없이 피동적(Passive)으로 또는 장기적으로 극도로 가열된 원자로 용기를 냉각시킬 수 있는 효과가 있다.

[0012] 또한, 본 발명은 상기 원자로 용기 내 상온에서 고체화되는 납-비스무스 냉각재가 구비됨으로써, 상기 원자로 용기가 용융되어도 방사물질이 소정거리 이상으로 이동하지 않고, 이에 따라 사람들이 방사물질에 노출되는 피폭 사고가 발생하는 것을 차단할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 피동형 가드 베셀 충수 시스템의 구성도이다.

도 2는 임계열유속 현상을 표시한 그래프이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 피동형 가드 베셀 충수 시스템과 기 검증된 가압경수로의 성능을 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수

있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

- [0015] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0016] 이하, 본 발명에 따른 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 피동형 가드 베셀 충수 시스템의 구성도이다.
- [0017] 도 1을 보면, 본 발명의 피동형 가드 베셀 충수 시스템(100)은 원자로 용기(110), 하부배관(120), 상부배관(130) 및 가드 베셀(140)을 포함한다.
- [0018] 보다 구체적으로, 상기 원자로 용기(110)는 핵연료와 납-비스무스 냉각재를 포함한다.
- [0019] 핵연료는 핵분열을 통해 에너지를 생산하기 위하여 연료로 사용되는 물질이고, 우라늄 동위원소인 우라늄-235, 우라늄-238 및 플루토늄-239가 포함될 수 있다. 이러한 물질들은 산화물, 금속 및 액체 형태 중 하나로 형성될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 납-비스무스 냉각재는, 방사물질이 유출되지 않도록 고체화될 수 있다. 상기 원자로 용기(110)는 납-비스무스 냉각재를 포함할 수 있는데, 많은 종류의 냉각재 중에서 액체 형태의 상기 납-비스무스 냉각재를 쓰는 것은 녹는점이 123도에 달하기 때문에 상기 원자로 용기(110) 내부 온도는 약 300도 내외임으로 액체 형태로 유동성을 띄나, 20도 내외의 상온에 노출되는 순간 저절로 굳는 고체화가 되어 방사물질이 유출되지 않는 효과가 있기 때문이다.
- [0021] 다음으로, 상기 하부배관(120)은 상기 원자로 용기(110) 하부에 하나 이상이 마련되고, 외부와의 압력차에 의하여 외부로부터 충수가 유입된다. 이때, 상기 하부배관(120)의 기본 상태는 상기 하부배관(120)을 통해서 충수되지 않도록 폐쇄된 상태이다. 상기 하부배관(120)은 특정 크기, 모양, 개수에 한정되지 않는다.
- [0022] 상기 피동형 가드 베셀 충수 시스템(100)은 가장 바람직하게 해양 플랜트, 선박 및 잠수함의 동력원으로 사용될 수 있고, 이에 따라 사용 환경이 바다 또는 강의 수면 아래일 수 있다. 즉, 상기 하부배관(120)이 개방되면 외부와의 압력차에 의하여 피동적(Passive)으로 충수가 유입될 수 있다. 이때, 상기 충수는 바닷물 또는 강물일 수 있다. 따라서 별도의 전원공급 장치 및 펌프 없이도 상기 원자로 용기(110) 하부에 마련된 상기 하부배관(120)으로 상기 충수가 자동적으로 유입됨으로 전원공급이 끊기거나, 선박이 전복되거나, 선박이 옆으로 쓰러지는 상황에서도 확실한 노심 냉각 및 잔열 제거가 가능하도록 하는 효과가 있다.
- [0023] 다음으로, 상기 상부배관(130)은 상기 원자로 용기(110) 상부에 하나 이상이 마련되고, 상기 원자로 용기(110)의 외벽에서 전달된 열에 의하여 상기 충수가 증기로 배출된다. 상기 상부배관(130)의 기본 상태는 상기 상부배관(130)을 통해서 상기 증기가 배출되지 않도록 폐쇄된 상태이다. 상기 상부배관(130)은 특정 크기, 모양, 개수에 한정되지 않는다.
- [0024] 또한, 상기 상부배관(130)에는 외부와의 압력차에 의하여 피동적(Passive)으로 충수가 유입되지 않고 오로지 상기 증기만이 배출될 수 있도록 해양 플랜트, 선박 및 잠수함을 포함하는 구조물에 설치될 수 있다. 이는 열전달 효율을 극대화시키기 위함이다.
- [0025] 그리고 상기 상부배관(130)이 개방되면 상기 충수는 상기 원자로 용기(110)의 외벽에서 전달되는 열을 흡수한 후 상기 증기로 상변화될 수 있다. 그리고 일반적으로 뜨거운 증기는 아래에서 위로 상승하므로, 이 또한 별도의 전원공급 장치 및 펌프 등이 구비되지 않아도 피동적(Passive)으로 열을 흡수한 상기 증기가 외부로 배출될 수 있다.
- [0026] 다음으로, 상기 가드 베셀(140)은 상기 하부배관(120)으로부터 유입된 상기 충수가 상기 상부배관(130) 방향으로 움직일 수 있도록 상기 원자로 용기(110)의 외벽으로부터 소정의 간격을 두고 상기 원자로 용기(110)를 수용한다.
- [0027] 즉, 상기 가드 베셀(140)은 특정 크기, 형태에 한정되지 않고, 사고 시 극도로 가열된 상기 원자로 용기를 냉각

