



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2011년03월21일  
 (11) 등록번호 10-1023232  
 (24) 등록일자 2011년03월10일

(51) Int. Cl.

G21C 3/07 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0008532  
 (22) 출원일자 2009년02월03일  
 심사청구일자 2009년02월03일  
 (65) 공개번호 10-2010-0089330  
 (43) 공개일자 2010년08월12일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2007232720 A\*  
 KR1020010075165 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국원자력연구원

대전 유성구 덕진동 150-1

(72) 발명자

맹원영

대전광역시 서구 삼천동 국화아파트 105-308

김우철

대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 122-602

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 씨엔에스·로고스

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 김용훈

**(54) 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관, 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관의 제조방법 및 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관이 구비되는 모사 크러드 형성장치**

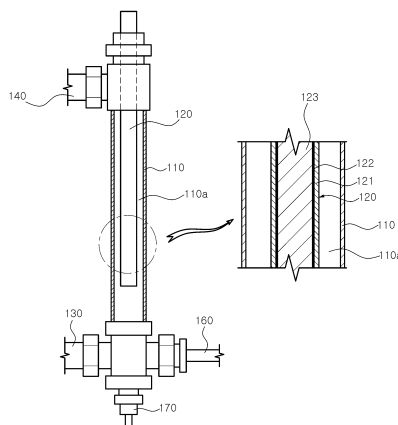
**(57) 요약**

본 발명은 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관, 핵연료 피복관의 제조방법 및 모사 크러드 형성장치에 관한 것이다.

본 발명의 일 실시예에 따른 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관은 핵 연료봉의 피복관과 동일한 재질로 이루어지며, 일측 단부가 개구되어 내부에 수용공간이 구비되는 튜브 형태로 구성되는 피복관 본체와; 상기 피복관 본체의 수용공간 내부에 MgO물질만으로 구성되거나 또는 MgO물질을 포함하여 구성되는 슬러지 상태의 열전달부 형성 물질이 채워진 후 삽입되며, 외부면과 피복관 본체의 내부면 간의 이격된 상태로 배치되는 발열체와; 상기 열전달부 형성물질이 상기 발열체가 삽입됨에 따라 발열체 외부면과 피복관 내부면 간의 이격된 공간으로 밀려 침투하면서 균일한 두께로 채워져 형성되는 열전달부;를 포함하여 구성될 수도 있다.

상기와 같은 구성에 의해 본 발명은 실제 원자로의 가동시 핵연료 피복관에 형성되는 크러드와 조성, 형태 또는 두께 등과 같은 조건이 최대한 동일한 크러드가 형성되도록 할 수 있고, 핵연료 피복관의 가동시 국부적인 고열부의 발생 및 발열온도 분포의 차이를 최소화 하여 핵연료 피복관의 손상을 최소화 할 수 있으며, 보다 실질적인 원자력발전의 수화학 조건을 결정할 수 있다.

**대표도 - 도2**



(72) 발명자

**나정원**

대전광역시 중구 중촌동 16-1 현대아파트 105-205

**최병선**

대전광역시 유성구 전민동 나래아파트 109-506

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

핵 연료봉의 피복관과 동일한 재질로 이루어지며, 일측 단부가 개구되어 내부에 수용공간이 구비되는 튜브 형태로 구성되는 피복관 본체와;

상기 피복관 본체의 수용공간 내부에 MgO물질만으로 구성되거나 또는 MgO물질을 포함하여 구성되는 슬러지 상태의 열전달부 형성물질이 채워진 후 삽입되며, 외부면과 피복관 본체의 내부면 간의 이격된 상태로 배치되는 발열체와;

상기 열전달부 형성물질이 상기 발열체가 삽입됨에 따라 발열체 외부면과 피복관 내부면 간의 이격된 공간으로 밀려 침투하면서 균일한 두께로 채워져 형성되는 열전달부;를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

제 1 항에 있어서, 상기 열전달부는 슬러지 상태로 투입된 후 건조되어 구성되는 것을 특징으로 하는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서, 상기 발열체는 카트리지 형태의 단일 구조로 이루어지는 것을 특징으로 하는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서, 상기 발열체는 피복관의 수용공간 전체 영역에 배치되는 크기로 이루어지거나, 또는 피복관 장착튜브의 내부에 위치하는 수용공간의 영역에만 배치되는 크기로 이루어지는 것을 특징으로 하는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서, 상기 발열체는 외부에 하스텔로이 피복(Hastelloy Sheath)이 더 형성되는 것을 특징으로 하는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관.

**청구항 7**

일측 단부가 개구되어 내부에 수용공간이 구비되는 튜브 형태로 핵 연료봉의 피복관과 동일한 재질로 이루어지는 피복관 본체를 형성하는 단계와;

상기 피복관 본체의 수용공간에 MgO물질 또는 MgO물질을 포함하는 물질과 증류수를 혼합하여 이루어지는 슬러지 형태의 열전달부 형성물질을 주입하는 단계와;

상기 피복관 본체의 수용공간에 피복관 본체의 내부면과 이격된 거리가 균일한 상태의 외면 크기를 갖는 발열체를 삽입하여 상기 슬러지 형태의 열전달부 형성물질이 압력을 받아 이격된 공간으로 밀려 침투하면서 균일한 두께로 채워지도록 하는 단계와;

상기 슬러지 형태의 열전달부 형성물질을 건조하여 고체 상태의 열전달부를 형성하는 단계;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관의 제조방법.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

제 7 항에 있어서, 상기 MgO물질 또는 MgO물질을 포함하는 물질과 증류수의 혼합비는 1 : 1로 혼합되는 것을 특징으로 하는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관의 제조방법.

