(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0090870
(43) 공개일자 2022년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 10/6557 (2014.01) *H01M 10/613* (2014.01)
H01M 10/651 (2014.01) *H01M 10/6555* (2014.01)
H01M 10/6567 (2014.01)
(52) CPC특허분류
H01M 10/6557 (2015.04)
H01M 10/613 (2015.04)
(21) 출원번호 10-2020-0181827
(22) 출원일자 2020년12월23일
심사청구일자 2020년12월23일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이호성
서울특별시 노원구 덕릉로71길 30, 101동 1606호
강희승
서울특별시 마포구 마포대로 195, 202동 1704호
한옥민
서울특별시 동대문구 제기로4길 40-2, 옥탑방
(74) 대리인
김정연, 유광철, 백두진, 강일신, 권성현

전체 청구항 수 : 총 8 항

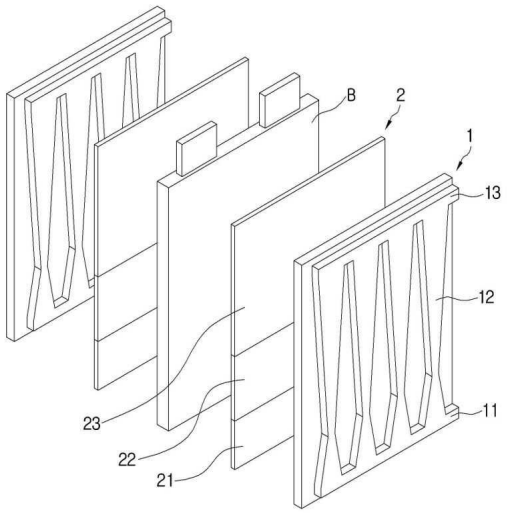
(54) 발명의 명칭 **배터리 셀 냉각 구조**

(57) 요 약

본 발명은 배터리의 열관리에 관한 것으로, 보다 상세하게는 배터리 셀의 냉각 구조에 관한 것이다.

이러한 본 발명은 냉각수가 유입되는 유입구, 상기 유입구와 연결되어 상기 냉각수가 흐르는 유체관 및 상기 유체관에 연결되어 상기 냉각수가 배출되는 유출구를 포함하는 냉각 플레이트, 그리고 배터리 셀과 상기 냉각 플레이트 사이에 구비되어 상기 냉각수와 상기 배터리 셀 간의 열교환을 제공하는 열전도모듈을 포함하고, 상기 열전도모듈은 상기 유입구 측으로 형성된 제1전도층 및, 상기 제1전도층보다 상기 유출구 측으로 형성되고 상기 제1전도층보다 높은 열전도도를 갖는 제2전도층을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
H01M 10/651 (2015.04)
H01M 10/6555 (2015.04)
H01M 10/6567 (2015.04)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711108021
과제번호 2019R1C1C1011195
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 복합 상변화 열전달 패키지를 적용한 차세대 고에너지밀도 배터리의 열관리 시스템 최적화 연구
기 여 율 1/1
과제수행기관명 고려대학교 산학협력단
연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

냉각수가 유입되는 유입구, 상기 유입구와 연결되어 상기 냉각수가 흐르는 유체관 및 상기 유체관에 연결되어 상기 냉각수가 배출되는 유출구를 포함하는 냉각 플레이트; 및

배터리 셀과 상기 냉각 플레이트 사이에 구비되어 상기 냉각수와 상기 배터리 셀 간의 열교환을 제공하는 열전도모듈;