시킬 수 있는 상기 충수의 유량이 확보될 수 있을 만큼 상기 원자로 용기(110)의 외벽으로부터 소정의 간격을 둘 수 있다.

[0028] 한편, 본원발명은 상기 상부배관(130)과 하부배관(120) 중 적어도 하나의 개폐를 제어하는 제어부(150)를 더 포함할 수 있다.

[0029] 여기서, 상기 제어부(150)는, 상기 원자로 용기(110)의 온도에 따라 사고발생여부를 판단하고, 사고 발생 시 폐쇄되어 있던 상기 상부배관(130)과 하부배관(120)을 개방하는 것을 특징으로 한다.

[0030] 즉, 상기 제어부(150)는 상기 원자로 용기(110)가 용융되어 핵연료가 드러나는 냉각재 상실사고 또는 냉각계통 고장사고 등으로 상기 원자로 용기(110)의 외벽의 온도가 기 설정된 온도 이상을 신속하게 확인할 수 있고, 사고가 발생한 것으로 판단할 수 있다.

[0031] 가장 바람직하게, 상기 제어부(150)는 사고 발생 시 폐쇄되어 있던 상기 상부배관(130)과 하부배관(120)을 동시에 개방하는 것을 특징으로 한다.

[0032] 본 발명에 의하면, 해양 플랜트, 선박 및 잠수함을 포함하는 구조물에 적용함으로써 별도의 전원공급 장치 및 펌프 없이 피동적(Passive)으로 또는 장기적으로 극도로 가열된 원자로 용기를 냉각시킬 수 있는 효과가 있다.

[0033] 그리고 상기 원자로 용기(110) 내 상온에서 고체화되는 납-비스무스 냉각재가 구비됨으로써, 상기 원자로 용기(110)가 용융되어도 방사물질이 소정거리 이상으로 이동하지 않고, 이에 따라 사람들이 방사물질에 노출되는 피폭 사고가 발생하는 것을 차단할 수 있는 효과가 있다.

[0035] 실시예 1

[0036] 실험조건 및 실험방법

[0037] 원자로 용기(110)의 건전성을 위협하는 요인은 크게 두 가지가 있다. 하나는 원자로 용기(110)의 용융 및 용발(ablation)과 관련된 인자이다. 원자로 용기(110) 내벽의 온도가 높아 계속적으로 녹아내릴 경우, 원자로 용기(110)의 두께는 감소하게 되고 이는 건전성 상실로 이어질 수 있다. 이는 고온에 의한 상기 가드 베셀(140) 충수 전략의 실패를 의미하며, 상기 원자로 용기(110)의 온도, 구체적으로는 가장 고온일 것으로 예상되는 내용용융물들과 접하는 상기 원자로 용기(110)의 내벽의 온도 분석의 필요성을 제시한다.

