



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월10일
(11) 등록번호 10-1566633
(24) 등록일자 2015년10월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21C 9/06 (2006.01) G21D 3/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0101036
(22) 출원일자 2014년08월06일
심사청구일자 2014년08월06일
(56) 선행기술조사문헌
JP2005003371 A*
JP2011089973 A*
JP09264990 A
KR100503816 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국원자력연구원
대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)
(72) 발명자
나영수
대전 서구 만년남로 8, 108동 909호 (만년동, 상
록수아파트)
홍성완
대전 유성구 배울2로 61, 1012동 101호 (관평동,
대덕테크노밸리10단지아파트)
(74) 대리인
특허법인이름

전체 청구항 수 : 총 3 항

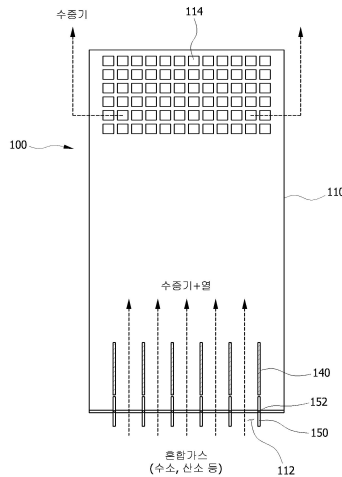
심사관 : 이용호

(54) 발명의 명칭 **피동형 수소재결합기의 수소연소저감장치**

(57) 요약

본 발명은 원자력 발전소 등에서 사고시 발생하는 수소를 효과적으로 제거해줄도록 사용되는 피동형 수소재결합기에 관한 것으로서, 수소재결합기 내외부의 온도 차를 이용하여 전기를 발생시켜 혼합가스가 유입되는 수소재결합기의 유입구 면적을 기계적으로 제어해줌으로써 유입되는 수소의 양을 줄여 과열에 따른 수소연소를 효과적으로 방지할 수 있는 피동형 수소재결합기의 수소연소저감장치를 제공한다. 이를 위한 본 발명은 수소를 함유한 혼합가스가 유입 및 배출되는 유입구 및 배출구가 형성된 케이스와, 상기 유입구를 통해 유입되는 혼합가스와 화학반응을 유도하는 촉매제가 코팅된 금속판과, 상기 유입구로 유입되는 혼합가스의 흐름을 개폐하는 개폐도어와, 상기 개폐도어를 회전 구동하는 액츄에이터와, 상기 액츄에이터에 전원을 공급하는 전원공급수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 53222-14

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 원자력연구개발사업

연구과제명 격납건물 장기 건전성 확보 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국원자력연구원

연구기간 2012.03.01 ~ 2017.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

수소를 함유한 혼합가스가 유입 및 배출되는 유입구(112) 및 배출구(114)가 형성된 케이스(110);
 상기 유입구(112)를 통해 유입되는 혼합가스와 화학반응을 유도하는 촉매제가 코팅된 금속판(140);
 상기 유입구(112)로 유입되는 혼합가스의 흐름을 개폐하는 개폐도어(150);
 상기 개폐도어(150)를 회전 구동하는 액츄에이터(130);
 상기 액츄에이터(130)에 전원을 공급하는 열전모듈(120);을 포함하며,
 상기 금속판(140)의 촉매표면 온도에 따라 상기 열전모듈(120)로부터 기전력을 발생시켜 상기 개폐도어(150)를 선택적으로 개폐하되, 상기 금속판(140)의 촉매 표면이 수소가 스스로 점화할 수 있는 온도까지 도달하기 전에 상기 개폐도어(150)를 일시적으로 닫아 혼합가스의 유입을 자동으로 차단하도록 구성된 것을 설치된 것을 특징으로 하는 피동형 수소재결합기의 수소연소저감장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 개폐도어(150)는 상기 금속판(140)의 직하방 위치에 설치되는 것을 특징으로 하는 피동형 수소재결합기의 수소연소저감장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 개폐도어(150)는 이웃하는 금속판(140) 사이 공간에 설치되어 상기 금속판(140) 사이의 유로를 개폐하는 것을 특징으로 하는 피동형 수소재결합기의 수소연소저감장치.