을 포함하고,

상기 열전도모듈은 상기 유입구 측으로 형성된 제1전도층 및, 상기 제1전도층보다 상기 유출구 측으로 형성되고 상기 제1전도층보다 높은 열전도도를 갖는 제2전도층을 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 셀 냉각 구조.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 열전도모듈은 상기 제1전도층의 면적이 상기 제2전도층의 면적보다 작게 구성되는 것을 특징으로 하는 배터리 셀 냉각 구조.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 열전도모듈은 상기 제2전도층보다 상기 유출구 측으로 형성되고 상기 제2전도층보다 높은 열전도도를 갖는 제3전도층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 셀 냉각 구조.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 열전도모듈은 상기 제1전도층의 면적이 상기 제3전도층의 면적보다 작게 구성되는 것을 특징으로 하는 배터리 셀 냉각 구조.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 유체관은 상기 유입구와 연결되고 상기 유출구 측으로 갈수록 단면적이 작아지도록 구성된 수렴채널부를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 셀 냉각 구조.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 유체관은 상기 유출구와 연결되고 상기 유출구 측으로 갈수록 단면적이 커지도록 구성된 발산채널부를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 셀 냉각 구조.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 유체관은 상기 유입구와 연결되고 상기 유출구 측으로 갈수록 단면적이 작아지도록 구성된 수렴채널부 및, 상기 수렴채널부와 연결되고 상기 유출구 측으로 갈수록 단면적이 커지도록 구성되는 발산채널부를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 셀 냉각 구조.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 수렴채널부의 길이가 상기 발산채널부의 길이보다 짧게 구성되는 것을 특징으로 하는 배터리 셀 냉각 구조.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 배터리의 열관리에 관한 것으로, 보다 상세하게는 배터리 셀의 냉각 구조에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 배터리는 에너지 저장장치(Energy Storage System, ESS), 전기자동차의 동력원 등 다양한 분야에서 활용되고 있고, 특히 전기자동차를 필두로 하여 에너지 밀도가 점점 높아지고 있는 추세이다.

[0003] 이러한 에너지 밀도의 향상에 따라 배터리는 높은 전류 하에서 충전 및 방전이 반복되는 상황에서 히팅으로 인해 열이 국부적으로 발생하여 배터리 내부에 온도 차이가 생기게 되고, 배터리 셀 내 온도 편차는 배터리의 성능(용량 저하)과 사이클 수명에 악영향을 끼칠 수 있다. 또한 배터리의 온도가 높아지면 배터리의 효율 및 신뢰도가 감소되기 때문에 배터리 셀은 열교환을 통해 적절히 냉각될 필요가 있다.

[0004] 배터리 냉각에 관한 종래의 기술로, 등록특허 제10-2094709호(이하 종래기술)가 있는데, 종래기술은 히트파이프, 상변환 물질 등과 같은 추가적인 구성요소를 적용하여 배터리 셀 간 온도 구배를 저감시키는 기술을 개시하고 있다.

[0005] 그러나 종래기술을 포함한 종래의 기술들은 냉각수의 입/출구의 온도 차로 인해 배터리 셀 내에 매우 큰 온도 차이가 발생하게 되고, 히트파이프, 상변환 물질 등과 같은 추가적인 구성들의 부가로 인해 시스템의 크기 및 복잡성이 증대됨과 더불어 비용이 증가하는 문제점이 있다. 또한 히트 파이프의 경우에는 일 측과 타 측의 온도 차이가 매우 커야 작동하는 한계도 가지고 있다.(도 1 참조)

[0006] 배터리 셀 내 온도 차가 큰 상태로 배터리를 지속적으로 운전할 경우 배터리의 안정성 및 수명에 큰 문제가 생길 여지가 크고, 최근 ESS 및 전기차 화재 사고가 급증하고 있다는 점을 고려할 때, 보다 효과적이면서 구조의 복잡성을 증대시키지 않고 배터리 셀을 냉각할 수 있는 냉각 구조의 필요성이 재고되는 바이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 냉각수의 입/출구 온도 차로 인한 배터리 셀 내 온도 편차를 감안하여 배터리 셀의 입구 측 온도와 출구 측 온도 간의 구배를 최소화할 수 있는 하이브리드 TIM(Thermal Interface Material, 열전달물질) 구조를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 또한 본 발명은 배터리 셀 내 온도 편차를 저감시킬 수 있는 채널 디자인을 갖는 냉각 플레이트 구조를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 아울러 이러한 냉각 구조의 제공을 통해, 냉각 장치의 구성 추가 없이도 효과적으로 셀 내 온도 편차를 저감시키고, 이를 통해 시스템의 크기 및 복잡성을 저감시키고 비용 절감 효과를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 과제의 해결을 목적으로 하는 본 발명은 냉각수가 유입되는 유입구, 상기 유입구와 연결되어 상기 냉각수가 흐르는 유체관 및 상기 유체관에 연결되어 상기 냉각수가 배출되는 유출구를 포함하는 냉각 플레이트, 그리고 배터리 셀과 상기 냉각 플레이트 사이에 구비되어 상기 냉각수와 상기 배터리 셀 간의 열교환을 제공하는 열전도모듈을 포함하고, 상기 열전도모듈은 상기 유입구 측으로 형성된 제1전도층 및, 상기 제1전도층보다 상기 유출구 측으로 형성되고 상기 제1전도층보다 높은 열전도도를 갖는 제2전도층을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한 상기 열전도모듈은 상기 제1전도층의 면적이 상기 제2전도층의 면적보다 작게 구성될 수 있음을 특징으로 한다.