**청구항 10**

내부에 유로가 구비되고, 원자로의 냉각제와 동일한 물질로 이루어지는 고온 고압의 수용액이 유입 및 배출 가능하게 구성되며, 내부에 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관이 탈부착 가능하게 구비되는 피복관 장착튜브와;

상기 수용액을 피복관 장착튜브로 공급하도록 상기 피복관 장착튜브의 일 측에 연결되며, 수용액의 공급을 제어하도록 개폐밸브가 구비되는 유입관과;

상기 수용액을 피복관 장착튜브로부터 배출하도록 상기 피복관 장착튜브의 다른 일 측에 연결되며, 수용액의 공급을 제어하도록 개폐밸브가 구비되는 배출관;을 포함하여 구성되며,

상기 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관은

핵 연료봉의 피복관과 동일한 재질로 이루어지며, 일측 단부가 개구되어 내부에 수용공간이 구비되는 튜브 형태로 구성되는 피복관 본체와;

상기 피복관 본체의 수용공간에 내부에 삽입되며, 외부면과 피복관 본체의 내부면 간의 이격된 상태로 배치되는 발열체와;

상기 피복관 본체의 내부면과 발열체의 외부면 사이의 이격된 거리가 균일한 상태로 배치되도록 피복관 본체와 발열체의 사이 공간을 매우도록 구비되는 열전달부;를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관을 구비한 모사 크러드 형성장치.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서, 상기 배출관은 수용액이 압력 및 자중에 의해 배출 가능하도록 피복관 장착튜브의 하부에 연결되는 것을 특징으로 하는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관을 구비한 모사 크러드 형성장치.

**청구항 12**

제 10 항에 있어서, 상기 유입관과 배출관 사이에는 개폐밸브가 구비되는 우회관이 연결되고, 상기 피복관 장착튜브의 어느 일 영역에는 피복관 장착튜브로부터 수용액의 배출을 위하여 개폐밸브가 구비되는 다른 일 배출관이 더 연결되는 것을 특징으로 하는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관을 구비한 모사 크러드 형성장치.

**청구항 13**

제 10 항에 있어서, 상기 피복관 장착튜브의 어느 일 영역에는 피복관 장착튜브의 내부 환경을 확인하기 위한 측정 또는 검출장치의 장착을 위한 연결탭이 더 구비되는 것을 특징으로 하는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관을 구비한 모사 크러드 형성장치.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관, 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관의 제조방법 및 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관이 구비되는 모사 크러드 형성장치에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 일반적으로, 원자력 발전을 위한 핵연료봉은 핵물질이 피복관에 수용되는 상태로 구성되고 있다. 원자력 발전을 위한 핵반응시 핵연료 피복관 표면에는 계통 내부의 각종 배관 및 구조재료로부터 유래한 부식 생성물들이 침적되어 크러드(CRUD: Chalk River Unidentified Deposit)라 칭하는 방사선이 매우 높은 물질이 형성된다.

[0003] 이와 같이, 핵연료 피복관의 표면에 형성(퇴적)되는 크러드는 핵연료의 반응속도 및 열전달 효율을 저감시키는 원인이 되고 있다. 따라서 이러한 크러드에 대한 정확한 성분 규명이 필요하고 이를 제거하기 위한 대책을 마련

하여야 한다. 그러나, 핵연료 피복관 표면에 형성되는 크러드의 성분분석을 하기 위해서는 작업자가 높은 방사선하에 매우 위험한 작업환경에 노출되는 문제가 발생한다.

- [0004] 따라서, 실제 가동중인 원자로와 동일한 환경 조건을 모사하는 장치를 이용하여 크러드를 형성시킨 후, 발생한 크러드를 분석하여 크러드의 특성을 규명하는 것이 필요하다.
- [0005] 종래의 알려진 크러드 모사방법으로는 핵연료 피복관이 수용된 압력용기에 고온의 수용액을 채운 상태에서 압력용기를 냉각시키는 통상의 방법을 사용하여 크러드를 모사하고 있다. 이 경우, 원자로와 동일한 조건의 크러드를 형성시키는 것이 용이하지 않다. 뿐만 아니라, 크러드가 형성된 피복관을 빼내기 위해서는 압력용기를 냉각시켜야만 하는데, 통상의 방법으로 압력용기를 냉각시키게 되면 냉각 과정 중 피복관 표면에 크러드 내부에 존재하는 붕소 화합물들이 수용액에 다시 재용해되어 실제 원자력발전소의 핵연료 피복관 표면에 형성되는 조성과 유사한 크러드를 모사할 수 없게 되는 문제점이 발생하고 있다.
- [0006] 따라서, 실제 원자력발전소의 핵연료 피복관 표면에 형성되는 조성과 유사한 크러드를 모사할 수 있도록 하기 위한 개선이 요구되고 있다.
- [0007] 종래의 크러드를 모사하기 위한 핵연료 피복관은 발열 및 열전달이 균일하게 이루어지 않기 때문에 국부적인 고열부로 인한 온도 편차로 인해 크러드의 침착이 실제 조건과 다르게 형성되는 문제가 발생하고 있다. 이와 더불어 피복관의 불균일한 팽창 및 수축으로 파열되는 문제가 발생하기도 한다.
- [0008] 따라서, 핵반응시 발열온도와 유사한 온도로 발열하면서 크러드가 형성되도록 피복관의 개선이 요구되고 있다. 이와 더불어 피복관이 최대한 균일한 상태로 발열되도록 하여 크러드의 생성이 핵반응시 조건과 최대한 동일하도록 개선이 요구되고 있다. 또한, 불균일한 국부적인 온도편차로 인한 피복관의 파열이 최대한 억제되도록 개선이 요구되고 있다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- [0009] 본 발명은 상기와 같은 종래의 원자력 발전소에 발생하는 요구 또는 문제들 중 적어도 어느 하나를 인식하여 이루어진 것이다.
- [0010] 본 발명의 일 목적은 실제 원자로의 가동시 핵연료 피복관에 형성되는 크러드와 조성, 형태 또는 두께 등과 같은 조건이 최대한 동일한 크러드가 형성되도록 하는 것이다.
- [0011] 본 발명의 다른 일 목적은 실제 원자로의 가동시 형성되는 크러드와 최대한 동일한 모사 크러드의 형성을 위한 핵연료 피복관이 실제 핵연료 피복관의 발열온도 및 온도 분포와 동일한 조건으로 가동되어 모사 크러드가 형성되도록 하는 것이다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 일 목적은 모사 크러드의 형성을 위한 핵연료 피복관의 가동시 국부적인 고열부의 발생 및 발열온도 분포의 차이를 최소화 하여 핵연료 피복관의 손상을 최소화 하는 것이다.
- [0013] 본 발명의 또 다른 일 목적은 모사 크러드의 형성을 위한 핵연료 피복관의 수명을 증가시켜 모사 크러드의 형성을 위한 장시간의 운전이 가능하도록 하는 것이다.
- [0014] 본 발명의 또 다른 일 목적은 요구되는 적정 조건을 갖는 모사 크러드의 획득이 용이하도록, 형성된 모사 크러드가 형성된 원래의 상태로 보존 가능하도록 하는 것이다.