발명의 설명

기술분야

[0001]

본 발명은 원자력 발전소 등에서 사고시 발생되는 수소를 효과적으로 제거해줄도록 사용되는 피동형 수소재결합기에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 수소재결합기 내외부의 온도 차를 이용하여 전기를 발생시켜 혼합가스가 유입되는 수소재결합기의 유입구 면적을 기계적으로 제어해줌으로써 유입되는 수소의 양을 줄여 과열에 따른 수소연소를 효과적으로 방지할 수 있는 피동형 수소재결합기의 수소연소저감장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

일반적으로 원자력발전소 등에서 중대사고시 핵연료피복재로 사용되는 지르칼로이(Zircaloy)와 같은 금속이 고온(1000℃ 이상)에서 냉각수와 반응할 경우 많은 양의 수소를 발생시키게 된다. 특히, 격납건물 내에서 금속과 냉각수의 반응으로 인해 수소의 농도가 급격하게 증가하게 되면 수소 폭발을 하여 격납건물의 안전성을 크게 위협하게 된다.

[0003]

이와 같은 격납건물 내의 수소 농도 증가 문제를 억제하고자, 현재에는 격납건물 내부의 수소 농도를 감소시킬 수 있는 피동형 수소재결합기(Passive Autocatalytic Recombiner; PAR)와 같은 장비가 많이 사용되고 있다. 이

와 같은 피동형 수소재결합기는 가압형 경수로인 경우 격납건물 내에 30~60개 정도를 설치하여 사용하고 있다.

- [0004] 도 1은 종래의 피동형 수소재결합기를 도시한 것이다. 그리고, 도 2는 수소 및 산소 등이 포함된 혼합기체가 수소재결합기 내부를 통과하면서 화학반응에 의해 수소가 제거되는 과정을 보여주는 도면이다.
- [0005] 도 1 및 도 2를 참조하면, 종래의 피동형 수소재결합기(10)는 케이스(12)의 하단부와 상단부에 유체가 유입 및 배출되는 유입구(14) 및 배출구(16)가 형성된다. 그리고 혼합기체가 유입되는 케이스(12) 하단의 유입구(14) 부분에는 백금 촉매제가 코팅된 다수의 금속판(20)이 일정 간격으로 배열 설치된다.
- [0006] 이러한 구성을 갖는 피동형 수소재결합기(10)는 높은 수소농도를 갖는 혼합기체가 수소재결합기(10) 하부의 유입구(14)를 통하여 유입되어 금속판(20)의 표면을 지나게 되면서 수소(H₂)와 산소(O₂)가 접촉하게 됨에 따라 화학반응을 하여 수증기와 열을 발생시킨다. 이와 같은 경우 상온에서 별도의 에너지원이 없이도 수소와 산소가 산화반응을 하여 수증기 및 열을 발생하게 된다.
- [0007] 이때, 금속판(20) 표면에 코팅된 백금은 활성화 에너지를 낮추어서 산화반응이 쉽게 시작될 수 있도록 도와주는 촉매제 기능을 하게 된다.
- [0008] 그리고, 수소재결합기(10) 내에서 수소(H₂)와 산소(O₂)가 접촉하여 산화반응이 계속적으로 진행됨에 따라, 산화반응에 의해 발생된 열로 인해 혼합기체(가스 혼합물)의 밀도가 점차 낮아지게 되고 수소가 제거된 상태의 혼합기체는 수소재결합기(10) 내부에 형성된 자연대류에 의해 금속판(20)을 지나 수소재결합기(10)의 케이스(12) 내부를 따라서 상부로 이동하여 배출구(16)를 통해 밖으로 배출된다. 즉, 수소재결합기(10) 내부로 유입된 혼합기체에서 수소는 산소와의 화학반응을 통하여 제거됨으로써 격납건물 내에서 수소의 농도를 감소시킬 수 있게 된다.
- [0009] 그러나, 상술한 종래의 피동형 수소재결합기(10)의 경우, 중대사고시 수소재결합기(10)가 지속적으로 작동하게 됨에 따라 수소와 산소의 화학반응을 통해 발생된 열로 인해 촉매가 코팅되어 있는 금속판(20)의 온도가 계속적으로 올라가게 되고, 지속적으로 과열된 금속판(20)의 촉매표면은 수소가 스스로 점화할 수 있는 온도(585 ℃) 까지 도달될 수 있다. 이로 인해 수소 농도를 제어하기 위하여 설치된 수소재결합기가 오히려 또 다른 수소연소 점화원이 되어 안전상의 위험을 초래할 수 있게 되는 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국 공개특허공보 제2013-0091395호(2013.08.19)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명에서 해결하고자 하는 기술적 과제는 혼합기체가 유입되는 수소재결합기의 유입구 부분에 열전효과에 의해 자체 발생된 전기를 이용하여 유입구의 면적을 자동으로 조절하도록 하는 개폐도어를 설치하여 수소재결합기 내부로 유입되는 수소의 양을 자동으로 줄여줌으로써, 금속판 촉매표면의 지속적인 과열로 인한 수소연소 문제를 효과적으로 방지할 수 있는 피동형 수소재결합기의 수소연소저감장치를 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 피동형 수소재결합기의 수소연소저감장치는, 수소를 함유한 혼합가스가 유입 및 배출되는 유입구 및 배출구가 형성된 케이스와, 상기 유입구를 통해 유입되는 혼합가스와 화학반응을 유도하는 촉매제가 코팅된 금속판과, 상기 유입구로 유입되는 혼합가스의 흐름을 개폐하는 개폐도어와, 상기 개폐도어를 회전 구동하는 액츄에이터와, 상기 액츄에이터에 전원을 공급하는 전원공급수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 여기서, 상기 전원공급수단으로는 수소재결합기의 케이스 내외부 온도차를 이용하여 기전력을 발생시킬 수 있는