[0012] 또한 상기 열전도모듈은 상기 제2전도층보다 상기 유출구 측으로 형성되고 상기 제2전도층보다 높은 열전도도를 갖는 제3전도층을 더 포함할 수 있음을 특징으로 한다.

[0013] 또한 상기 열전도모듈은 상기 제1전도층의 면적이 상기 제3전도층의 면적보다 작게 구성될 수 있음을 특징으로 한다.

[0014] 또한 상기 유체관은 상기 유입구와 연결되고 상기 유출구 측으로 갈수록 단면적이 작아지도록 구성된 수렴채널부를 포함할 수 있음을 특징으로 한다.

[0015] 또한 상기 유체관은 상기 유출구와 연결되고 상기 유출구 측으로 갈수록 단면적이 커지도록 구성된 발산채널부를 포함할 수 있음을 특징으로 한다.

[0016] 아울러 상기 유체관은 상기 유입구와 연결되고 상기 유출구 측으로 갈수록 단면적이 작아지도록 구성된 수렴채널부 및, 상기 수렴채널부와 연결되고 상기 유출구 측으로 갈수록 단면적이 커지도록 구성되는 발산채널부를 포함할 수 있음을 특징으로 한다.

[0017] 아울러 상기 수렴채널부의 길이가 상기 발산채널부의 길이보다 짧게 구성될 수 있음을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0018] 상기 구성 및 특징을 갖는 본 발명은 서로 다른 열전도도를 갖는 재료로 구성된 하이브리드 TIM을 통해 냉각수의 입/출구 온도 차로 인한 배터리 셀의 입구 측 온도와 출구 측 온도 간의 구배를 최소화한다.

[0019] 또한 고유의 TIM 레이어와 냉각 플레이트 디자인을 통해 냉각수의 열교환에 따른 가열에 의한 온도 편차 심화를 효과적으로 방지한다.

[0020] 아울러 배터리 냉각 구조의 필수 구성인 냉각 플레이트와 열전도모듈의 개량을 통해 냉각 장치의 구성 추가 없이도 효과적으로 셀 내 온도 편차를 저감시키고, 이를 통해 시스템의 크기 및 복잡성 저감, 나아가 비용 절감의 효과를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 종래의 배터리 냉각 구조에 관한 도면.

도 2는 본 발명의 각 구성을 분리 도시한 도면.

도 3은 본 발명의 열전도모듈에 관한 실시예.

도 4는 하이브리드 TIM 적용에 따른 효과를 설명하기 위한 도면.

도 5는 본 발명의 냉각플레이트에 관한 실시예.

도 6은 본 발명의 적용에 따른 효과를 설명하기 위한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 구현예(態樣, aspect)(또는 실시예)들을 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이

아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0023] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 구현예(태양, 態樣, aspect)(또는 실시예)를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, ~포함하다~ 또는 ~이루어진다~ 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0024] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0025] 본 명세서에서 기재한 ~제1~, ~제2~ 등은 서로 다른 구성 요소들임을 구분하기 위해서 지칭할 것일 뿐, 제조된 순서에 구애받지 않는 것이며, 발명의 상세한 설명과 청구범위에서 그 명칭이 일치하지 않을 수 있다.

[0027] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 따른 배터리 셀(B) 냉각 구조(이하 본 구조)에 대해 상세하게 설명하기로 한다.

[0028] 본 구조는 배터리 셀(B)의 냉각 구조에 관한 것으로, 도 2에 도시된 바와 같이, 열교환을 위한 냉각수가 흐르는 냉각 플레이트(1) 및 배터리 셀(B)과 냉각 플레이트(1) 사이에 구비되어 냉각수와 배터리 셀(B) 간의 열교환을 제공하는 열전도모듈(2)을 포함한다.

