



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0062668
(43) 공개일자 2009년06월17일

(51) Int. Cl.

H01M 8/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0130049

(22) 출원일자 2007년12월13일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

현대자동차주식회사

서울 서초구 양재동 231

연세대학교 산학협력단

서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

(72) 발명자

이성호

경기 성남시 분당구 구미동 무지개마을신한아파트
301-1106

이진호

서울 서초구 잠원동 신반포 8차 308-806

정옥철

서울 강남구 대치3동 978-20

(74) 대리인

백남훈, 이학수

전체 청구항 수 : 총 8 항

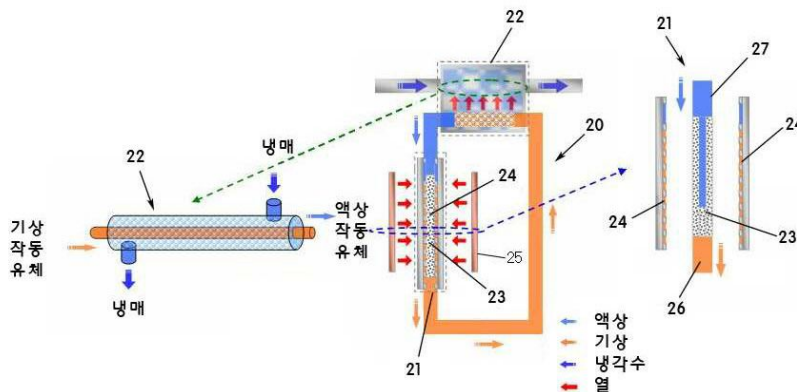
(54) 연료전지용 냉각시스템

(57) 요약

본 발명은 연료전지용 냉각시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 동력소모가 없는 자연순환식 2상 열전달 기기를 이용하여 복잡한 연료전지 냉각시스템의 구성을 단순화하는 동시에 전체 시스템의 효율을 향상시킬 수 있도록 한 연료전지용 냉각시스템에 관한 것이다.

이를 위해, 본 발명은 액상의 작동유체가 열을 흡수하여 기상의 작동유체로 증발시켜 배출시키는 증발부; 상기 증발부에서 증발된 기상의 작동유체를 응축시키는 응축부; 상기 증발부에서 기화된 작동유체를 응축부로 이송하는 기체이송관; 및 상기 응축부에서 액화된 작동유체를 증발부로 이송하는 액체이송관을 포함하여 구성되고, 상기 증발부가 연료전지에서 발생한 열을 흡수하여 연료전지를 냉각하는 것을 특징으로 하는 연료전지용 냉각시스템을 제공한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

연료전지용 냉각시스템에 있어서,

액상의 작동유체가 열을 흡수하여 기상의 작동유체로 증발시켜 배출시키는 증발부;

상기 증발부에서 증발된 기상의 작동유체를 응축시키는 응축부;

상기 증발부에서 기화된 작동유체를 응축부로 이송하는 기체이송관; 및

상기 응축부에서 액화된 작동유체를 증발부로 이송하는 액체이송관을 포함하여 구성되고, 상기 증발부가 연료전지에서 발생한 열을 흡수하여 연료전지를 냉각하는 것을 특징으로 하는 연료전지차량용 냉각시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 증발부는 액상의 작동유체가 유입되는 유입구와, 기상의 작동유체가 배출되는 배출구와, 작동유체의 열전달을 용이하게 해주는 내부유로를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지차량용 냉각시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 증발부의 유입구와 배출구는 중력방향에 대하여 높이차를 갖는 것을 특징으로 하는 연료전지차량용 냉각시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 증발부 내부의 열전달 효율을 높이기 위하여 내부유로가 요철모양으로 형성된 것을 특징으로 하는 연료전지차량용 냉각시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 증발부는 연료전지의 분리판 사이에 박판 형태로 설치되는 것을 특징으로 하는 연료전지차량용 냉각시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 증발부는 직사각형인 것을 특징으로 하는 연료전지차량용 냉각시스템.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 증발부 내의 정체 영역이 발생되지 않도록 정체되는 부분이 일정각도로 경사지게 형성되는 것을 특징으로 하는 연료전지차량용 냉각시스템.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서,