열전모듈이 채용될 수 있다.

[0014] 그리고, 상기 혼합가스의 유입을 개폐하는 개폐도어는 금속판의 직하방 위치에 설치되도록 구성할 수 있다.

[0015] 또는, 상기 개폐도어를 서로 이웃하는 금속판 사이 공간에 배치하여 금속판 사이의 유로를 선택적으로 개폐할 수 있도록 구성할 수도 있다.

발명의 효과

[0016] 상기한 구성을 갖는 본 발명에 의하면, 고농도의 수소를 함유한 혼합가스가 유입되는 수소재결합기의 유입구 부분에 혼합가스의 유입을 선택적으로 차단할 수 있는 개폐도어를 설치하고, 수소재결합기 내외부의 온도차를 이용하여 전기를 발생시킬 수 있는 열전모듈을 설치하여, 열전모듈에서 의해 발생하는 기전력을 이용하여 액츄에이터를 구동하여 개폐도어를 통해 혼합가스의 유입량을 자동으로 조절함으로써, 금속판 촉매 표면의 과열에 의한 잠재적인 수소연소를 억제할 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명의 피동형 수소재결합기의 수소연소저감장치를 사용하게 되면, 중대사고 시 장시간 동안 수소재결합기를 작동하여도 개폐도어를 통해 자동으로 수소의 유입량을 제어해줄 수 있기 때문에 격납건물의 건전성 확보에 크게 기여할 수 있는 효과가 있다. 아울러, 수소재결합기 내에서 수소와 산소의 화학반응으로 발생하는 열과 수소재결합기 외부의 온도 차이에 의한 열전효과를 이용하여 전기를 발생시켜 개폐도어를 구동하도록 되어 있기 때문에 외부로부터 별도의 전력공급이 필요 없으므로 중대사고 대처 설비로 활용될 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 종래의 피동형 수소재결합기를 도시한 사시도.

도 2는 수소를 포함한 혼합기체가 수소재결합기 내부를 통과하면서 화학반응에 의해 수소가 제거되는 과정을 보여주는 개념도.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 피동형 수소재결합기의 수소연소저감장치를 도시한 개념도.

도 4는 본 발명에 따른 수소연소저감장치의 주요부 구성을 보여주는 구성도.

도 5는 금속판 주변의 온도 변화에 따른 개폐도어의 작동을 보여주는 예시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 본 발명의 바람직한 일 실시 예를 첨부도면을 참조하여 상세하게 설명하기로 한다.

[0020] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 피동형 수소재결합기의 수소연소저감장치를 도시한 개념도이다. 그리고, 도 4는 본 발명에 따른 수소연소저감장치의 주요부 구성을 도시한 구성도이다.