[0029] 배터리는 교류발전기에 의해 생성된 전기를 저장하고 차량(특히 전기차)의 전기 시스템에 전기를 공급하기 위해 내보내는 장치이다. 전기를 공급하는 과정 중에 배터리에서는 열이 발생한다. 예를 들면, 에너지 밀도가 높은 리튬이온 전지 등의 배터리는 충전과 방전 시 줄 히팅으로 인해 열이 국부적으로 발생하여 배터리 내부에 온도 차이가 생긴다. 이러한 온도 차가 생기면 배터리의 성능(용량 저하)과 사이클 수명에 악영향을 끼칠 수 있다. 또한 배터리의 온도가 높아지면 배터리의 효율 및 신뢰도가 감소되기 때문에 배터리 셀(B)은 열교환을 통해 적절히 냉각될 필요가 있다.

[0030] 본 구조는 배터리 셀(B)의 일 측 또는 양 측에 구비될 수 있고, 특히 본 구조가 배터리 셀(B)의 양 측에 구비되는 경우, 도 2와 같이 배터리 셀(B)을 중심으로 대칭구조로 제공될 수 있다.

[0031] 구체적으로, 본 구조의 일 구성인 냉각 플레이트(1)는 냉각수가 유입되는 유입구(11), 유입구(11)와 연결되어 냉각수가 흐르는 유체관(12) 및 유체관(12)에 연결되어 냉각수가 배출되는 유출구(13)를 포함한다(도 5 참조). 이러한 냉각 플레이트(1)의 상세 구조는 이후에서 후술하기로 한다.

[0032] 이하에서는 설명의 편의를 위해 도 2를 기준으로, 각 구성들의 방향을 유입구(11) 측은 '입구 측'으로, 유출구(13) 측은 '출구 측'으로 그 방향을 지칭하여 설명하기로 한다.

[0033] 다음으로, 본 구조의 또 다른 일 구성인 열전도모듈(2)은 냉각수와 배터리 셀(B) 간의 열교환을 제공하는 구성으로, 열전달물질(TIM, Thermal Interface Material)로도 명명될 수 있으며, 도 2에 도시된 바와 같이, 배터리 셀(B)과 냉각 플레이트(1) 사이에 구비된다. 이러한 열전도모듈(2)은 일면은 냉각 플레이트(1)와 타면은 배터리 셀(B)과 접촉되어 열교환 효율을 극대화하도록 구비되는 것이 바람직하나 반드시 접촉으로 한정될 필요는 없다.

[0034] 도 2 내지 3에 도시된 바와 같이, 열전도모듈(2)은 서로 열전도도가 다른 복수의 재료로 구성되는데, 본 발명의 설명에서는 2개의 재료로 구성된 제1실시예와 3개의 재료로 구성된 제2실시예를 통해 이를 구체적으로 설명하기로 한다.

[0035] 제1실시예에 따르면, 도 3 [A]에 도시된 바와 같이, 열전도모듈(2)은 유입구(11) 측으로 형성된 제1전도층(21), 그리고 제1전도층(21)보다 상기 유출구(13) 측으로 형성된 제2전도층(22)을 포함할 수 있다. 상기에서, 제2전도층(22)은 제1전도층(21)보다 높은 열전도도를 갖는 재질로 구성된다.

[0036] 이를 통해 상대적으로 낮은 온도를 갖는 냉각수가 흐르는 입구 측 제1전도층(21)에서는 배터리 셀(B)과의 열교

환이 적게 일어나고, 상대적으로 높은 온도를 갖는 냉각수가 흐르는 출구 측 제2전도층(22)에서는 배터리 셀(B)과의 열교환이 많이 일어나게 된다. 이는 온도가 낮은 냉각수가 흐르는 입구 측에서 배터리 셀(B)이 과도하게 냉각되어 배터리 셀(B)의 온도 분포가 쏠리는 것, 그리고 입구 측에서부터 냉각수가 필요 이상으로 과도하게 가열되어 출구 측에서는 냉각수의 역할을 못하게 되는 것을 방지한다.