[0038] 두 번째 요인으로서는 냉각능력(Coolability) 상실에 따른 잔열 제거 불가 및 이에 따른 원자로 용기(110) 용융으로 인한 건전성 상실이다. 상기 원자로 용기(110) 외벽에서의 냉각능력(Coolability)은 임계열유속(Critical Heat Flux, CHF)이라는 현상에 의해 제한될 수 있다.

[0039] 도 2는 임계열유속(CHF) 현상을 표시한 그래프이다. 도 2를 보면, 비등표면에서 열유속(CHF)이 일정 수준 이상으로 증가할 경우, 가열면이 기포에 의해 뒤덮이고 이는 가열면에서의 작동 유체 상변화를 동반한 효율적인 핵비등에서, 가열면을 덮은 증기막의 전도 및 복사를 통해 주변의 작동유체로 열을 전달하는 비효율적인 막비등으로 천이되게 된다. 여기서, 상기 비등표면은 상기 충수가 상기 증기로 상변화되는 상기 원자로 용기(110) 외벽이다.

[0040] 이러한 핵비등으로부터 막비등으로의 천이는 열전달 능력의 커다란 감소를 야기하게 되고, 이는 열전달 계수의 감소로 표현될 수 있다. 하기 [수학식 1]인 뉴턴의 쿨링 법칙을 생각해 볼 때, 일반적으로 q 가, 즉 출력이 변수로 작용하는 경우에는 열전달 계수 h 가 감소하게 되면, 면적 A 는 동일하므로, 온도차에 해당하는 ΔT 가 증가하게 된다. 따라서 임계열유속(CHF) 현상 이후에는 가열면의 온도가 수천도에 이르기까지 크게 증가하게 되고, 이는 냉각능력의 상실로 표현된다. 이를 통해 우리는 원자로 용기 외벽에서 비등열전달 현상을 그 열유속에 초점을 맞추어 분석할 필요가 있다.

수학식 1

$$q = hA\Delta T$$

[0041]

[0042] 즉, 본원발명의 신뢰성을 입증하기 위해서는 원자로 용기(110)의 건전성과 관계된 원자로 용기(110) 내벽 온도,

그리고 냉각능력의 한계와 관련된 원자로 용기(110) 외벽 열유속을 분석해야한다. 분석 또한 이 두 변수에 초점을 맞추어 진행되었다.

[0043] 가드 베셀 층수 시스템의 냉각 가능성을 평가하기 위해 1차원 집중 용량법(Lumped Capacitance Method; LCM)을 활용한 내부 MATLAB 코드를 활용하였다.

[0044] 우선, 각종 물성치나 상수 등을 입력하고 초기값 추정을 통해 열전달 계수와 관련된 무차원 수를 계산한다. 이를 바탕으로 벌크 열전달 계수를 계산한 후 온도를 계산한다. 이후, 계산된 온도로 다시 무차원 수들을 계산하고, 이 과정은 계산된 온도 값이 수렴 기준 이하로 내려갈 때 까지 반복된다.

[0045] 이렇게 전체적인 온도가 계산되고 전체 시스템의 열량 균형을 계산하고 나면 각 세부 층인 상기 원자로 용기의 내부 구조물이 녹은 경금속(light metal) 층, 핵연료가 녹은 oxide 층, 납-비스무스 냉각재 층)에 대한 계산을 수행하게 된다.

[0046] 각 층별 계산에서는 수직방향 열유속 및 온도의 편차를 고려할 수 있도록 상관식을 작성하였다. 하기 [수학식 2]는 전체적인 시스템의 열 균형을 계산하는 식이고, 하기 [수학식 3]은 경금속 층에서의 열 균형을 계산하는 식이다.

수학식 2

$$\begin{aligned} Q_{total} = & h_{oxide,top} A_{oxide,top} (T_{oxide,max} - T_{interface,oxide-l,metal}) \\ & + h_{oxide,lateral} A_{oxide,lateral} (T_{oxide,max} - T_{RI',oxide,lateral,in}) \\ & + h_{oxide,bottom} A_{oxide,bottom} (T_{oxide,max} - T_{interface,oxide-LBE}) \end{aligned}$$

[0047]

수학식 3

$$\begin{aligned} & h_{l,metal,bottom} A_{l,metal,bottom} (T_{interface,oxide-l,metal} - T_{l,metal,bulk}) \\ = & h_{l,metal,lateral} A_{l,metal,side} (T_{l,metal,bulk} - T_{RI',l,metal,in}) \end{aligned}$$

[0048]

[0049] 상기 납-비스무스 냉각재 층에서의 열 균형은 그 구조를 고려해 볼 때, 자연대류가 일어나기 힘든, 상부가열 하부 및 측면 냉각의 경우이므로, 이를 열전달 편으로 근사하여 계산되었다.