[0021] 도 3 과 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 피동형 수소재결합기(100)의 수소연소저감장치는, 수소를 함유한 혼합가스가 유입 및 배출되는 유입구(112) 및 배출구(114)가 형성된 케이스(110)와, 상기 케이스(110)의 유입구(112) 부분에 설치되며 유입구(112)를 통해 유입되는 혼합가스와 화학반응을 유도하는 촉매제가 코팅된 금속판(140)과, 상기 케이스(110)의 유입구(112) 부분에 회전가능하게 설치되며 유입구(112)로 유입되는 혼합가스의 흐름을 개폐하는 개폐도어(150)와, 상기 개폐도어(150)를 회전 구동하는 액츄에이터(130)와, 상기 액츄에이터(130)에 전원을 공급하는 전원공급수단을 포함하여 구성된다.

[0022] 수소재결합기(100)의 케이스(110) 하단부에는 수소가 함유된 혼합가스가 유입되는 유입구(112)가 형성되고, 상기 유입구(112)의 내측 부분에는 촉매제가 코팅된 다수의 금속판(140)이 일정 간격을 이루며 배열 설치된다.

[0023] 그리고, 유입구(112)를 통해 유입된 혼합가스가 복수의 금속판(140) 사이를 통과하며 산화반응을 한 후 수소가 제거된 상태에서 외부로 배출될 수 있도록 케이스(110)의 상단부에 배출구(114)가 형성된다.

[0024] 이때, 금속판(140) 표면에 코팅되는 촉매제로는 백금 촉매가 사용될 수 있다. 이러한 백금 촉매는 활성화 에너지를 낮추어서 산화반응이 쉽게 유도될 수 있도록 한다.

[0025] 케이스(110) 하부의 유입구(112)를 통해 유입된 혼합가스는 다수의 금속판(140) 사이 공간을 통과하면서 백금 촉매가 코팅된 금속판(140) 표면과 접촉하여 화학반응을 하게 된다.

[0026] 즉, 혼합가스 중에 포함된 수소(H₂)가 산소(O₂)와 접촉하여 다음과 같은 화학반응을 통해 수증기와 열을 발생시

키게 된다.