**과제 해결수단**

- [0015] 상기 과제들 중 적어도 하나의 과제를 실현하기 위한 일 실시 형태와 관련된 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관, 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관의 제조방법 및 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관이 구비되는 모사 크러드 형성장치는 다음과 같은 특징을 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명은 기본적으로 모사 크러드의 형성을 위한 핵연료 피복관이 실제 핵연료 피복관의 발열온도 및 온도 분포와 동일한 조건으로 가동될 수 있도록 구성되는 것을 기초로 한다.
- [0017] 본 발명의 일 실시 형태에 따른 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관은 핵 연료봉의 피복관과 동일한 재질로 이루어지며, 일측 단부가 개구되어 내부에 수용공간이 구비되는 튜브 형태로 구성되는 피복관 본체와; 피복관 본체의 수용공간 내부에 MgO물질만으로 구성되거나 또는 MgO물질을 포함하여 구성되는 슬러지 상태의 열전달부 형성

물질이 채워진 후 삽입되며, 외부면과 피복관 본체의 내부면 간의 이격된 상태로 배치되는 발열체와; 열전달부 형성물질이 발열체가 삽입됨에 따라 발열체 외부면과 피복관 내부면 간의 이격된 공간으로 밀려 침투하면서 균일한 두께로 채워져 형성되는 열전달부;를 포함하여 구성될 수도 있다.

[0018] 한편, 열전달부는 슬러지 상태로 투입된 후 건조되어 구성될 수도 있다.

[0019] 그리고, 발열체는 카트리지 형태의 단일 구조로 이루어질 수도 있다. 한편, 발열체는 피복관의 수용공간 전체 영역에 배치되는 크기로 이루어지거나, 또는 피복관 장착튜브의 내부에 위치하는 수용공간의 영역에만 배치되는 크기로 이루어질 수도 있다. 다른 한편, 발열체는 외부에 하스텔로이 피복(Hastelloy Sheath)이 더 형성될 수도 있다.

[0020] 본 발명의 다른 일 실시 형태에 따른 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관의 제조방법은 일측 단부가 개구되어 내부에 수용공간이 구비되는 튜브 형태로 핵 연료봉의 피복관과 동일한 재질로 이루어지는 피복관 본체를 형성하는 단계와; 피복관 본체의 수용공간에 MgO물질 또는 MgO물질을 포함하는 물질과 증류수를 혼합하여 이루어지는 슬러지 형태의 열전달부 형성물질을 주입하는 단계와; 피복관 본체의 수용공간에 피복관 본체의 내부면과 이격된 거리가 균일한 상태의 외면 크기를 갖는 발열체를 삽입하여 슬러지 형태의 열전달부 형성물질이 압력을 받아 이격된 공간으로 밀려 침투하면서 균일한 두께로 채워지도록 하는 단계와; 슬러지 형태의 열전달부 형성물질을 건조하여 고체 상태의 열전달부를 형성하는 단계;를 포함하여 이루어질 수도 있다.

[0021] 한편, MgO물질 또는 MgO물질을 포함하는 물질과 증류수의 혼합비는 1 : 1로 혼합될 수도 있다.

[0022] 본 발명의 또 다른 일 실시 형태에 따른 모사 크러드 형성장치는 내부에 유로가 구비되고, 원자로의 냉각제와 동일한 물질로 이루어지는 고온 고압의 수용액이 유입 및 배출 가능하게 구성되며, 내부에 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관이 탈부착 가능하게 구비되는 피복관 장착튜브와; 수용액을 피복관 장착튜브로 공급하도록 피복관 장착튜브의 일 측에 연결되며, 수용액의 공급을 제어하도록 개폐밸브가 구비되는 유입관과; 수용액을 피복관 장착튜브로부터 배출하도록 피복관 장착튜브의 다른 일 측에 연결되며, 수용액의 공급을 제어하도록 개폐밸브가 구비되는 배출관;을 포함하여 구성될 수도 있다.

[0023] 이 경우, 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관은 핵 연료봉의 피복관과 동일한 재질로 이루어지며, 일측 단부가 개구되어 내부에 수용공간이 구비되는 튜브 형태로 구성되는 피복관 본체와; 피복관 본체의 수용공간에 내부에 삽입되며, 외부면과 피복관 본체의 내부면 간의 이격된 상태로 배치되는 발열체와; 피복관 본체의 내부면과 발열체의 외부면 사이의 이격된 거리가 균일한 상태로 배치되도록 피복관 본체와 발열체의 사이 공간을 매우도록 구비되는 열전달부;를 포함하여 구성될 수도 있다.

[0024] 한편, 배출관은 수용액이 압력 및 자중에 의해 배출 가능하도록 피복관 장착튜브의 하부에 연결될 수도 있다.

[0025] 다른 한편, 유입관과 배출관 사이에는 개폐밸브가 구비되는 우회관이 더 연결되고, 피복관 장착튜브의 어느 일 영역에는 피복관 장착튜브로부터 수용액의 배출을 위하여 개폐밸브가 구비되는 다른 일 배출관이 더 연결될 수도 있다.

[0026] 그리고, 피복관 장착튜브의 어느 일 영역에는 피복관 장착튜브의 내부 환경을 확인하기 위한 측정 또는 검출장치의 장착을 위한 연결탭이 더 구비될 수도 있다.

**효 과**

[0027] 이상에서와 같이 본 발명에 따르면, 실제 원자로의 가동시 핵연료 피복관에 형성되는 크러드와 조성, 형태 또는 두께 등과 같은 조건이 최대한 동일한 크러드가 형성되도록 할 수 있다.