[0037] 특히 열전도도가 낮은 제1전도층(21)과 열교환을 하는 입구 측에서의 발열은 냉각수에 의한 열교환이 적극적으로 일어나지 않더라도 배터리 셀(B) 내의 열전도로 인해 냉각될 수 있는 여지가 있고, 냉각 플레이트(1) 자체의 열전도 현상에 의해 냉각수가 가열되는 효과가 있는데, 이는 도 6에서도 확인이 가능하다. 따라서 제1전도층(21)에서는 열교환이 적극적으로 일어날 필요가 없기 때문에 제1전도층(21)은 상대적으로 낮은 열전도도를 갖는 재료로 구성되는 것이 바람직하며, 제1전도층(21)의 열전도도는 설계 사양에 따라 정해질 수 있고, 예시적으로 열전도도가 낮다고 알려진 폴리머 재질로 이루어질 수 있다.

[0038] 또한 제2전도층(22)에서는 상대적으로 제1전도층(21)에 비해 열교환이 활발하게 이루어져야 하는데, 이는 입구 측에서 이미 열교환이 이루어진 냉각수의 가열, 그리고 냉각 플레이트(1) 간의 열전도에 의한 냉각수의 가열 등에 의해 상대적으로 출구 측의 냉각수는 입구 측의 냉각수보다 높은 온도를 가질 수밖에 없기 때문에, 출구 측인 제2전도층(22)에서는 열교환율이 높아야 적절한 냉각 효과를 얻을 수 있기 때문이다. 따라서 제2전도층(22)은 제1전도층(21)보다 열전도도가 높아야 하는데, 예시적으로 열전도도가 높다고 알려진 금속재가 첨가될 수 있으나, 반드시 이러한 방식으로 한정될 필요는 없다.

[0039] 추가로, 도 3 [A]에 도시된 바와 같이, 열전도모듈(2)은 제1전도층(21)의 면적이 제2전도층(22)의 면적보다 작게 구성될 수 있다. 이는 열교환이 적게 일어나는 제1전도층(21)의 구간이 너무 길게 구성되면 열교환이 적게 일어나는 구간이 너무 길어지는 바람에 배터리 셀(B)의 과열이 이루어질 수 있기 때문이며, 제1전도층(21)의 면적과 제2전도층(22)의 면적 간의 구체적인 비율은 반복 실험 및 설계 개량을 통해 적절히 선택될 수 있고, 예시적으로는 제2전도층(22)의 면적이 제1전도층(21)의 면적보다 적어도 2배 이상 크게 형성될 수 있다.

[0040] 도 3 [A]에서는 각 전도층의 폭(수평 길이)을 동일하게 상정했을 때, 제1전도층의 길이(d21, 수직 길이)가 제2전도층의 길이(d22, 수직 길이)보다 짧아서 그 면적이 작게 구성된 것을 확인할 수 있다.

[0041] 다음으로, 제2실시예에 따르면, 도 3 [B]에 도시된 바와 같이, 열전도모듈(2')은 제2전도층(22)보다 유출구(13) 측으로 형성되고 제2전도층(22)보다 높은 열전도도를 갖는 제3전도층(23)을 더 포함할 수 있다. 제2실시예는 3개 이상의 이종 재료로 열전도모듈(2')을 구성한 실시로, 4개 이상의 층을 가질 수 있음을 암시하고 있다. 상기에서, 제1 내지 제3전도층(21)(22)(23)은 일체로 제작될 수도 있고, 접합 등의 방식에 의해 연결되어 제작될 수도 있다.

[0042] 제2실시예는 냉각수의 가열에 따른 열전도율 변화를 좀 더 세분화한 것으로, 가장 열전도도가 낮은 제1전도층(21)에서는 가장 소극적인 열교환이 수행되고, 제2전도층(22)에서는 보다 적극적인 열교환이 수행되며, 제3전도층(23)에서는 가장 활발한 열교환이 수행되도록 구성되는 것이다.

[0043] 상기 제2실시예에서, 열전도모듈(2')은 제1전도층(21)의 면적이 제3전도층(23)의 면적보다 작게 구성되는 것이 바람직한데, 이는 상기한 제1실시예에서와 마찬가지로 열교환이 소극적으로 이루어지는 제1전도층(21)의 구간이 너무 길게 구성되어 배터리 셀(B)이 과열되는 것을 방지하기 위함이다.

[0044] 특히 가장 저온의 냉각수가 흐르는 제1전도층(21)의 면적은 가장 고온의 냉각수가 흐르는 제3전도층(23)의 면적보다 작게 구성되는 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 제1전도층(21)의 면적보다 제2전도층(22)의 면적이, 제2전도층(22)의 면적보다 제3전도층(23)의 면적이 더 크게 구성될 수 있다.