- [0027] 화학반응 : $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + 120KJ/g$
- [0028] 이 경우, 수소가 산소와 반응하여 상온에서도 별도의 에너지원이 없이 산화반응을 통해 수증기 및 열을 발생시키게 된다.
- [0029] 이와 같은 산화반응을 통해 발생하는 고온의 열에 의해 혼합가스의 밀도는 낮아지게 되고, 케이스(110) 내부에는 자연대류 분위기가 형성되어 산화반응 후 생성된 수증기는 수소가 현저하게 제거된 상태로 케이스(110) 상부의 배출구(114)를 통해 외부로 배출된다. 이로 인해 격납건물 내의 수소의 농도를 감소시킬 수 있게 된다.
- [0030] 한편, 상기와 같은 수소재결합기(100)가 지속적으로 작동하게 되면 수소와 산소의 산화반응에 의해 발생한 고온의 열이 축적되어 금속판(140)의 온도가 계속적으로 상승하게 된다.
- [0031] 그리고, 이렇게 과열된 금속판(140) 측면 표면은 수소가 스스로 점화할 수 있는 온도(585℃)까지 도달될 수 있다. 이 때문에 과열된 금속판(140) 표면이 또 다른 형태의 수소 연소 점화원을 작용될 수 있는 문제를 발생시킨다.
- [0032] 이를 방지하기 위해, 본 발명의 수소재결합기(100)에는 금속판(140) 주위의 온도가 수소의 점화온도에 가깝게 도달될 경우 혼합가스가 유입되는 유입구(112)를 일시적으로 닫아 혼합가스의 유입을 자동으로 차단하는 복수의 개폐도어(150)가 설치된다.
- [0033] 이때, 상기 개폐도어(150)는 도 3에 도시된 실시 예 형태와 같이 금속판(140)의 직하방 위치에 회전가능하게 설치될 수 있다. 그리고, 상기 유입구(112)로 유입되는 혼합가스의 흐름을 개폐도어(150)를 통해 선택적으로 개폐할 수 있다.
- [0034] 구체적으로, 상기 개폐도어(150)의 회전축(152)은 금속판(140)의 하단으로부터 소정거리 이격된 하부측 유입구(112) 부분에 위치되도록 회전가능하게 설치될 수 있다.
- [0035] 이때, 상기 개폐도어(150)는 액츄에이터(130)를 통해 정/역방향으로 90도 각도로 회전구동된다. 즉, 액츄에이터(130)에 전원이 공급됨에 따라 상기 액츄에이터(130)를 통해 개폐도어(150)를 90도 각도로 회전 구동함으로써 개폐도어(150)가 금속판(140) 사이의 유로를 막아 유입구(112)로 혼합가스의 유입을 차단할 수 있다.
- [0036] 상기한 실시 예 구조와 달리 상기 개폐도어(150)를 서로 이웃하는 금속판(140) 사이 공간부에 회전가능하게 설치함으로써 금속판(140) 사이의 유로를 선택적으로 개폐하도록 구성할 수도 있다.
- [0037] 이때, 상기 개폐도어(150)의 형상은 금속판(140) 사이의 유로 단면적 형상에 대응하는 직사각형 형상을 갖도록 형성하는 것이 바람직하다.
- [0038] 한편, 액츄에이터(130)에 전원을 공급하는 전원공급수단으로는, 펠티에 효과(Peltier effect)에 의한 흡열 또는 발열을 이용하여 전기를 발생시키는 열전모듈(Thermoelectric module)이 채용될 수 있다.
- [0039] 상기 열전모듈(120)은 금속판(140) 주변에서의 케이스(110) 내외부의 온도차를 이용하여 전압을 발생시켜 상기 액츄에이터(130)로 전원을 공급하게 된다.
- [0040] 이때, 상기 열전모듈(120)의 한쪽 접점은 저온 분위기로 유지되는 케이스(110)의 외면에 위치되고 다른 한쪽 접점은 고온 분위기로 유지되는 금속판(140) 주변의 케이스(110)의 내면에 위치되도록 설치된다.
- [0041] 이와 같은 방식으로 열전모듈(120)을 설치하게 되면, 수소와 산소의 화학반응시 금속판(140) 주변 온도가 지속적으로 상승하여 일정온도 시점에 도달될 경우, 열전모듈(120)의 양 접점의 온도차에 의해 기전력이 발생된다.
- [0042] 그리고 상기 열전모듈(120)에서 발생한 전기로 액츄에이터(130)를 구동하여 개폐도어(150)를 회전시켜 혼합가스의 유입을 차단함으로써 금속판(140) 주변부가 일정온도 이상으로 과열되는 것을 억제할 수 있다.
- [0043] 도 5는 금속판(140) 주변의 온도 변화에 따른 개폐도어(150)의 작동을 예시한 도면이다.
- [0044] 도 5의 (a)는 케이스(110)의 유입구(112) 내부로 혼합가스가 초기 유입되는 상태로서, 개폐도어(150)가 금속판(140)과 평행을 이룬 상태로 개방되기 때문에 유입구(112)를 통해 혼합가스가 정상적으로 유입된다.
- [0045] 이 경우, 혼합가스 중 수소와 산소의 화학반응으로 금속판(140) 주변에 열이 발생되지만 케이스(110) 내외부의 온도차가 많이 나지 않아 열전모듈(120)에서는 액츄에이터(130) 구동에 필요한 수준의 기전력이 발생되지 않는

다. 따라서, 액츄에이터(130)는 구동되지 않는 상태로 유지된다.