상기 응축부는 안정적인 작동유체의 순환을 위해 증발부보다 높게 위치하는 것을 특징으로 하는 연료전지차량용 냉각시스템.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 연료전지용 냉각시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 동력소모가 없는 자연순환식 2상 열전달 기기를 이용하여 복잡한 연료전지 냉각시스템의 구성을 단순화하는 동시에 전체 시스템의 효율을 향상시킬 수 있도록 한 연료전지용 냉각시스템에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 현재의 자동차 산업은 갈수록 엄격해지는 대기오염물질 배출에 대한 규제 강화에 따라 기존의 내연기관을 대체 할 새로운 차량용 동력원을 찾고 있다. 이러한 요구에 부응하는 새로운 차량용 동력원으로서 현재 가장 현실적인 대안으로 여겨지고 있는 것이 바로 연료전지이다.
- <3> 특히, 여러 종류의 연료전지 중 PEMFC(proton exchange membrane fuel cell)는 높은 전력밀도 및 짧은 시동시간, 운전부하에 대한 빠른 응답성 등으로 인해 차량용 대체 동력원으로서 큰 관심을 불러일으키고 있다.
- <4> 하지만 현재의 PEMFC는 차량용 동력원으로서 기존의 내연기관을 완전히 대체하기에는 경제적·기술적으로 많은 한계점을 지니고 있으며, 이러한 문제점 중 특히 연료전지 시스템의 운전온도 제어를 담당하는 냉각시스템은 그 복잡성 및 소모동력의 과다함으로 인해 연료전지 시스템의 사용화를 가로막는 가장 큰 문제점 중 하나로 여겨지고 있다.
- <5> 차량용 대체 동력원으로서 관심을 받고 있는 PEMFC는 연료인 수소를 공급받아 대기 중의 산소와 반응시켜 전력을 생산하고 그 부산물로서 물을 배출하는 에너지 전환장치이다.
- <6> 상기 PEMFC는 연료인 수소를 환원시키기 위해 수소이온(H⁺)을 촉매층이 있는 공기극(cathode)으로 이동시켜야 하며, 상기 수소양이온(proton)을 이동시키기 위해 특수한 전해질 막(membrane)을 사용한다.
- <7> 상기 전해질 막이 수소이온 이동성을 가지기 위한 가장 중요한 조건은 바로 이 막이 충분히 물에 젖어 있어야 한다는 것이다. 그러므로, 차량용 연료전지의 운전을 위해 전해질 막의 충분한 습윤도(wettability)를 보장하는 것은 안정적인 전력생산을 위한 필수적인 조건이라 할 수 있다.
- <8> 이와 더불어 PEMFC는 저온형 연료전지로서 수소의 환원반응을 일으키기 위해 촉매를 사용한다. 상기 촉매에 의한 반응은 운전온도에 의해 그 효율이 크게 변하며, 이상적으로는 온도가 높을수록 높은 효율을 가진다.
- <9> 그러나, 전술한 바와 같이 PEMFC는 충분히 물에 젖어있는 전해질 막을 가져야 하므로, 전해질 막의 높은 습윤도와 높은 운전온도를 동시에 보장할 수 있는 운전조건 하에서 운전되어야 한다.
- <10> 이와 같은 운전온도의 중요성으로 인해 차량용 연료전지 시스템에는 화학반응 시 발생하는 반응열을 냉각시키는 냉각장치를 필요로 한다.
- <11> 종래 PEMFC의 냉각에 사용되는 방법은 분리판 내부로 냉각수를 순환시켜 냉각을 하는 방식이다.
- <12> 도 1은 기존의 연료전지차량용 냉각시스템을 나타내는 개략도로서, 시스템 온시 진공펌프(1)가 연료전지(2) 내부의 공기를 흡입하여 진공상태로 만들면 압력차에 의해 물 탱크(3)의 냉각수가 연료전지(2) 내부로 공급되고, 연료전지(2)의 내부에 공급된 냉각수는 분리판(3) 내부를 순환하여 연료전지(2)에서 발생한 열을 흡수한 후, 라디에이터(4)로 이동하여 냉각된 후 다시 연료전지(2)의 온도를 적정온도로 유지하게 된다.
- <13> 그러나 기존의 연료전지의 냉각시스템은 진공펌프(1), 물탱크(3) 및 라디에이터(4) 등과 같은 매우 복잡한 구성을 가질 뿐만 아니라, 냉각수 순환을 위해 진공펌프(1)가 동력을 소모한다는 단점을 갖는다.
- <14> 또한, 냉각수를 이용한 현열교환식 냉각방식은 전지면적에 대해 냉각수 흐름방향으로 불균일한 온도구배를 야기한다는 점에서 또 다른 문제점을 야기한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<15> 본 발명은 상기와 같은 점을 감안하여 안출한 것으로서, 작동유체의 상변화에 따른 증발잠열 및 중력을 이용하는 자연순환식 2상 열교환기를 개발함으로써, 작동유체의 순환에 별도의 동력 없이 대량의 열을 매우 적은 손실로 전달하여 기존의 냉각시스템에 비해 전체 시스템의 체적을 크게 줄일 수 있으며, 소모동력의 제거로 인한 전체 시스템의 효율을 향상시킬 수 있도록 한 연료전지용 냉각시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결수단

