

(72) 발명자

조윤제

대전광역시 유성구 봉산로 39, 204동 802호 (송강동, 송강마을2단지)

양준언

대전광역시 유성구 가정로 43, 110동 1101호 (신성동, 삼성한울아파트)

어동진

대전광역시 서구 청사로 70, 110동 601호 (월평동, 누리아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	77626-12
부처명	지식경제부
연구사업명	원자력융합원천기술개발
연구과제명	신개념 평품원전의 기본요건 및 혁신적 안전성 향상 방안 연구
주관기관	한국원자력연구원
연구기간	2012.07.01 ~ 2013.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

원자로 압력용기의 하부 내벽면을 덮도록 설치되고, 고온의 노심용융물과 상기 원자로 압력용기 벽면 사이의 열 전달을 감소시키도록 형성되는 내열 세라믹 단열체;

상기 원자로 압력용기의 내부를 흐르는 냉각수에 의해 상기 내열 세라믹 단열체가 비산되는 것을 방지하도록, 상기 내열 세라믹 단열체의 내외부를 감싸도록 이루어지는 금속 피복재; 및

상기 원자로 압력용기에 설치되며, 상기 금속 피복재와 결합되어 상기 내열 세라믹 단열체를 상기 원자로 압력용기 내부에 고정시키도록 형성되는 고정자를 포함하고,

상기 내열 세라믹 단열체는 상기 고온의 노심 용융물과 상기 원자로 압력용기 내벽면 사이의 접촉 온도를 낮추어 노심 용융 사고시 상기 원자로 압력용기 내벽면의 용융을 방지하며,

상기 금속 피복재의 상부에는 상기 내열 세라믹 단열체의 가열 팽창을 고려한 빈 공간이 형성되는 것을 특징으로 하는 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 금속 피복재는 스테인리스 스틸로 형성되는 것을 특징으로 하는 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 내열 세라믹 단열체는 상기 원자로 압력용기의 하부 내벽면과 대응되도록 반구형으로 형성되는 것을 특징으로 하는 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 금속 피복재는,

상기 내열 세라믹 단열체의 내부면을 덮도록 배치되는 내측 금속 피복재; 및

상기 내열 세라믹 단열체의 외부면을 덮도록 배치되고, 상기 냉각수가 흐를 수 있도록 마주보는 상기 내벽면과의 사이에서 간극을 형성하는 외측 금속 피복재를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 외측 금속 피복재에는 복수의 돌기가 형성되어, 상기 복수의 돌기에 비하여 상대적으로 움푹 들어간 홈이 상기 냉각수가 흐르는 유로를 형성하는 것을 특징으로 하는 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 복수의 돌기는 상기 내벽면에 접촉되어 지지되는 것을 특징으로 하는 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 금속 피복재에는, 상기 원자로 압력용기의 내부 압력과 상기 금속 피복재의 내부 압력이 평형을 이룰 수 있도록, 압력평형용 관통홀이 형성되는 것을 특징으로 하는 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 고정자는 복수 개로 구비되어 상기 내벽면에 기설정된 간격을 두고 이격되게 배치되는 것을 특징으로 하는 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이.

청구항 10

노심을 수용하는 원자로 압력용기; 및

상기 원자로 압력용기의 내부에 설치되고, 제1항 내지 제6항 및 제8항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따르는 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이를 포함하는 것을 특징으로 하는 원자로.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 원자로의 노심이 용융되어 원자로 압력용기 하부의 벽면을 뚫고 나오는 사고를 방지하기 위한 금속 피복형 노내 세라믹 노심 용융물 받이, 그리고 이를 구비하는 원자로에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 원자로의 노심 용융 사고가 발생하면 고온의 노심 용융물은 원자로 압력용기의 하부 반구로 낙하하여 벽면에 직접 접촉되게 된다. 노심 용융물이 원자로 압력용기의 하부 반구에 축적되고, 노심 용융물로부터 방출되는 열에 의하여 원자로 압력용기의 벽면이 용융되면, 노심 용융물이 원자로 압력용기 밖으로 배출되는 최악의 사고가 발생할 수 있다.

[0003] 이러한 사고에 대처하기 위한 안전계통의 경우, 원자로 압력용기 외부의 냉각을 증진시키거나, 원자로 압력용기 외부에 노심 용융물을 받아 넓게 퍼트리려는 노심 용융물 냉각방식이 제안되고 있다. 이와 관련된 기술은 공개특허공보 제10-2005-0080668호(2005.08.17.)에 개시되어 있다.