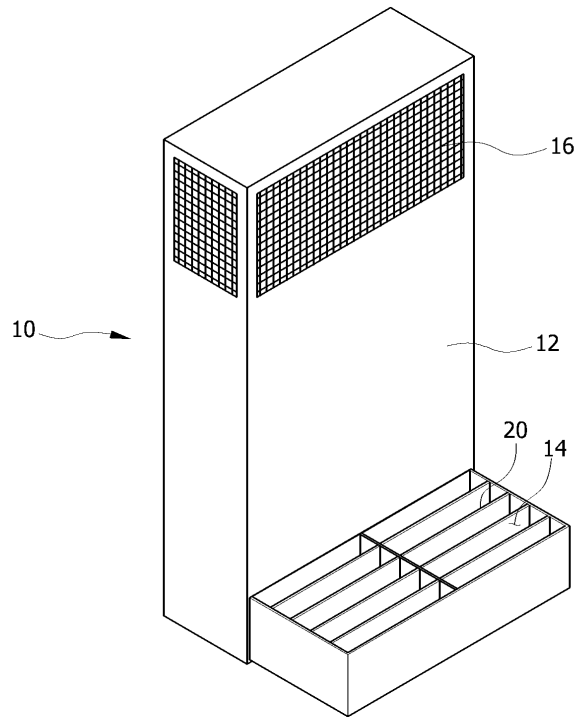
- [0046] 이후, 수소와 산소의 지속적인 발열반응으로 금속판(140) 주변의 온도가 상승되어 일정온도에 도달될 경우, 케이스(110) 내외부의 온도차에 의해 열전모듈(120)로부터 일정수준의 기전력이 발생됨에 따라 액츄에이터(130)를 구동시키게 된다.
- [0047] 이렇게 되면, 도 5의 (b)와 같이 개폐도어(150)가 초기 상태에서 90도 각도로 회전되어 금속판(140) 사이의 유로로 혼합가스가 유입되는 것을 차단하게 된다. 이로 인해 금속판(140) 주변부가 화학반응에 의해 과도하게 과열되어 수소 연소가 이루어지게 되는 것을 미연에 방지할 수 있다.
- [0048] 상기와 같이 개폐도어(150)가 폐쇄되어 혼합가스의 유입이 차단된 상태에서 일정시간이 지난 후에는 금속판(140) 주변에서 수소와 산소의 화학반응이 더 이상 이루어지지 않기 때문에 금속판(140) 주변의 온도는 점차 낮아지게 된다.
- [0049] 이렇게 되면 케이스(110) 내외부의 온도차가 다시 일정수준 이하로 떨어지게 되어 열전모듈(120)로부터 기전력이 상실되기 때문에 도 5의 (c)와 같이 개폐도어(150)는 스프링(미도시)과 같은 탄성 복귀수단을 통해 다시 금속판(140)과 평행한 초기의 상태로 복귀되어 유입구(112)를 개방함으로써 혼합가스의 유입이 다시 이루어지게 된다.
- [0050] 상술한 바와 같이, 혼합가스가 유입되는 케이스(110)의 유입구(112) 부분에 케이스(110) 내외부의 온도차에 따른 열전효과에 의해 기전력을 발생시킬 수 있는 열전모듈(120)을 설치하고, 금속판(140) 주변에서의 발열반응에 의해 온도가 일정온도까지 상승하는 경우 상기 열전모듈(120)로부터 발생하는 전기로 액츄에이터(130)를 구동시켜 개폐도어(150)를 닫아 혼합가스의 유입을 자동으로 차단해 줌으로써 유입구로 유입되는 수소의 양을 줄여 촉매의 과열로 인한 수소연소를 미연에 억제할 수 있다.
- [0051] 또한, 중대사고 시 장시간 동안 수소재결합기를 작동하여도 개폐도어를 통해 자동으로 수소의 유입량을 제어해 줄 수 있기 때문에 격납건물의 건전성 확보에 크게 기여할 수 있다.
- [0052] 아울러, 수소재결합기 내에서 수소와 산소의 화학반응으로 발생하는 열과 수소재결합기 외부의 온도 차이에 의한 열전효과를 이용하여 전기를 발생시켜 개폐도어를 구동하기 때문에 외부로부터 별도의 전력공급이 필요 없으므로 중대사고 대처 설비로 활용될 수 있다.
- [0053] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명하였으나, 본 발명의 범위는 이같은 특정 실시 예에만 한정되지 않으며, 해당분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 특허청구범위 내에 기재된 범주 내에서 적절하게 변경이 가능할 것이다.