[0050] 원자로 용기(110) 내벽과 외벽간의 열전달은 하기 [수학식 4]로 계산되었다.

수학식 4

$$\begin{aligned} q'' = & h(T_1 - T_2) \\ = & d_{wall} / k_{wall} (T_1 - T_2) \\ = & C_{\text{boil}} (T_1 - T_2)^3 \end{aligned}$$

[0051]

[0052] 외벽에서의 비등열전달은 하기 [수학식 5]의 일반적인 Rosenow 상관식을 사용하여 모사되었다.

수학식 5

$$C_{\text{boil}} = \left[\frac{g(\rho_L - \rho_V)}{\sigma_L} \right]^{1/2} \left(\frac{c_{pL}}{h_{fg} C_{\text{eff}} P_{rL}} \right)^{1/3} (\mu_L h_{fg})$$

[0053]

[0055]

실험결과

[0056]

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 피동형 가드 베셀 충수 시스템(100)과 기 검증된 가압경수로의 성능을 비교한 그래프이다. 성능 분석에 앞서 방법론의 옳음을 보이기 위해 검증된 가압경수로의 결과를 도출하였고, 이는 검정색 그래프(Reference)로 표시되었다. 본원발명 일실시예에 따른 결과는 빨간색 그래프(Benchmark)로 표시되었다.

[0057]

도 3에서 볼 수 있듯이 검증된 가압경수로와 본원발명의 일실시예의 결과값이 유사한 결과값을 나타내고 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 발명의 일실시예에 따른 피동형 가드 베셀 충수 시스템에 대한 신뢰성이 증명되었다.

[0059]

이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0060]

그러므로 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0061]