- <16> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 연료전지용 냉각시스템에 있어서,
- <17> 액상의 작동유체가 열을 흡수하여 기상의 작동유체로 증발시켜 배출시키는 증발부; 상기 증발부에서 증발된 기상의 작동유체를 응축시키는 응축부; 상기 증발부에서 기화된 작동유체를 응축부로 이송하는 기체이송관; 및 상기 응축부에서 액화된 작동유체를 증발부로 이송하는 액체이송관을 포함하여 구성되고, 상기 증발부가 연료전지에서 발생한 열을 흡수하여 연료전지를 냉각하는 것을 특징으로 한다.
- <18> 바람직한 구현예로서, 상기 증발부는 액상의 작동유체가 유입되는 유입구와, 기상의 작동유체가 배출되는 배출구와, 작동유체의 열전달을 용이하게 해주는 내부유로를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <19> 더욱 바람직한 구현예로서, 상기 증발부의 유입구와 배출구는 중력방향에 대하여 높이차를 갖는 것을 특징으로 한다.
- <20> 또한, 상기 증발부 내부의 열전달 효율을 높이기 위하여 내부유로가 요철모양으로 형성된 것을 특징으로 한다.
- <21> 또한, 상기 증발부는 연료전지의 분리판 사이에 박판 형태로 설치되는 것을 특징으로 한다.
- <22> 또한, 상기 증발부는 직사각형인 것을 특징으로 한다.
- <23> 또한, 상기 증발부 내의 정체 영역이 발생되지 않도록 정체되는 부분이 일정각도로 경사지게 형성되는 것을 특징으로 한다.
- <24> 특히, 상기 응축부는 안정적인 작동유체의 순환을 위해 증발부보다 높게 위치하는 것을 특징으로 한다.

효과

<25> 이상에서 본 바와 같이, 본 발명에 따른 연료전지용 냉각시스템에 의하면, 박판형 열 사이폰 루프 형태로 냉각장치를 구성하고, 작동유체가 중력에 의해 순환하게 됨으로써, 별도의 동력원을 필요하지 않으며, 이를 연료전지에 장착할 경우 기존의 냉각수 순환 펌프 및 냉각수 전처리 장치 등이 모두 불필요하게 되므로, 전체 연료전지시스템을 단순화시킬 수 있으며, 전체 연료전지 시스템의 효율을 향상시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <26> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면을 참조로 상세하게 설명한다.
- <27> 첨부한 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 연료전지차량용 냉각시스템을 나타내는 구성도이고, 도 3은 도 2의 냉각시스템의 작동원리를 설명하기 위한 개념도이고, 도 4a는 본 발명에 따른 냉각시스템에서 상관을 나타내는 구성도이고, 도 4b는 하관을 나타내는 구성도이다.
- <28> 본 발명의 일실시예에 따른 냉각시스템(10)은 차량용 연료전지(2) 냉각에 응용될 수 있도록 평판형 구조를 가진다. 또한, 상기 냉각시스템(10)은 차량용 연료전지(2)의 냉각에 적합하도록 분리판과 같은 직사각형 구조이다.
- <29> 그리고, 상기 냉각시스템(10)은 차량용 연료전지(2)의 적용을 위해 증발부(11) 측이 중력방향과 평행하거나 운전조건에 따라 기울어 짐을 전제로 한다.
- <30> 본 발명의 일실시예에 따른 냉각시스템(10)은 증발부(11), 응축부(12) 및 작동유체 이송관으로 구성되고, 증발부(11)로의 액상 작동유체 유입보다 기상 작동유체의 배출이 높은 위치에서 일어나도록 높이 차를 둔다.
- <31> 상기 증발부(11)는 액상의 작동유체가 열을 흡수하여 기상의 작동유체로 증발되도록 하는 기능을 하고, 액상의 작동유체가 유입되는 유입구(11a), 기상의 작동유체가 배출되는 배출구(11b), 작동유체로의 열전달을 용이하게 해주는 내부유로(11c)로 구성된다.
- <32> 연료전지(2)의 운전조건에 따라 증발부(11) 모서리 부분에 정체영역이 발생하게 되는데, 이는 중력의 영향으로 증발부(11) 내부에 작동유체의 배출구(11b)보다 높은 지점에서 작동유체가 적절히 배출되지 않기 때문이다.