부호의 설명

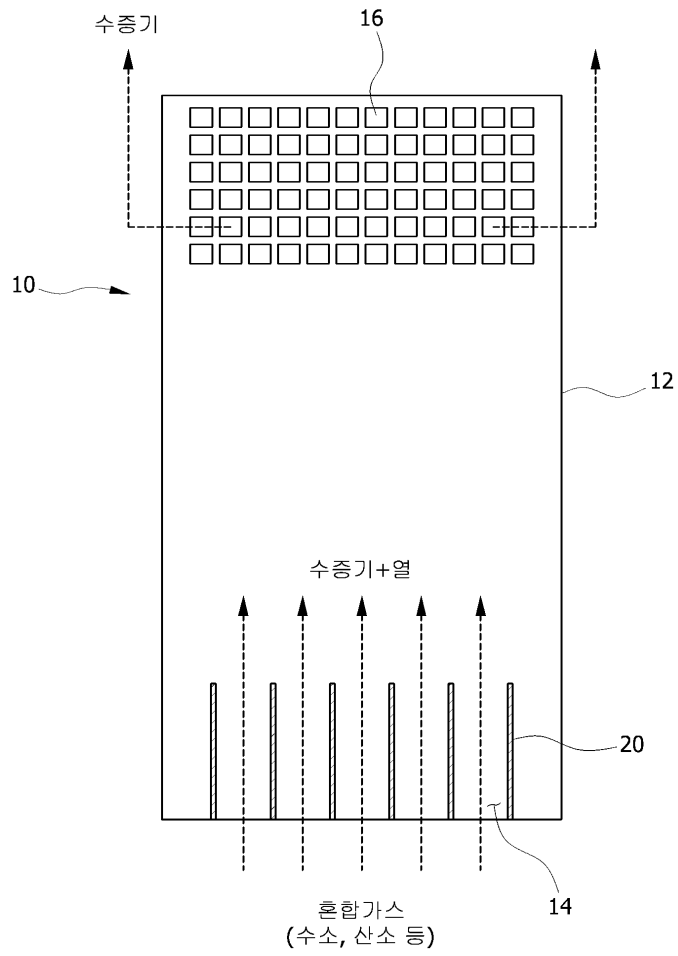
- [0054] 100 : 수소재결합기 110 : 케이스
- 112 : 유입구 114 : 배출구
- 120 : 열전모듈 130 : 액츄에이터
- 140 : 금속판 150 : 개폐도어
- 152 : 회전축

도면

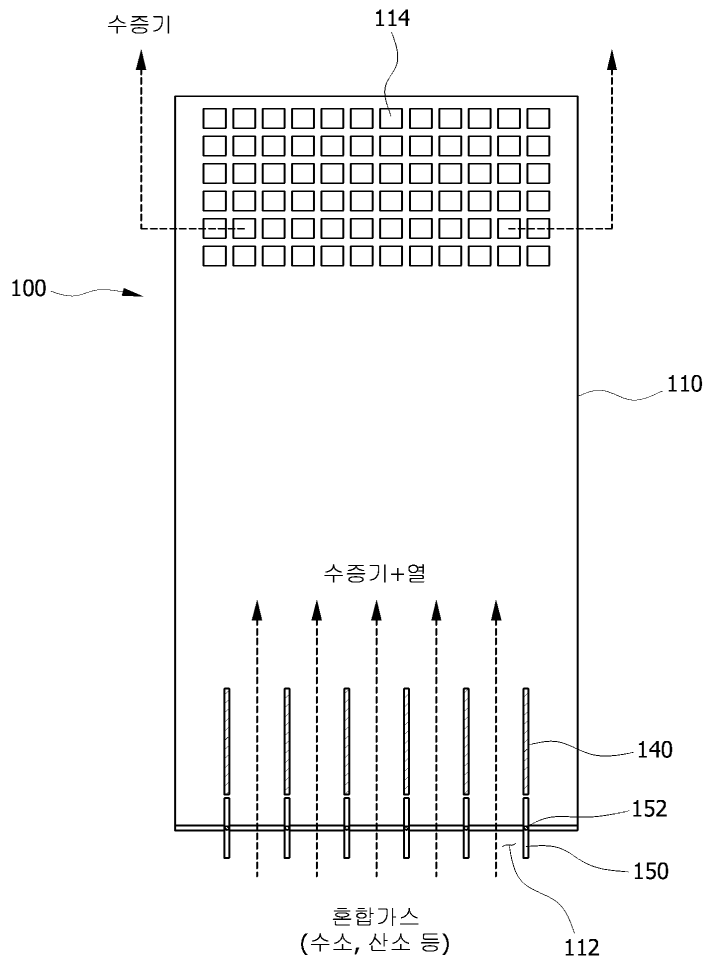
도면1



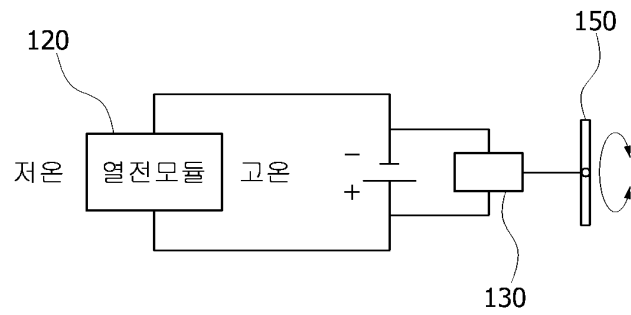
도면2



도면3



도면4



도면5