[0045] 도 3 [B]에서는 각 전도층의 폭(수평 길이)을 동일하게 상정했을 때, 제1전도층의 길이(d21)보다 제2전도층의 길이(d22)가, 제2전도층의 길이(d22)보다 제3전도층의 길이(d23)가 길어서 그 면적이 출구 측으로 갈수록 커지는 것을 확인할 수 있다.

[0046] 상기한 각 전도층의 면적에 대한 한정은 후술하는 냉각 플레이트(1)의 유체관(12)의 단면적 설계와도 밀접한 연관이 있으며, 특히 냉각 플레이트(1)의 유체관(12) 구조와 함께 적용될 때 보다 효과적인 개선을 제공할 수 있다.

[0047] 첨부된 도 4를 참고하면, 이종(異種)의 재질로 구성된 본 구조의 열전도모듈(2)을 적용하는 경우, 온도 편차가 20% 이상 감소된 것을 확인할 수 있고, 열 분포 그래픽에서도 입구 측이 과도하게 냉각되지 않고 적절한 온도 분포를 갖는 것을 확인할 수 있다.

[0049] 이하 상기 언급한 냉각 플레이트(1)에 관한 상세한 설명을 이어가기로 한다.

[0050] 먼저 앞서 명시한 바와 같이, 냉각 플레이트(1)는 냉각수가 유입되는 유입구(11), 유입구(11)와 연결되어 냉각수가 흐르는 유체관(12) 및 유체관(12)에 연결되어 냉각수가 배출되는 유출구(13)를 포함한다. 도 5와 같이, 이러한 냉각 플레이트(1)는 순환 구동기(4)에 의해 순환되는 냉각수가 유입구(11)로 유입되고 유체관(12)을 따라 유출구(13)로 배출되도록 구성되며, 유출구(13)로 배출된 가열된 냉각수는 냉각부(3)를 거쳐 냉각되어 순환 구동기(4)에 의해 다시 유입구(11)로 유입된다.

[0051] 일 실시예에 따르면, 도 5에 도시된 바와 같이, 유체관(12)은 유입구(11)와 연결되고 유출구(13) 측으로 갈수록 단면적이 작아지도록 구성된 수렴채널부(121)를 포함할 수 있다. 이러한 수렴채널부(121)는 입구 측의 단면적이 가장 크고 출구 측의 단면적이 가장 작은 수렴형(Converging) 채널 형태로 이루어지는데, 이를 통해 수렴채널부(121)에서는 입구 측의 단면적이 더 넓게 구성됨으로써 느린 유속을 통해 충분한 열교환이 이루어질 수 있게 되며, 이에 상대적으로 열전도도가 낮은 제1전도층(21)에서 냉각수와 배터리 셀(B) 간의 충분한 열교환이 이루어지게 된다.

[0052] 이는 제1전도층(21)이 낮은 전도도를 갖기 때문에 충분한 열교환이 일어나지 못하여 배터리 셀(B)의 입구 측 부분이 과열되는 것을 방지하는 효과를 제공한다. 또한 예열 구간에서 냉각수가 히트 플럭스(heat flux)를 충분히 받으려면 입구 측의 단면적이 더 커야하는 것, 즉 접촉 면적이 넓어야 하는 것을 고려한 것이기도 하다.

[0053] 다음으로, 일 실시예에 따르면, 도 5에 도시된 바와 같이, 유체관(12)은 유출구(13)와 연결되고 유출구(13) 측으로 갈수록 단면적이 커지도록 구성된 발산채널부(122)를 포함할 수 있다. 이러한 발산채널부(122)는 입구 측 단면적이 가장 작고 출구 측 단면적이 가장 큰 발산형(Diverging) 채널 형태로 이루어지는데, 직관형 채널을 이용하는 경우에는 채널의 단면적이 일정하여 유체관 입구 측과 출구 측이 받는 heat flux의 차이가 매우 작게 되는 반면, 발산형 채널의 경우 단면적이 작은 입구 측에서는 heat flux가 커지게 되고, 단면적이 큰 출구 측에서는 heat flux가 작아지게 된다. 즉 발산형 채널에서 입구 채널이 받는 큰 heat flux는 입구 채널이 위치하는 냉각 플레이트의 온도를 높게 유지시켜주며, 출구 채널이 받는 적은 heat flux는 출구 채널이 위치하는 냉각 플레이트의 온도를 상대적으로 낮게 유지시켜 준다. 즉 채널의 단면적 변화로 인한 heat flux의 차이가 냉각 플레이트의 온도 균일성을 유지시켜 주며, 결과적으로 배터리 셀의 온도차를 줄이는 데 기여한다.