- <33> 따라서 이 부분을 없애기 위해 증발부(11)의 모양을 직사각형이 아닌 정체되는 부분에 약간의 각을 만들어 정체 영역을 방지하도록 한다.
- <34> 상기 작동유체 이송관은 증발부(11)에서 나오는 기상의 작동유체가 응축부(12)로 이송되는 기체이송관(13)과, 응축부(12)에서 나오는 액상의 작동유체가 증발부(11)로 이송되는 액체이송관(14)으로 구성되어 있다.
- <35> 상기 기체이송관(13)과 액체이송관(14)의 증발부(11) 연결 시, 작동유체의 안정적인 순환을 돕기 위해 기체이송관(13)이 액체이송관(14) 보다 높은 위치에서 연결되도록 한다.
- <36> 상기 응축부(12)는 기상의 작동유체가 들어와 외부로 열을 방출함으로써 기상에서 액상으로 전환되는 영역이고, 작동유체의 안정적 순환을 위해 증발부(11) 보다 높은 곳에 위치하도록 한다.
- <37> 이와 같은 구성에 의해 본 발명에 따른 연료전지용 냉각시스템(10)의 작동상태를 설명하면 다음과 같다.
- <38> 먼저, 차량용 연료전지(2)의 전해질막에서 반응열이 발생하고, 이 반응열이 증발부(11)로 열전달이 되고, 전달된 열에 의해 증발부(11) 내부의 온도가 상승하게 된다. 이때, 상기 증발부(11) 내부에서는 액상작동유체의 증발부(11) 내 포화온도에 해당하는 포화증기압이 발생한다.
- <39> 즉, 작동유체의 증발잠열에 의해 대량의 열을 적은 작동유체의 온도차로 흡수한 다음, 상기 증발부(11) 내부에 발생한 포화증기압으로 인해 기상작동유체가 배출구(11b)를 통해 배출되게 된다.
- <40> 그 다음, 증발부(11) 내부에서 발생한 증기압이 작동유체의 흐름 경로를 따라 압력강하량과 같아지는 시점에 작동유체의 전체 루프를 통한 작동유체의 순환이 이루어지게 된다.
- <41> 정상상태 순환이 이루어진 후 기상 작동유체 이송관(13)으로 이송된 기상 작동유체는 응축부(12)에서 열을 방출하며 응축 및 과냉(subcooling)된다.
- <42> 이 때의 작동유체 순환의 구동력은 증발부(11) 내부 포화온도에 해당하는 포화압력이고, 이를 보상해주는 힘은 액상작동유체 이송관 및 증발부(11) 내부에 존재하는 액상작동유체의 순 중력수두(h)이다.
- <43> 상기 과냉 상태의 작동유체는 액상 작동유체 이송관을 따라 증발부(11)의 유입구(11a)로 이동하고, 증발부(11)로 이송된 작동유체는 다시 열을 받아 증발하며 연속적인 순환을 하게 된다.
- <44> 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 연료전지용 냉각시스템(10)을 나타내는 구성도이다.
- <45> 도 7의 제2실시예에서는 전술한 제1실시예와 기본적인 구성 및 작동상태를 같으나, 각 구성의 부가적인 설명을 하기로 한다.
- <46> 본 발명의 다른 실시예에 따른 냉각장치(20)는 증발부(21)로의 액상 작동유체의 유입이 기상 작동유체의 배출보다 높은 위치에서 일어나도록 높이 차를 둔다(전술한 제1실시예와 반대임).
- <47> 상기 증발기(21)는 냉매 보상 챔버와 1차 위크를 바로 연결하고, 가운데가 파인 육면체 형상의 위크와 양방향 기상 냉매 배출 유로를 사용한다. 즉, 중간에 다공성 미디어(23)가 채워지고, 다공성미디어(22)의 상단부는 액체이송관(27)과 연결되고, 다공성미디어(23)의 하단부는 기체이송관(26)과 연결된다.
- <48> 또한, 상기 다공성 미디어(23)를 사이에 두고 양측면에는 증발채널(24)이 부착되며, 액상이송관(27)을 통해 유입된 액체가 전기 히터(25)의 열에 의해 기상으로 변하여 다공성 미디어(23)를 통해 증발채널(24)로 이동하여 기체이송관(26)을 거쳐 응축부(22)로 이송되게 된다.
- <49> 상기 응축부(22)는 냉매이송관과 내경이 같은 직선형 등관을 사용하고, 관외부로 등온의 물을 역방향으로 흘러 보내는 구조로 설치되고, 차가운 냉각수와 열교환을 통해 응축부(22)로 유입된 기체가 액상으로 변하게 되어 액체이송관을 통해 다시 증발부(21)로 유입된다.
- <50> **실험 데이터**
- <51> 도 5 및 도 6은 본 발명의 실험결과를 나타내는 그래프로서, 열부하에 따른 온도 및 열저항을 나타낸다.
- <52> 본 실험 데이터는 작동유체로 메탄올과 물을 사용하고, 작동유체의 주입량은 전체체적 기준 50%, 60%로 실험한 데이터이다.
- <53> 본 실험 데이터는 중력방향에 대한 상대 기울기가 없는 방향으로 박판형 열 사이폰 루프를 설치하였고, 증발부에 열 유입량을 100W ~ 320W까지 일정하게 증가시켜 가며 실험한 데이터이다.