100.. 피동형 가드 베셀 충수 시스템

110.. 원자로 용기

120.. 하부 배관

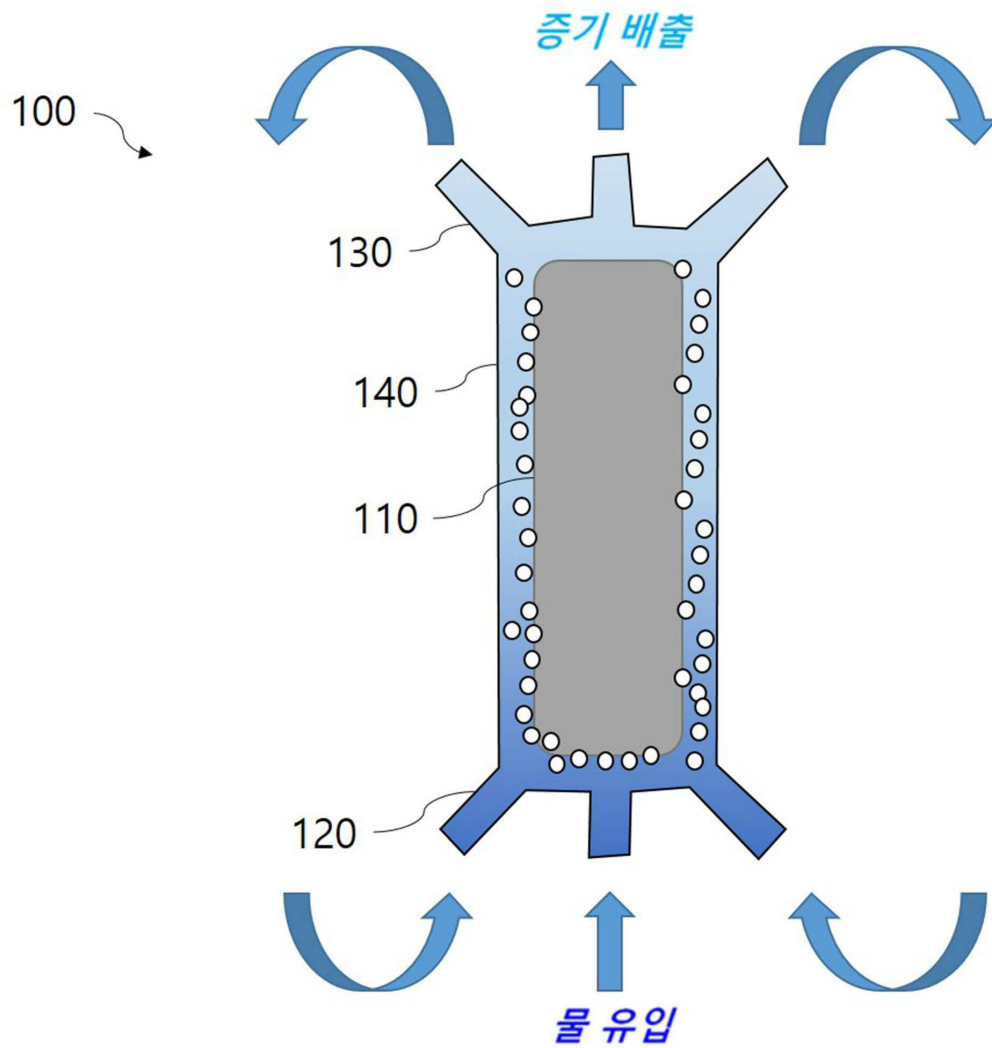
130.. 상부 배관

140.. 가드 베셀

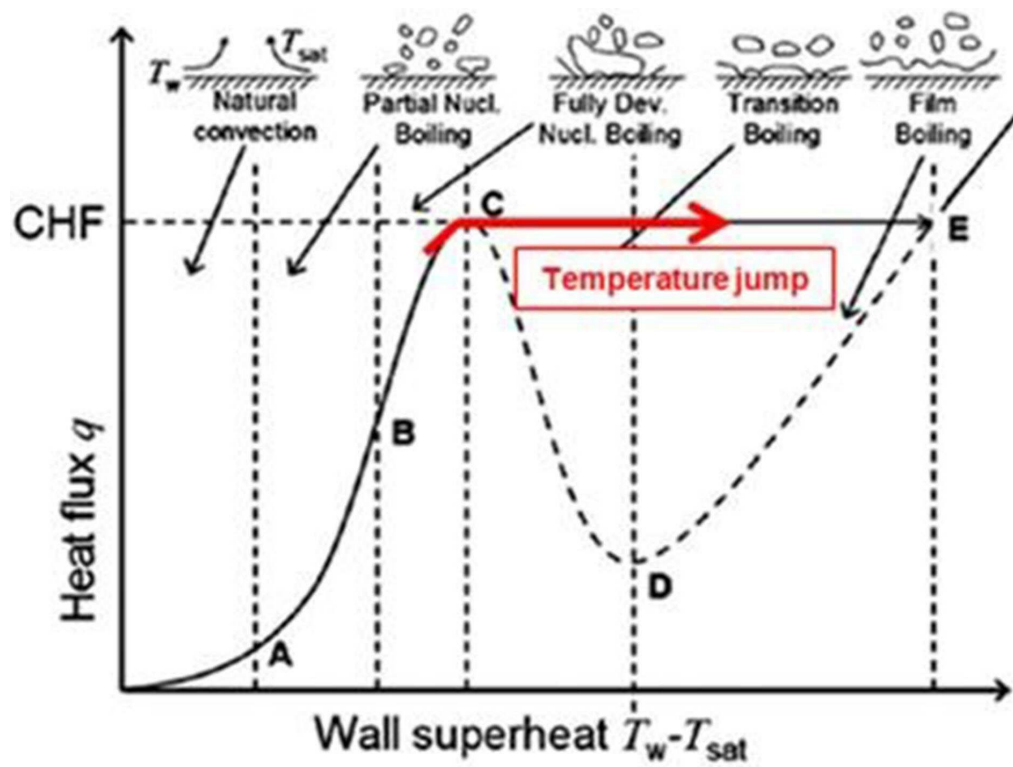
150.. 제어부

도면

도면1



도면2



도면3