[0028] 또한 본 발명에 따르면,

[0029] 실제 원자로의 가동시 형성되는 크러드와 최대한 동일한 모사 크러드가 형성되도록 핵연료 피복관이 실제 핵연료 피복관의 발열온도 및 온도 분포와 최대한 동일한 조건으로 가동되도록 할 수 있다.

[0030] 또한 본 발명에 따르면, 모사 크러드의 형성을 위한 핵연료 피복관의 가동시 국부적인 고열부의 발생 및 발열온도 분포의 차이를 최소화 하여 핵연료 피복관의 손상을 최소화 할수 있다.

[0031] 그리고 또한, 본 발명에 따르면, 모사 크러드의 형성을 위한 핵연료 피복관의 수명을 증가시킬 수 있으며, 이를 통해 모사 크러드의 형성을 위한 최대 시간의 운전을 가능하게 할 수 있다.

[0032] 그리고 또한, 본 발명에 따르면, 요구되는 적정 조건을 갖는 모사 크러드의 획득이 용이하고, 모사 크러드가 형



성된 원래의 상태로 보존되도록 하여, 실제 원자로의 운전시 발생하는 크러드의 분석이 보다 정확하게 이루어지도록 할 수 있다.

[0033] 그리고 또한, 본 발명에 따르면, 보다 실제에 가까운 크러드의 형성 및 이를 이용한 분석을 통해 보다 실질적인 원자력발전의 수화학 조건을 결정할 수 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0034] 상기와 같은 본 발명의 특징들에 대한 이해를 돕기 위하여, 이하 본 발명의 실시예와 관련된 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관, 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관의 제조방법 및 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관이 구비되는 모사 크러드 형성장치에 대하여 상세하게 설명하도록 하겠다.

[0035] 이하, 설명되는 실시예들은 본 발명의 기술적인 특징을 이해시키기에 가장 적합한 실시예들을 기초로 하여 설명될 것이며, 설명되는 실시예들에 의해 본 발명의 기술적인 특징이 제한되는 것이 아니라, 이하, 설명되는 실시예들과 같이 본 발명이 구현될 수 있다는 것을 예시하는 것이다. 따라서, 본 발명은 아래 설명된 실시예들을 통해 본 발명의 기술 범위 내에서 다양한 변형 실시가 가능하며, 이러한 변형 실시에는 본 발명의 기술 범위 내에 속한다 할 것이다.

[0036] 그리고, 이하, 설명되는 실시예의 이해를 돕기 위하여 첨부된 도면에 기재된 부호에 있어서, 각 실시예에서 동일한 작용을 하게 되는 구성요소 중 관련된 구성요소는 동일 또는 연장 선상의 숫자로 표기하였다.

[0037] 본 발명과 관련된 실시예들은 기본적으로 모사 크러드의 형성을 위한 핵연료 피복관이 실제 핵연료 피복관의 열온도 및 온도 분포와 동일한 조건으로 가동될 수 있도록 구성되는 것을 기초로 한다.

[0038] 도 1에는 본 발명의 일 실시예에 따른 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관(120)이 구비되는 모사 크러드 형성장치(100)의 일 구성에 관한 예가 도시되어 있다.

[0039] 상기 모사 크러드 형성장치(100)는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관(120)이 내부에 탈부착 가능하게 장착되는 피복관 장착튜브(110)가 구비되고, 상기 피복관 장착튜브(110)의 일 단부에 유입관(130)이 연결되며, 상기 피복관 장착튜브(110)의 다른 일 단부에는 배출관(140)이 연결된다.

[0040] 상기 구성에 의해 실제 원자로의 냉각제와 동일한 조건(물질, 온도, 압력 등)으로 이루어지는 고온 고압의 수용액이 상기 유입관(130)을 통해 피복관 장착튜브(110)로 유입되어 상기 배출관(140)을 통해 배출되도록 구성할 수 있다. 이 경우, 상기 유입관(130)과 배출관(140)에는 각각 개폐밸브(131,141)가 구비되어 고온 고압의 수용액의 흐름을 제어하도록 구성할 수 있다.

[0041] 그리고, 도시된 것과 같이, 상기 유입관(130)과 배출관(140) 사이에는 개폐밸브(151)이 구비되는 우회관(150)이 연결되어 유입관(130)에서 바로 배출관(140)으로 흐르도록 우회시켜 고온 고압의 수용액이 피복관 장착튜브(110)로 유입되지 않도록 할 수도 있다.

[0042] 좀더 구체적으로 설명하면, 상기 구성을 통해 고온 고압의 수용액을 유입관(130)을 통해 피복관 장착튜브(110)를 경유하여 배출관(140)으로 흐르도록 하거나, 또는 고온 고압의 수용액이 유입관(130)에서 우회관(150)을 통해 바로 배출관(140)으로 흐르도록 할 수도 있다.

[0043] 한편, 상기 모사 크러드 형성장치(100)를 구성하는 피복관 장착튜브(110)에는 다른 일 배출관(160)이 더 연결되어 피복관 장착튜브(110)에 수용된 고온 고압의 수용액을 배출하도록 구성할 수도 있다. 이 경우, 배출관(160)에는 수용액의 배출을 조절하도록 개폐밸브(161)가 구비될 수 있다.

[0044] 상기와 같은 구성은 고온 고압의 수용액을 공급하는 장치(미도시)가 운전을 멈출 수 없는 경우, 즉 수용액이 지속적으로 공급되는 환경에 적용될 수 있는 구성이다.

[0045] 따라서, 상기 구성과 달리, 고온 고압의 수용액의 공급을 멈출 수 있는 환경의 경우, 상기 모사 크러드 형성장치(100)에는 단순히 유입관(130)과 배출관(140)만 연결되도록 구성할 수도 있다. 즉, 우회관(150)이 연결되지 않을 수 있다.