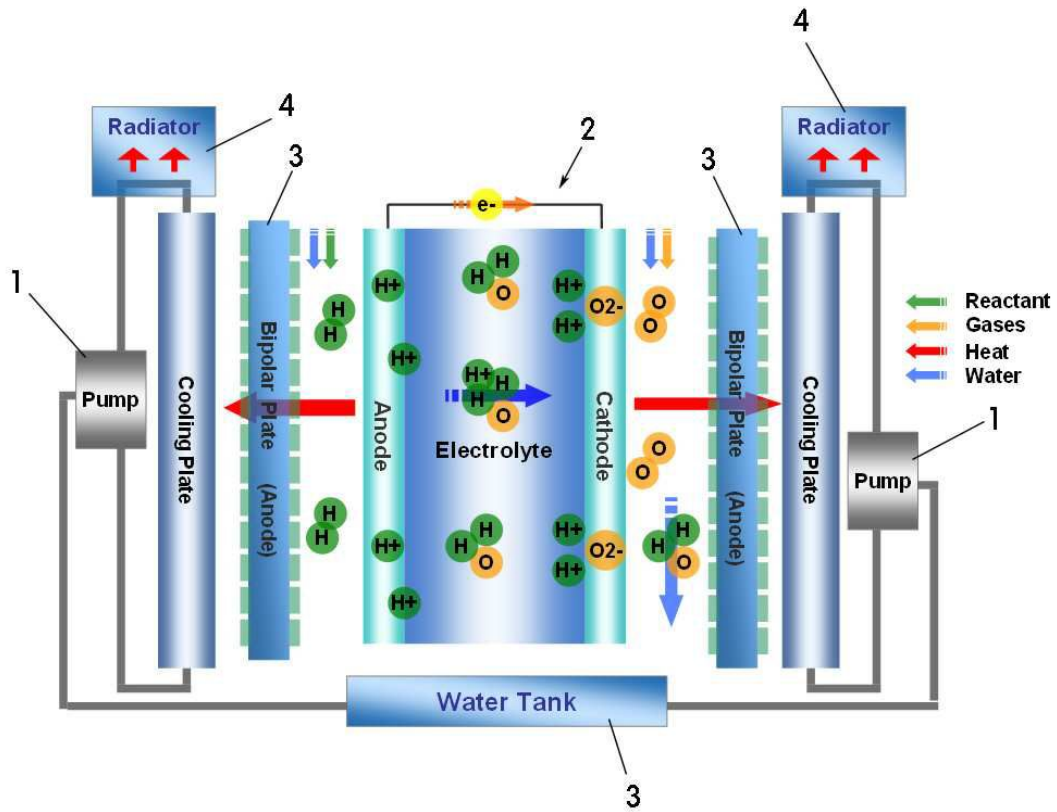
- <54> 본 실험 데이터는 열 유입량에 대해 정상상태의 운전온도를 측정하였고, 열 유입량 100W ~ 320W 범위에서 열 사이폰 루프(냉각장치)가 안정적으로 운전 됨을 나타낸다.
- <55> 또한, 본 실험 데이터는 메탄을 60%의 경우 차량용 연료전지(2) 운전 범위인 200W ~ 240W 사이에서 70℃ ~ 80℃의 온도 범위를 만족시키고 있음을 보여준다.
- <56> 본 실험 데이터는 작동유체 주입량이 증가할수록 운전온도 및 열 저항이 증가하는 것을 보여준다.
- <57> 본 실험 데이터는 증류수 작동유체의 경우 동일한 주입량에 메탄을 작동유체 운전온도 보다 낮은 운전온도를 기록하고 있는데, 이는 증류수의 높은 증발잠열과 높은 기상 및 액상 작동유체의 밀도, 그리고 비슷한 점성에 기인한다.
- <58> 본 발명은 차량용 연료전지(2)뿐만 아니라 작동 시 열이 발생될 수 있는 판형의 발열면을 가지는 전자기기에도 응용이 가능하다. 현재의 전자기기는 반도체 및 전자부품의 발전으로 점차 소형화되어 가고 있으며, 이에 따라 단위 면적당 발생하는 발열량이 증가하게 되었다.
- <59> 이로 인해 증가된 전자기기의 운전온도는 전자기기의 오작동 및 파손을 야기시키므로, 전자기기의 온도를 제어할 수 있는 장치가 필요하다. 이와 같이 한정된 공간에서 운전온도의 제어가 필요한 판형의 발열면을 갖는 전자기기에 적용할 수 있다.
- <60> 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 이러한 실시예에 한정되지 않으며, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위내에서 실시할 수 있는 다양한 형태의 실시예들을 모두 포함한다.