[0004] 그러나, 이러한 안전계통은 위의 사고를 방지하기 위한 최선의 방식이라고 보기 어렵고, 냉각 계통에 문제가 생길 경우 사고환경을 악화시킬 수 있다. 따라서, 원자로 압력용기 내부에 노심 용융물을 가두고 냉각시키는 새로운 구조의 안전계통이 고려될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 원자로의 노심이 용융되어 원자로 압력용기 하부의 벽면을 뚫고 나오는 사고를 방지하기 위한 새로운 구조의 원자로 압력용기의 냉각 장치로서, 원자로 압력용기 내부에 설치하는 금속 피복형 내열 세라믹 노심 용융물 받이, 그리고 이를 구비하는 원자로를 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 일 실시 예와 관련된 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이는, 원자로 압력용기의 하부 내벽면을 덮도록 설치되고 고온의 노심용융물과 상기 원자로 압력용기 벽면 사이의 열전달을 감소시키도록 형성되는 내열 세라믹 단열체와, 상기 원자로 압력용기의 내부를 흐르는 냉각수에 의해 상기 내열 세라믹 단열체가 비산되는 것을 방지하도록 상기 내열 세라믹 단열체의 내외부를 감싸도록 이루어지는 금속 피복재, 및 상기 원자로 압력용기에 설치되며 상기 금속 피복재와 결합되어 상기 내열 세라믹 단열체를

상기 원자로 압력용기 내부에 고정시키도록 형성되는 고정자를 포함하고, 상기 내열 세라믹 단열체는 상기 고온의 노심 용융물과 상기 원자로 압력용기 내벽면 사이의 접촉 온도를 낮추어 노심 용융 사고시 상기 원자로 압력용기 내벽면의 용융을 방지하도록 이루어진다.

- [0007] 본 발명과 관련된 일 예에 따르면, 상기 금속 피복재는 스테인리스 스틸로 형성될 수 있다.
- [0008] 본 발명과 관련된 다른 일 예에 따르면, 상기 내열 세라믹 단열체는 상기 원자로 압력용기의 하부 내벽면과 대응되도록 반구형으로 형성된다.
- [0009] 본 발명과 관련된 또 다른 일 예에 따르면, 상기 금속 피복재는, 상기 내열 세라믹 단열체의 내부면을 덮도록 배치되는 내측 금속 피복재, 및 상기 내열 세라믹 단열체의 외부면을 덮도록 배치되고 상기 냉각수가 흐를 수 있도록 마주보는 상기 내벽면과의 사이에서 간극을 형성하는 외측 금속 피복재를 포함한다.
- [0010] 위 실시 예에서, 상기 외측 금속 피복재에는 복수의 돌기가 형성되어, 상기 복수의 돌기에 비하여 상대적으로 움푹 들어간 홈이 상기 냉각수가 흐르는 유로를 형성할 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 복수의 돌기는 상기 내벽면에 접촉되어 지지될 수 있다.
- [0012] 본 발명과 관련된 또 다른 일 예에 따르면, 상기 금속 피복재의 상부에는 상기 내열 세라믹 단열체의 가열 팽창을 고려한 빈 공간이 형성될 수 있다.
- [0013] 본 발명과 관련된 또 다른 일 예에 따르면, 상기 금속 피복재에는 상기 원자로 압력용기의 내부 압력과 상기 금속 피복재의 내부 압력이 평형을 이룰 수 있도록 압력평형용 관통홀이 형성된다.
- [0014] 본 발명과 관련된 또 다른 일 예에 따르면, 상기 고정자는 복수 개로 구비되어 상기 내벽면에 기설정된 간격을 두고 이격되게 배치된다.
- [0015] 또한, 상기한 과제를 실현하기 위하여 본 발명은, 노심을 수용하는 원자로 압력용기, 및 상기 원자로 압력용기의 내부에 설치되는 상기 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이를 포함하는 원자로를 제안한다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명에 의하면, 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이는 원자로 압력용기의 하부 내벽면을 덮도록 설치되어, 노심 용융물이 상기 원자로 압력용기의 내벽면에 직접 닿지 않도록 한다. 따라서, 노심 용융물과 원자로 압력용기 벽면 사이에 위치한 내열 세라믹 단열체에 의해 노심 용융물이 내벽면에 직접 접촉할 때 보다 표면 접촉 온도가 크게 낮아져, 원자로 압력용기 벽면의 용융이 방지될 수 있다.
- [0017] 또한, 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이는 고온·고압의 원자로 압력용기의 압력 경계 내부에 설치되므로, 구조 강도를 크게 하지 않아도 쉽게 파손되지 않는 구조적 장점을 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명과 관련된 원자로 및 원자로 압력용기의 내부에 설치되는 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이를 개념적으로 보인 단면도.
 도 2는 도 1의 A 부분의 확대도.
 도 3은 도 2에 도시된 원자로 압력용기의 내벽면과의 사이에서 간극을 형성하는 외측 금속 피복재를 보인 개념도.
 도 4는 도 1의 원자로를 라인 IV-IV를 따라 취한 단면도.
 도 5는 도 3에 도시된 금속 피복재에 형성되는 압력평형용 관통홀의 개념도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 본 발명에 관련된 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이 및 이를 구비하는 원자로에 대하여 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다.
- [0020] 본 명세서에서는 서로 다른 실시 예라도 동일·유사한 구성에 대해서는 동일·유사한 참조번호를 부여하고, 그 설명은 처음 설명으로 갈음한다. 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다.