[0046] 이 경우, 상기 유입관(130)은 피복관 장착튜브(110)의 상부 영역에 연결되고, 배출관(140)은 피복관 장착튜브(110)의 하부 영역에 연결되도록 구성할 수 있다. 이러한 구성의 경우, 유입관(130)의 개폐밸브(131)를 차단하여 피복관 장착튜브(110)로 수용액의 공급을 중단하고, 배출관(140)은 개방된 상태를 유지하도록 하여 피복관 장착튜브(110)로 유입된 수용액의 압력과 수용액의 자중에 의해 피복관 장착튜브(110)로 부터 수용액이 배출되

도록 구성할 수도 있다. 이 경우, 배출관(140)은 수용액의 역류를 방지하기 위하여 개폐밸브(141)에 의해 차단 되도록 구성할 수도 있다.

- [0047] 이와 달리, 상기 유입관(130)은 피복관 장착튜브(110)의 하부 영역에 연결되고, 배출관(140)은 피복관 장착튜브(110)의 상부 영역에 연결되도록 구성할 수 있다. 이 경우, 상기 유입관(130)이 연결되는 영역(하부 영역)에는 다른 일 배출관(160)이 더 구비될 수도 있다.
- [0048] 이와 같이 구성되는 경우, 유입관(130)의 개폐밸브(131)를 차단하여 피복관 장착튜브(110)로 수용액의 공급을 중단하고, 배출관(140)은 개방된 상태를 유지하도록 하여 피복관 장착튜브(110)로 유입된 수용액의 압력과 수용액의 자중에 의해 피복관 장착튜브(110)로 부터 다른 배출관(160)을 통해 수용액이 배출되도록 구성할 수도 있다. 이 경우에도 상부 영역에 연결되는 배출관(140)은 수용액의 역류를 방지하기 위하여 개폐밸브(141)에 의해 차단되도록 구성할 수도 있다.
- [0049] 상기 구성에 있어서, 유입관(130)과 배출관(140,160)은 일반적으로 알려진 구조의 연결관(110b,110c)에 의해 피복관 장착튜브(110)에 연결될 수도 있다. 따라서, 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0050] 한편, 상기 어느 일 연결관(110b,110c)에는 피복관 장착튜브(110)의 내부 환경을 확인할 수 있도록, 예를 들어 온도의 측정, 압력의 측정 또는 내부 물질의 검출 등과 같이 다양한 환경의 검출이 가능하도록 측정 또는 검출 장치의 장착이 가능하도록 연결탭(170)이 더 구비될 수도 있다.
- [0051] 도 2에 도시된 것과 같이, 상기 피복관 장착튜브(110)의 내부에는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관(120)이 탈부착 가능하게 장착될 수 있다. 이 경우, 상기 핵연료 피복관(120)은 어느 일 연결관(110b,110c)에 의해 일 단부 영역이 고정되도록 장착될 수도 있다.
- [0052] 상기 핵연료 피복관(120)은 피복관 본체(121)가 Zr 합금으로 구성될 수 있다. 이 경우, 피복관 본체(121)를 Zr 합금으로 구성하는 이유는 일반적으로 실제 핵연료봉은 Zr 합금으로 구성되며, 모사 크러드를 형성시키기 위하여 피복관 본체(121)를 실제 핵연료봉과 동일한 조건으로 구성하기 위함이다.
- [0053] 따라서, 실제 핵연료봉의 피복관이 다른 물질로 구성되는 경우, 상기 피복관 본체(121)는 실제 핵연료봉을 구성하는 피복관과 동일한 물질(재질)로 구성될 수 있다.
- [0054] 한편, 상기 피복관 본체(121)는 일 단부가 개구되고, 내부에 수용공간(121a)이 형성되는 튜브 형태로 구성될 수 있다. 이 경우, 피복관 본체(121)는 일 단부가 개구된 튜브 형태로 성형될 수도 있고, 양단부가 개구된 상태로 성형된 후 일 단부를 동일 재질로 구성되는 판재로 용접하여 구성할 수도 있다. 이 경우, 용접은 TIG(Tungsten Inert Gas) 용접방식을 이용할 수도 있다.
- [0055] 상기 피복관 본체(121)의 수용공간(121a)에는 발열체(123)가 삽입되어 장착된다. 이 경우, 상기 발열체(123)는 그 외부면이 상기 피복관 본체(121)의 내부면과 일정한 간격을 유지하도록 카트리지 형태의 단일구조로 이루어질 수도 있다. 이 경우, 상기 발열체(123)는 외부에 하스텔로이 피복(Hastelloy Sheath)이 구비되어 카트리지 형태의 구조로 이루어질 수도 있다.
- [0056] 이와 달리, 상기 발열체(123)는 일반적인 히터의 구조로 이루어질 수도 있는데, 이 경우에도 그 외부면이 상기 피복관 본체(121)의 내부면과 일정한 간격을 유지하도록 구성된다.
- [0057] 한편, 상기 발열체(123)는 상기 피복관 장착튜브(110)의 내부에 위치되는 핵연료 피복관(120)의 영역에 배치되는 크기로 이루어질 수도 있고, 이와 달리, 상기 핵연료 피복관(120)의 전체 크기(길이)와 상응하는 크기로 이루어질 수도 있다.
- [0058] 그리고, 상기 발열체(123)의 외부면과 피복관 본체(121)의 내부면 사이의 공간에는 열전달부(122)가 배치된다. 실제에 있어서, 상기 발열체(123)의 외부면과 피복관 본체(121)의 내부면 사이의 간격은 상기 열전달부(122)에 의해 결정될 수 있다. 즉, 상기 열전달부(122)가 형성되는 두께에 의해 상기 발열체(123)의 외부면과 피복관 본체(121)의 내부면 사이의 간격이 결정될 수 있다.
- [0059] 이 경우, 발열체(123)의 외부면과 열전달부(122)의 내면은 완전히 밀착된 상태로 결합되어 발열체(123)에 의해 전도되는 열이 균일하게 전달되도록 구성할 수 있다. 그리고, 열전달부(122)의 외면과 피복관 본체(121)의 내부면 또한 완전히 밀착된 상태로 결합되어 발열체(123)로부터 열전달부(122)를 통해 피복관 본체(121)로 전도되는 열이 균일하게 전달되도록 구성할 수 있다. 이 경우, 상기 열전달부(122)는 산화마그네슘(MgO) 물질 또는 산화마그네슘(MgO)이 함유된 물질로 구성될 수도 있다.