도면의 간단한 설명

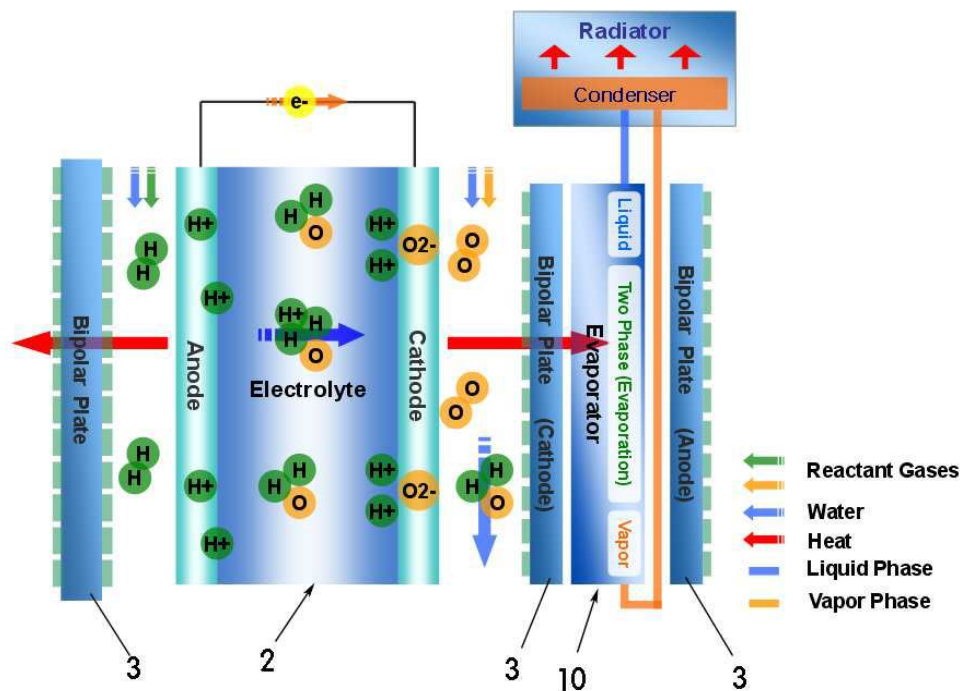
- <61> 도 1은 종래의 연료전지차량용 냉각시스템을 나타내는 구성도이다.
- <62> 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 연료전지용 냉각시스템을 나타내는 구성도이다.
- <63> 도 3은 도 2의 냉각시스템의 작동원리를 설명하기 위한 개념도이다.
- <64> 도 4a는 본 발명에 따른 냉각시스템에서 상관을 나타내는 구성도이고, 도 4b는 하관을 나타내는 구성도이다.
- <65> 도 5는 본 발명의 실험결과를 나타내는 그래프로서, 열부하에 따른 온도를 나타내고, 도 6은 열부하에 따른 열저항을 나타낸다.
- <66> 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 냉각시스템의 구성도이다.
- <67> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>
- | | |
|--------------------|---------------|
| <68> 2 : 연료전지 | 3 : 분리판 |
| <69> 10,20 : 냉각시스템 | 11,21 : 증발부 |
| <70> 11a : 유입구 | 11b : 배출구 |
| <71> 11c : 내부유로 | 12,22 : 응축부 |
| <72> 13,26 : 기체이송관 | 14,27 : 액체이송관 |
| <73> 25 : 전기히터 | |