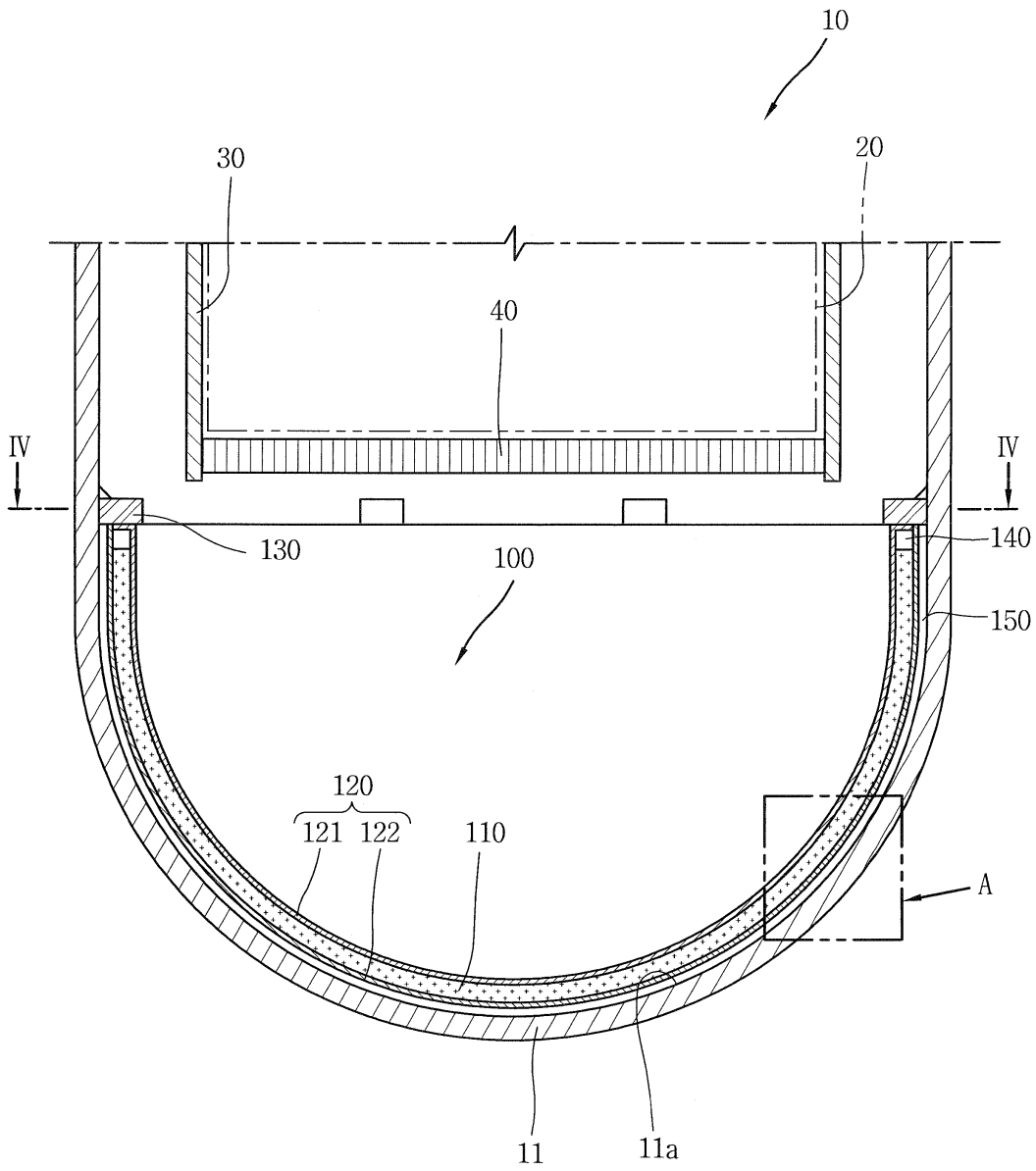
- [0021] 도 1은 본 발명과 관련된 원자로(10) 및 원자로 압력용기(11)의 내부에 설치되는 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이(100)를 개념적으로 보인 단면도이고, 도 2는 도 1의 A 부분의 확대도이다.
- [0022] 도 1 및 2를 참조하면, 노심(20)은 노심 배럴(30) 및 노심 지지판(40)에 의해 한정되는 내부 공간에 수용된다. 원자로 압력용기(11)는 노심(20)을 수용하는 밀폐된 용기로서, 노심 용융 사고시 노심 용융물이 외부로 방출되는 것을 방지하도록 이루어진다.
- [0023] 그러나, 고온의 노심 용융물이 원자로 압력용기(11)의 하부 내벽면(11a)에 직접 닿아 축적되고, 이에 따라 하부 벽면이 용융되면, 노심 용융물이 원자로 압력용기(11)의 외부로 배출되는 사고가 발생할 수 있다. 따라서, 이러한 사고를 방지될 수 있도록 신뢰성이 향상된 새로운 구조의 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이(100)가 고려될 수 있다.
- [0024] 본 발명과 관련된 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이(100)는 내열 세라믹 단열체(110), 금속 피복재(120) 및 고정자(130)를 포함한다.
- [0025] 내열 세라믹 단열체(110)는 원자로 압력용기(11)의 하부 내벽면(11a)을 덮도록 설치된다. 내열 세라믹 단열체(110)는 상기 내벽면(11a)의 형상과 대응되도록 반구형(또는 돔형)으로 형성될 수 있다. 내열 세라믹 단열체(110)는 고온 내열성을 갖는 재료로 형성된다. 내열 세라믹 단열체(110)는 비금속 재료의 고온 내열 세라믹으로 형성되는 것이 바람직하다. 그러나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 내열 세라믹 단열체(110)는 고온소결합금, 금속의 인성과 비금속의 내열성을 조합한 세라믹 메탈 등으로 형성될 수도 있다. 본 실시 예에 관한 설명에서는 내열 세라믹 단열체(110)가 고온 내열 세라믹으로 구성된 것을 일 예로 들어 설명한다.
- [0026] 금속 피복재(metal cladding, 120)는 내열 세라믹 단열체(110)를 감싸도록 형성된다. 특히, 내열 세라믹은 쉽게 부서지는 특성이 있으므로, 금속 피복재(120)는 내열 세라믹 단열체(110)의 내외부를 완전히 감싸 원자로 압력용기(11)의 내부를 흐르는 냉각수에 의해 내열 세라믹 단열체(110)가 비산되는 것을 방지하도록 이루어진다. 금속 피복재(120)는 스테인리스 스틸로 형성될 수 있다. 금속 피복재(120)도 내열 세라믹 단열체(110)와 같이 상기 내벽면(11a)의 형상과 대응되도록 반구형(또는 돔형)으로 형성되어, 상기 내벽면(11a)과의 접촉면이 고르게 분포하도록 이루어질 수 있다.