- [0060] 상기 열전달부(122)는 발열체(123)의 외부면과 피복관 본체(121)의 내부면 사이에 공극이 형성되지 않는 상태로 완전히 긴밀하게 배치(형성)되도록 하기 위하여 슬러지 상태의 물질로 투입된 후 건조되어 구성될 수도 있다.
- [0061] 상기 핵연료 피복관(120)을 제조하기 위한 방법의 일 예로, 도 3에 도시된 일 예의 공정을 통해 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관(120)이 제조될 수도 있다.
- [0062] 도 3의 (a)에 도시된 것과 같이, 일 단부가 개구되며, 내부에 수용공간(121a)이 구비되는 튜브 형태의 피복관 본체(121)가 구비된다. 이 경우, 상기 피복관 본체(121)는 상기 설명된 것과 같이, 핵 연료봉의 피복관과 동일한 재질로 이루어질 수 있다.
- [0063] 그리고, 도 3의 (b)에 도시된 것과 같이, 상기 피복관 본체(121)의 수용공간(121a)에는 열전달부(122)를 형성하게 되는 물질(122a)이 주입된다. 상기 열전달부 형성물질(122a)은 상기 수용공간(121a)의 하부영역에 공극이 발생하지 않도록 주입되며, 상기 발열체(123)와 피복관 본체(121) 사이의 공간을 매울수 있는 양으로 주입된다.
- [0064] 상기 열전달부 형성물질(122a)은 MgO 물질만으로 이루어지거나, 또는 MgO 물질이 포함된 혼합물질로 이루어질 수도 있다. 이 경우, 열전달부 형성물질(122a)은 슬러지 상태로 형성되어 상기 수용공간(121a)의 하부영역에 주입될 수 있다. MgO 물질 또는 MgO 혼합물질은 증류수와 약 1 : 1의 비율로 혼합되어 주입될 수 있다. 이 경우, 테프론관이 연결된 주사기를 이용하여 공극이 형성되지 않도록 주입할 수도 있다.
- [0065] 이 상태에서 도 3의 (c)에 도시된 것과 같이, 발열체(123)를 상기 피복관 본체(121)의 수용공간(121a)으로 삽입하게 된다. 상기 발열체(123)의 하부는 열전달부 형성물질(122a)을 가압하게 되고, 열전달부 형성물질(122a)은 압력에 의해 상기 발열체(123)의 외부면과 피복관 본체(121)의 내부면 사이의 공간으로 밀려 침투하게 된다. 이 때, 상기 발열체(123)의 외부면과 피복관 본체(121)의 내부면 사이의 공간은 슬러지 상태의 열전달부 형성물질(122a)의 유동성에 의해 침투가 용이한 정도로 형성할 수도 있다.
- [0066] 상기 슬러지 상태로 유동성을 갖는 열전달부 형성물질(122a)은 침투하게 되는 영역의 압력이 동일하게 이루어지게 되기 때문에 둘레 영역 전체가 균일한 두께로 이루어질 수 있게 되고, 이로 인해 상기 발열체(123)의 외부면과 피복관 본체(121)의 내부면 사이의 공간은 균일한 간격으로 이루어질 수 있게 된다.
- [0067] 상기와 같이, 열전달부 형성물질(122a)이 발열체(123)의 외부면과 피복관 본체(121)의 내부면 사이의 공간으로 투입된 후, 도 3의 (d)에 도시된 것과 같이, 건조 시켜 열전달부(122)를 형성하게 된다. 이 경우, 도시된 것과 같이 개부된 영역으로 커버(121b)가 장착될 수도 있다. 한편, 도시상에서는 전원의 공급을 위한 연결부(123a)가 연결된 발열체(123)를 삽입하는 것을 기초로 하였으나, 상기 연결부(123a)는 핵연료 피복관(120)이 제조된 후에 연결될 수도 있다.
- [0068] 상기와 같이 제조된 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관(120)은 도 4a에 도시된 것과 같이, 열전달부(122)가 발열체(123)와 피복관 본체(121) 사이 공간이 균일하게 형성되도록 구성될 수 있다. 이 경우, 상기 열전달부(122)가 발열체(123)와 피복관 본체(121) 사이 공간은 열전달부(122)로 완전히 채워지면서 밀착되도록 구성되어 열전달의 편차가 발생하지 않도록 구성될 수 있다.
- [0069] 상기 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관(120)은 도 4b에 도시된 것과 같이, 피복관 장착튜브(110)의 유로(110a)의 중앙부에 배치되도록 장착될 수 있다. 그리고, 상기 핵연료 피복관(120)의 외부면과 피복관 장착튜브(110)의 내부면 사이에는 공간이 형성되어 고온 고압의 수용액이 흐를 수 있도록 구성될 수 있다.
- [0070] 도 5a 및 도 5b를 참조하여, 상기와 같이 구성될 수 있는 모사 크러드 형성용 핵연료 피복관을 구비한 모사 크러드 형성장치(100)의 작동에 관한 예를 개략적으로 설명하도록 하겠다.
- [0071] 도 5a에 도시된 것과 같이, 상기 핵연료 피복관(120)의 외부면에 모사 크러드가 형성되도록 유입관(130)의 개폐밸브(131)와 배출관(140)의 개폐밸브(141)를 개방하여 상기 피복관 장착튜브(110)의 내부 유로(110a)에 고온 고압의 수용액이 흐르도록 한다.
- [0072] 만일, 도시된 것과 같이, 유입관(130)과 배출관(140) 사이에 우회관(150)이 연결된 경우, 상기 우회관(150)의 개폐밸브(151)는 차단하여 고온 고압의 수용액이 우회하여 흐르지 못하도록 한다.
- [0073] 또한, 피복관 장착튜브(110)에 다른 일 배출관(160)이 더 구비되는 경우, 상기 배출관(160)의 개폐밸브(161)를 차단하여 고온 고압의 수용액이 상기 피복관 장착튜브(110)의 유로(110a)를 통해 흐르면서 상기 핵연료 피복관(120)의 외부면에 크러드(A)를 형성하도록 한다.
- [0074] 이 경우, 상기 발열체(123)를 작동시켜 원자로의 핵연료봉에 의한 작용을 모사하게 되고, 이를 통한 수용액의