도면

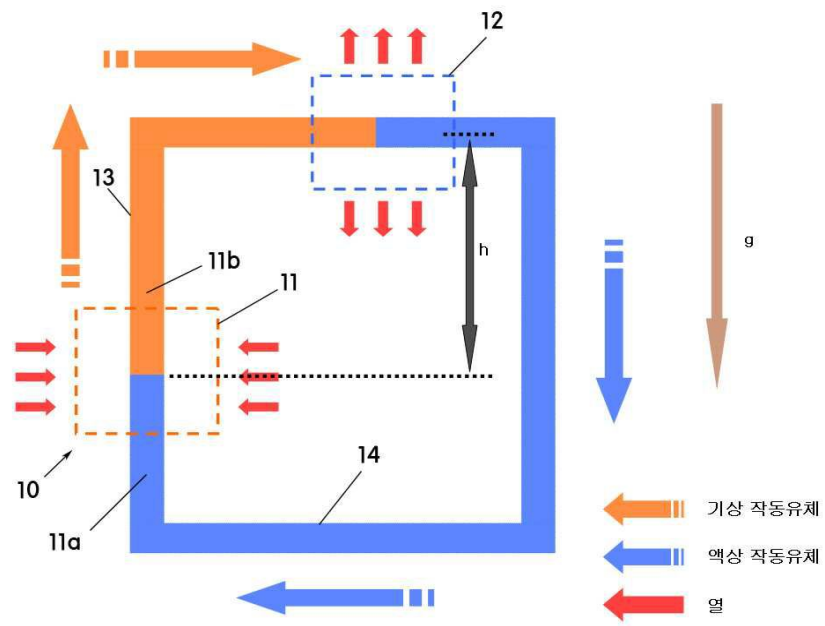
도면1



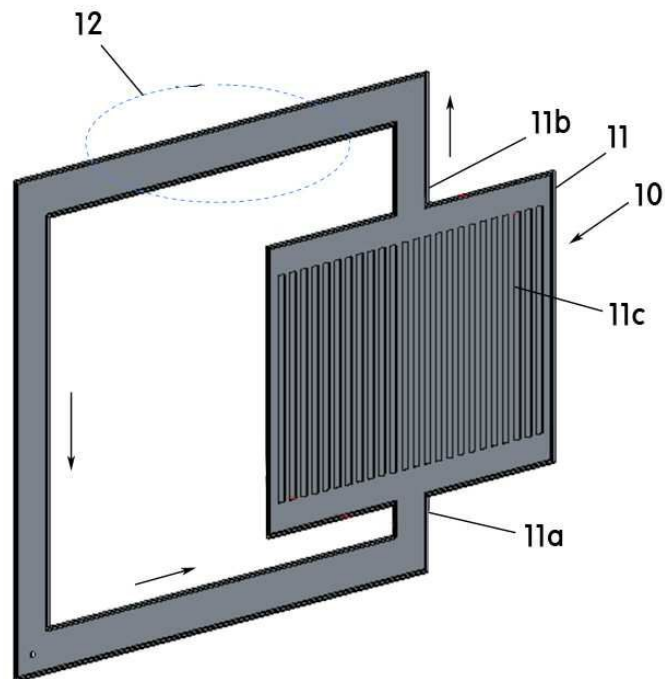
도면2



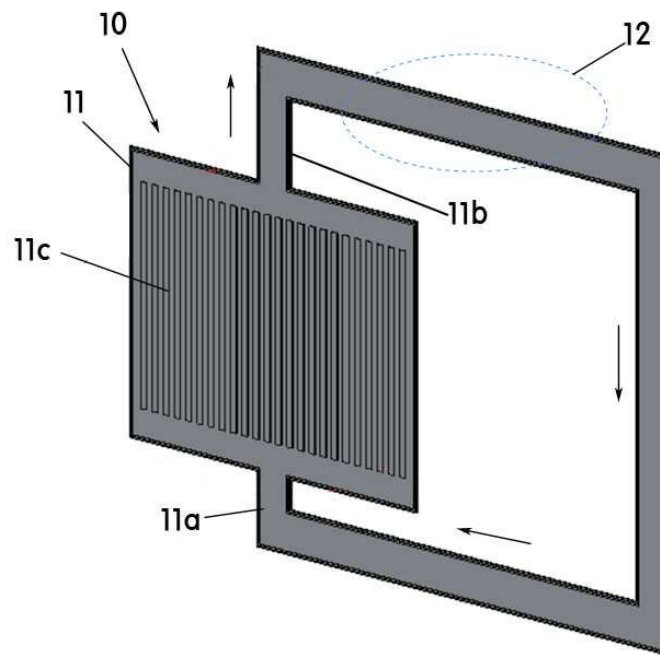