- [0027] 금속 피복재(120)의 상부에는 내열 세라믹 단열체(110)의 가열 팽창을 고려한 빈 공간(140)이 형성될 수 있다. 즉, 내열 세라믹 단열체(110)가 가열되어 팽창되더라도 빈 공간(140)이 팽창된 체적만큼을 수용하도록 이루어져, 구조적 안정성이 유지될 수 있다.
- [0028] 고정자(130)는 용접, 기구적 결합 구조 등을 통하여 원자로 압력용기(11)의 내벽면(11a)에 설치되며, 금속 피복재(120)와 결합되어 내열 세라믹 단열체(110)를 원자로 압력용기(11)의 내부에 고정시키도록 형성된다. 고정자(130)는 내열성을 갖는 금속 재료로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0029] 상기 구조에 의하면, 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이(100)는 원자로 압력용기(11)의 하부 내벽면(11a)을 덮도록 설치되어, 노심 용융물이 상기 내벽면(11a)에 직접 닿지 않도록 한다. 따라서, 용융물의 내벽면(11a) 접촉 온도가 크게 낮아져, 상기 내벽면(11a)의 용융이 방지될 수 있다.
- [0030] 보다 구체적으로, 노심 용융 사고시, 노심 용융물이 금속 피복재(120) [구체적으로, 내측 금속 피복재(121)]에 직접 닿아 상기 금속 피복재(120)가 용융되더라도, 내열 세라믹 단열체(110)가 고온의 노심 용융물과 상기 내벽면(11a) 사이에서 단열재 역할을 하여 상기 내벽면(11a)으로의 열전달을 감소시킨다. 그 결과, 노심 용융물이 직접 상기 내벽면(11a)에 닿을 때 보다 원자로 압력용기(11)의 내벽면(11a)의 온도가 낮아져, 상기 내벽면(11a)의 용융이 방지될 수 있다.
- [0031] 또한, 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이(100)는 고온·고압의 원자로 압력용기(11)의 압력 경계 내부에 설치되므로, 구조 강도를 크게 하지 않아도 쉽게 파손되지 않는 구조적 장점을 갖는다.
- [0032] 도 3은 도 2에 도시된 원자로 압력용기(11)의 내벽면(11a)과의 사이에서 간극(gap, 150)을 형성하는 외측 금속 피복재(122)를 보인 개념도이다.
- [0033] 도 3을 앞선 도면들과 함께 참조하면, 금속 피복재(120)는 내측 금속 피복재(121) 및 외측 금속 피복재(122)를 포함하여 구성될 수 있다. 내측 금속 피복재(121)는 내열 세라믹 단열체(110)의 내부면을 덮도록 배치되고, 외측 금속 피복재(122)는 원자로 압력용기(11)의 내벽면(11a)과 마주보는 내열 세라믹 단열체(110)의 외부면을 덮도록 배치된다. 외측 금속 피복재(122)는 마주보는 상기 내벽면(11a)과의 사이에서 간극(150)을 형성하여, 상기