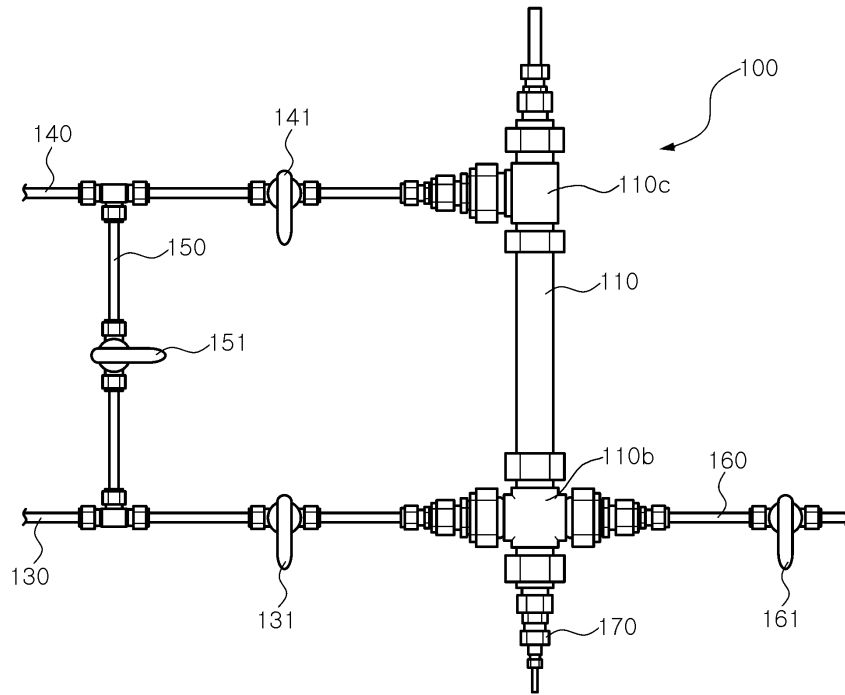


[0095] 131,141,151 ... 개폐밸브 140,150 ... 배출관

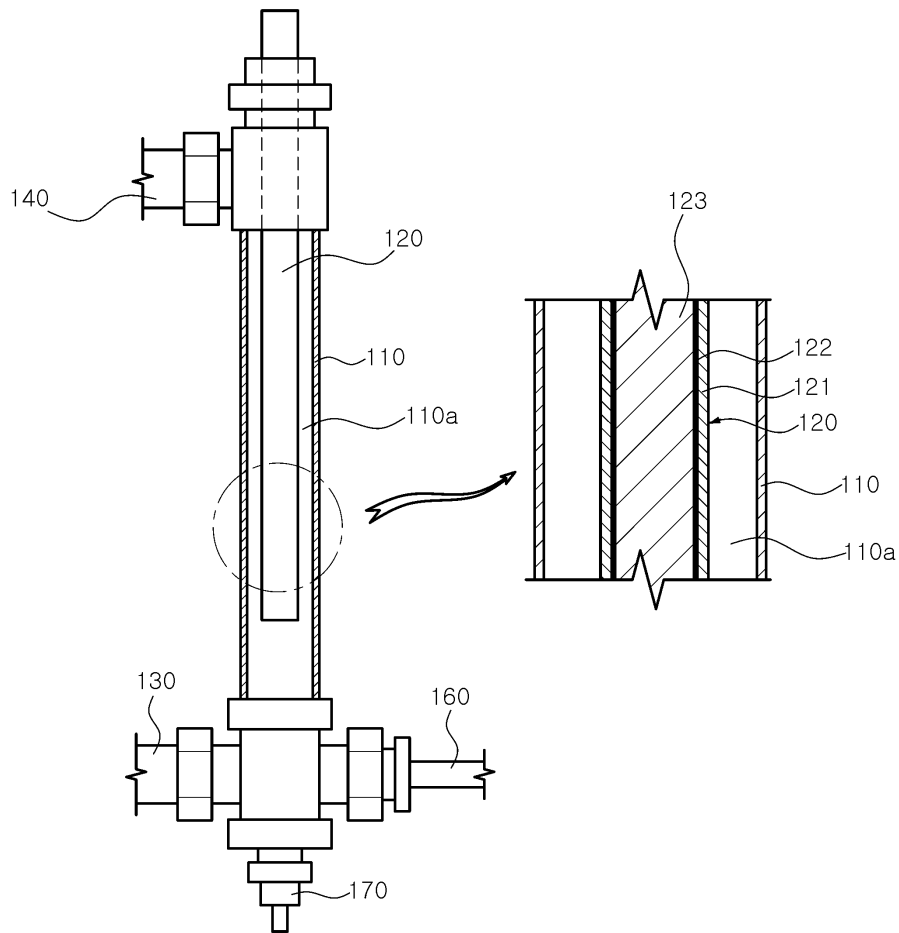
[0096] 160 ... 연결탭

도면

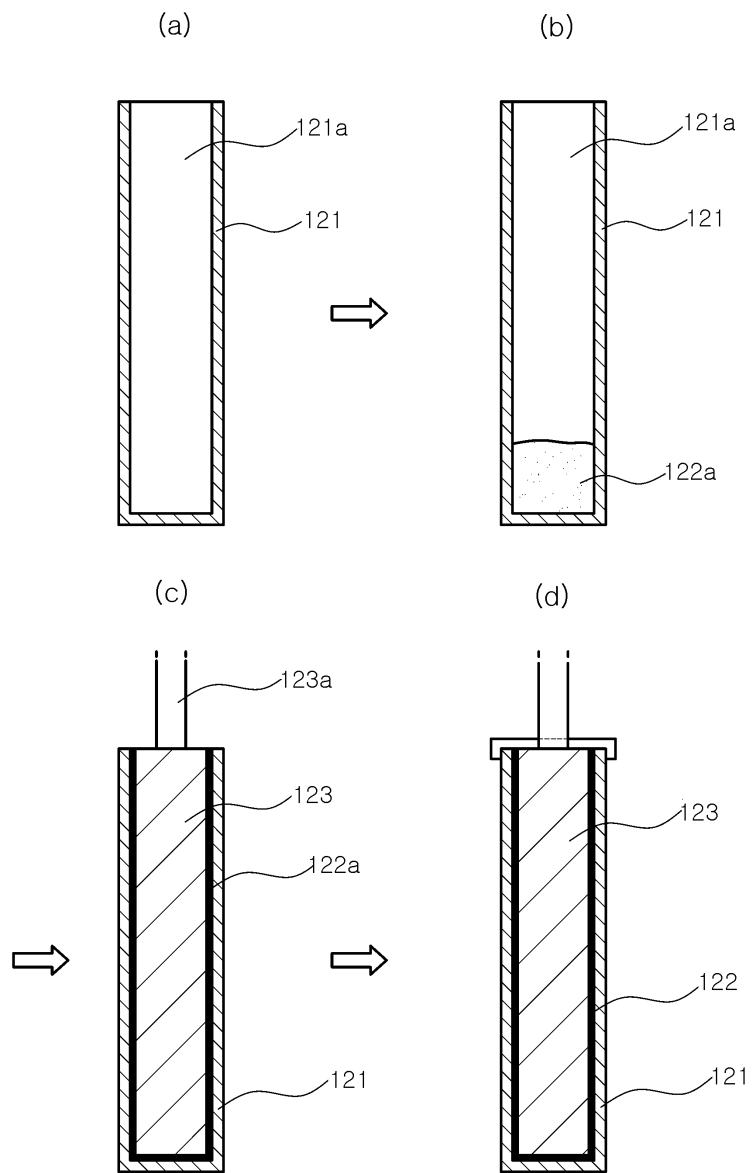