도면3



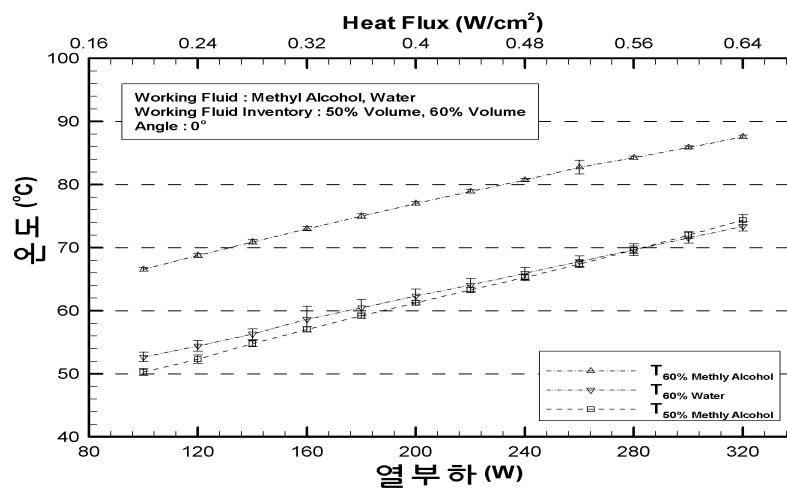
도면4a



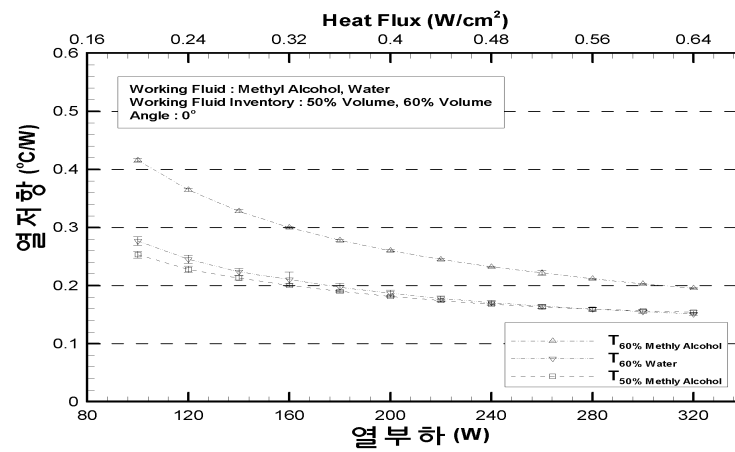
도면4b



도면5



도면6



도면7