간극(150)으로 냉각수가 흐르도록 이루어진다.

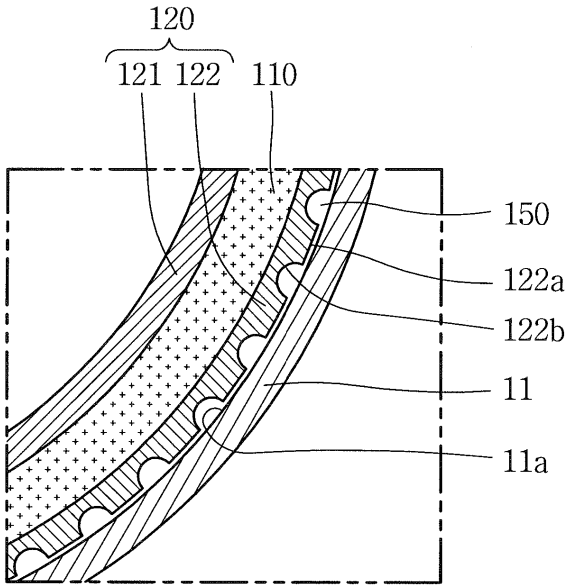
- [0034] 예를 들어, 외측 금속 피복재(122)에는 복수의 돌기(122a)가 형성되어, 복수의 돌기(122a)에 비하여 상대적으로 움푹 들어간 홈(122b)을 따라서 냉각수가 흐를 수 있다. 또한, 복수의 돌기(122a)는 원자로 압력용기(11)의 내벽면(11a)에 접촉되어 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이(100)를 지지할 수 있다. 이 경우, 구조적 안정성이 향상될 수 있다. 홈(122b)은 상기 내벽면(11a)과의 사이에서 유로용 간극(150)을 형성하고, 냉각수는 간극(150)을 따라 흘러 상기 내벽면(11a)의 온도를 낮추도록 이루어진다. 따라서, 노심 용융 사고시 원자로 압력용기(11)의 내벽면(11a)의 용융이 방지될 수 있다.
- [0035] 도 4는 도 1의 원자로(10)를 라인 IV-IV를 따라 취한 단면도이다.
- [0036] 원자로(10)가 정상운전될 때 원자로 압력용기(11) 내부에는 고속의 냉각수가 흐르며, 유동 유발 진동과 냉각재 펌프에서 유발되는 압력 교란 등으로 인하여 복잡한 난류성 유동장이 형성된다. 고정자(130)는 이러한 상황에서 금속 피복재(120)와 내열 세라믹 단열체(110)를 견고하게 고정하도록 이루어진다.
- [0037] 도 4를 참조하면, 고정자(130)는 복수 개로 구비되어 원자로 압력용기(11)의 내벽면(11a)에 기설정된 간격을 두고 이격되게 배치될 수 있다. 예를 들어, 고정자(130)는 상기 내벽면(11a)에 60도 간격으로 설치되어, 이와 결합되는 금속 피복재(120) 및 금속 피복재(120)에 수용되는 내열 세라믹 단열체(110)를 원자로 압력용기(11)에 고정시키도록 이루어질 수 있다.
- [0038] 도 5는 도 3에 도시된 금속 피복재(120)에 형성되는 압력평형용 관통홀(121a)을 보인 개념도이다.
- [0039] 저압에서 고압 상태까지 다양한 운전 압력 범위를 갖는 원자로 압력용기(11)의 하부에 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이(100)를 설치하면 원자로 압력용기(11)의 내부 압력과 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이(100)의 내부 압력 사이에 압력 불균형이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위하여, 도시된 바와 같이, 금속 피복재(120)에는 적어도 하나 이상의 압력평형용 관통홀(121a)이 형성되어 원자로 압력용기(11)의 내부 압력과 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이(100)의 내부 압력이 평형을 이루도록 구성될 수 있다.
- [0040] 이상에서 설명한 금속 피복형 노내 내열 세라믹 노심 용융물 받이, 그리고 이를 구비하는 원자로는 위에서 설명된 실시 예들의 구성과 방법에 한정되는 것이 아니라, 상기 실시 예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시 예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