도면1



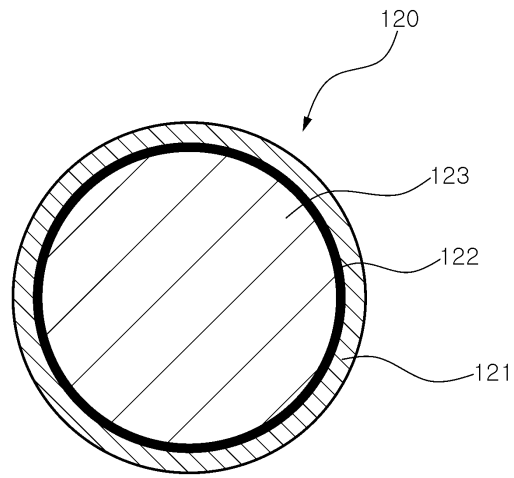
도면2



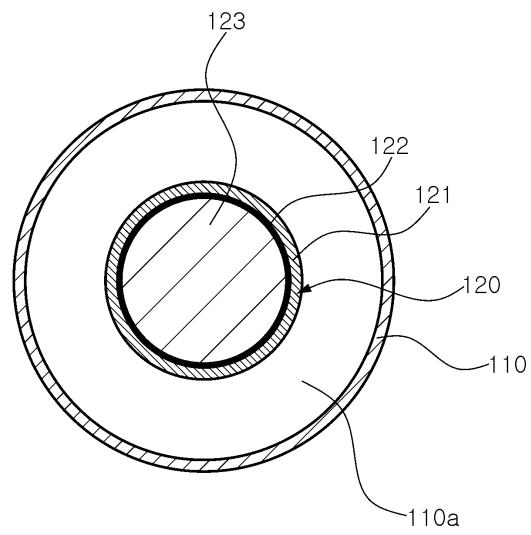
도면3



도면4a

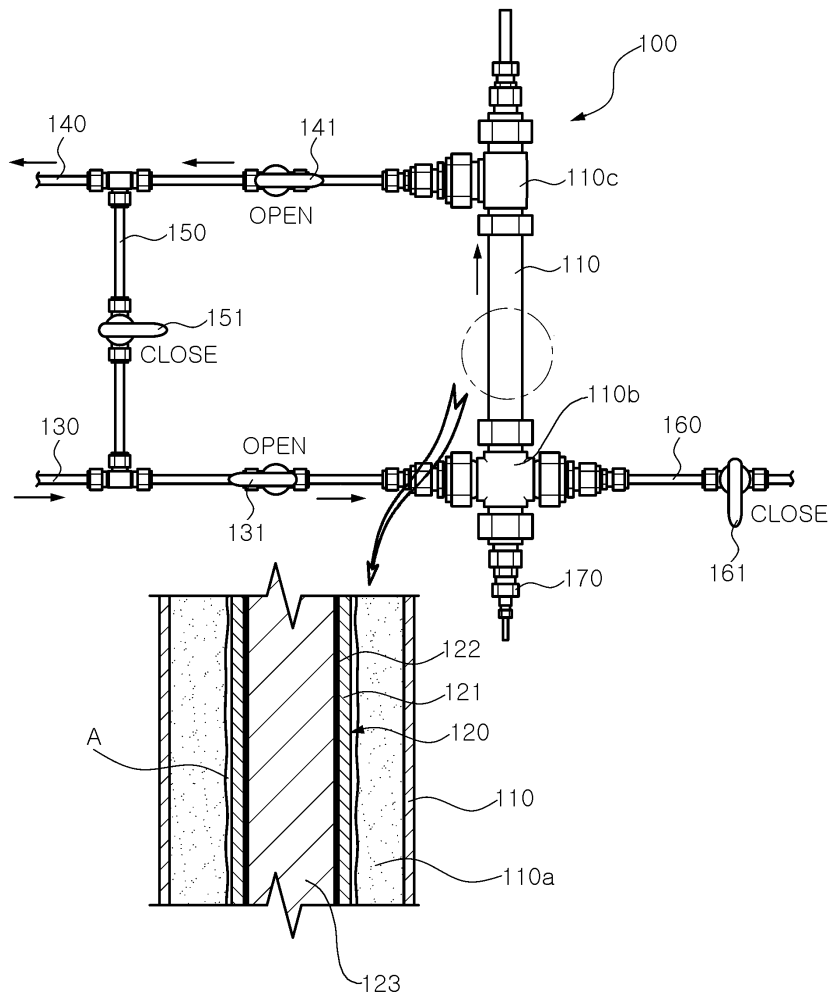


도면4b





도면5a



도면5b