도면

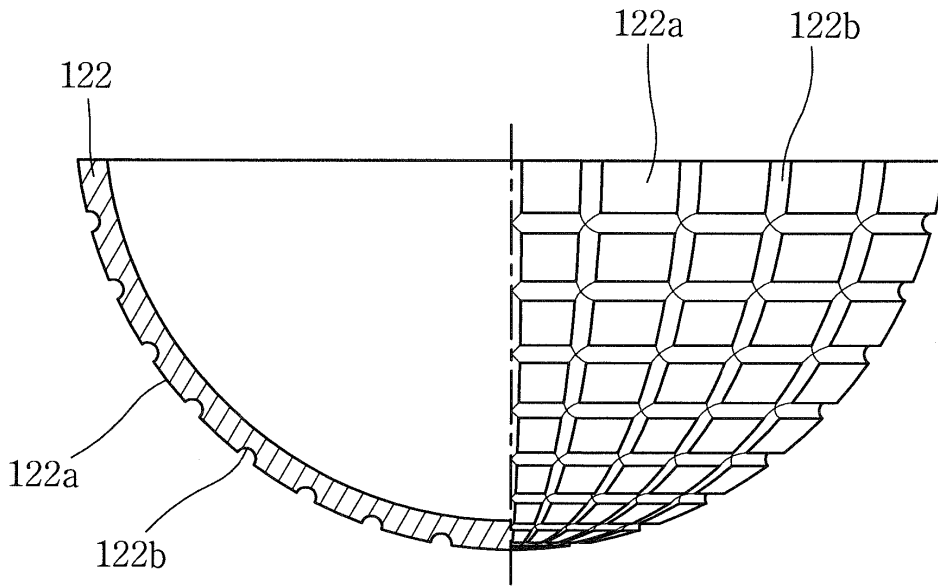
도면1



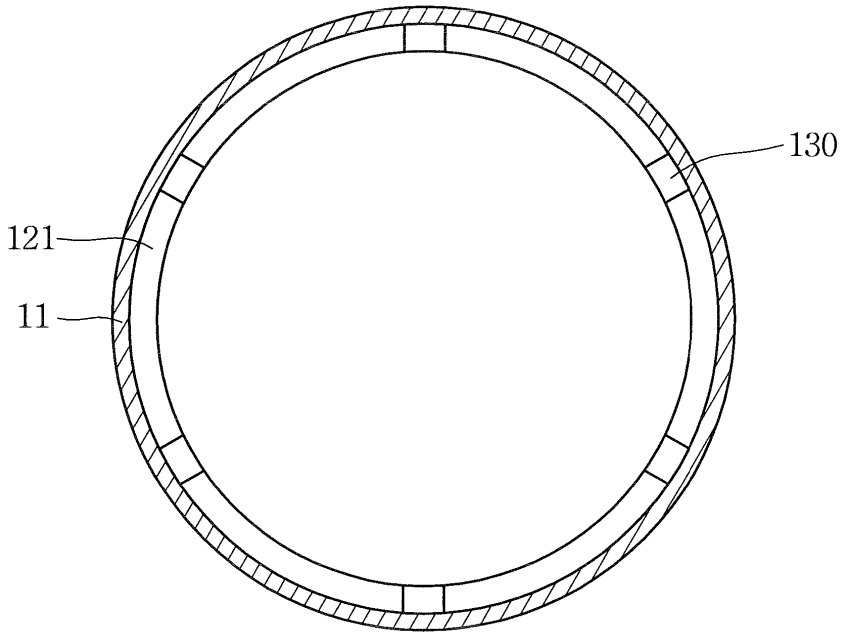
도면2



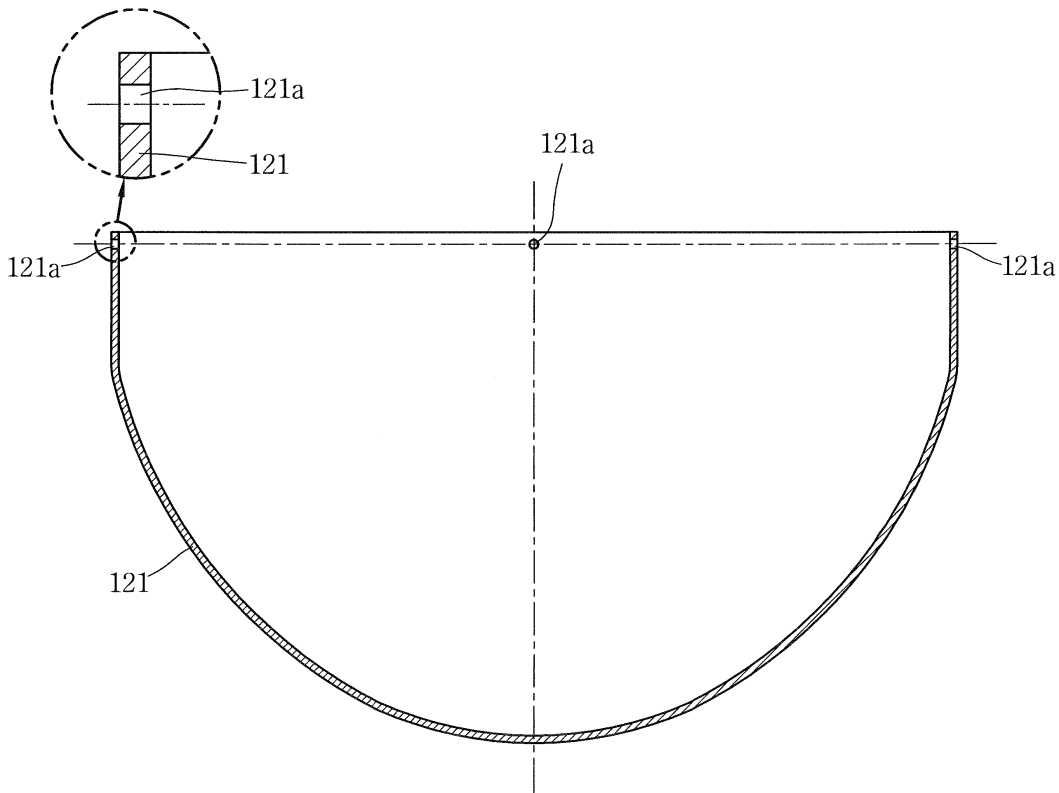
도면3



도면4



도면5



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경진】

제1항 내지 제6항, 제8항 및 제9항 중 어느 한 항에

【변경후】

제1항 내지 제6항 및 제8항 내지 제9항 중 어느 한 항에