[0054] 추가로, 발산채널부(122)는 출구 측으로 갈수록 단면적이 점점 넓어지기 때문에 유속 저하가 발생할 수 있는데, 유속 저하는 열전달특성(열전달계수)을 저하시키므로, 이를 해결하기 위해 발산채널부(122)에는 유속을 빠르게 해줄 수 있는 핀(fin)이나 딤플(dimple) 등이 삽입될 수 있다.

[0055] 또는 도 5에 도시된 바와 같이, 유체관(12)의 입구 측에는 수렴채널부(121)를 구비하고 이 수렴채널부(121)의 출구 측으로 발산채널부(122)를 연결하는 형태로 실시될 수도 있는데, 즉 유체관(12)이 유입구(11)와 연결되고 유출구(13) 측으로 갈수록 단면적이 작아지도록 구성된 수렴채널부(121), 그리고 수렴채널부(121)와 연결되고 유출구(13) 측으로 갈수록 단면적이 커지도록 구성되는 발산채널부(122)를 포함할 수 있다는 것이다.

[0056] 특히 수렴채널부(121)에 발산채널부(122)를 연결하는 실시에서는 수렴채널부(121)의 존재가 발산채널부(122)를 구성하는 데에 무리가 없도록 하고, 급축소관을 이용하는 실시보다 압력강하가 적게 발생한다는 장점을 제공한다.

[0057] 상기에서, 도 5에서 확인되는 바와 같이, 수렴채널부의 길이(d121)가 발산채널부의 길이(d122)보다 짧게 구성되는 것이 바람직한데, 여기에서 수렴채널부와 발산채널부의 길이(d121)(d122)라 함은 냉각수의 이동거리를 기준으로 하며, 도 5에서는 냉각수의 이동 경로가 한 방향으로만 구성된 형태의 관로이기 때문에 그 길이는 수직 길이로 단순화될 수 있다. 이는 상기한 열전모듈의 각 층의 면적과 유사한 이유로, 열교환이 저조한 수렴채널부(121)가 너무 길게 되면 배터리 셀(B)의 입구 측이 과열될 수 있기 때문이다.

[0058] 추가로, 냉각 플레이트(1)에는 접촉 면적을 늘리거나 난류를 형성하기 위한 핀이나 딤플 등이 더 구비될 수 있다.

[0059] 도 6은 본 구조에 따른 온도 구배 감소 효과를 전체적으로 정리한 도면으로, 도 6에서 확인되는 바와 같이, 종래의 냉각 구조에 비해 셀 내 온도차 및 Temp. stand. Dev가 20%이상 감소한 것을 확인할 수 있다. 특히 셀 내 온도 그래프에서는 배터리 셀(B)의 입구 측 온도가 급격하게 감소하지 않고 이를 통해 온도 구배가 저감된 것을 확인할 수 있다.

[0060] 상기한 본 구조는 셀 내 온도 편차를 줄이기 위해서 과도한 냉각 장치의 구성 추가 없이도 효과적으로 셀 내 온도 편차를 저감시키고, 이를 통해 시스템의 크기 및 복잡성을 저감시키고 비용 절감 효과도 제공할 수 있다. 특히 본 구조는 전기자동차, ESS 시스템 등과 같이 배터리에 고도의 열관리를 필요로 하는 경우 그 적용 효과가 극대화될 수 있다.

[0062] 이상에서 첨부된 도면을 참조하여 설명한 본 발명은 통상의 기술자에 의하여 다양한 변형 및 변경이 가능하고, 이러한 변형 및 변경은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0064] B: 배터리 셀

1: 냉각 플레이트

11: 유입구 12: 유체관

121: 수렴채널부 122: 발산채널부

13: 유출구

2: 열전도모듈

21: 제1전도층 22: 제2전도층

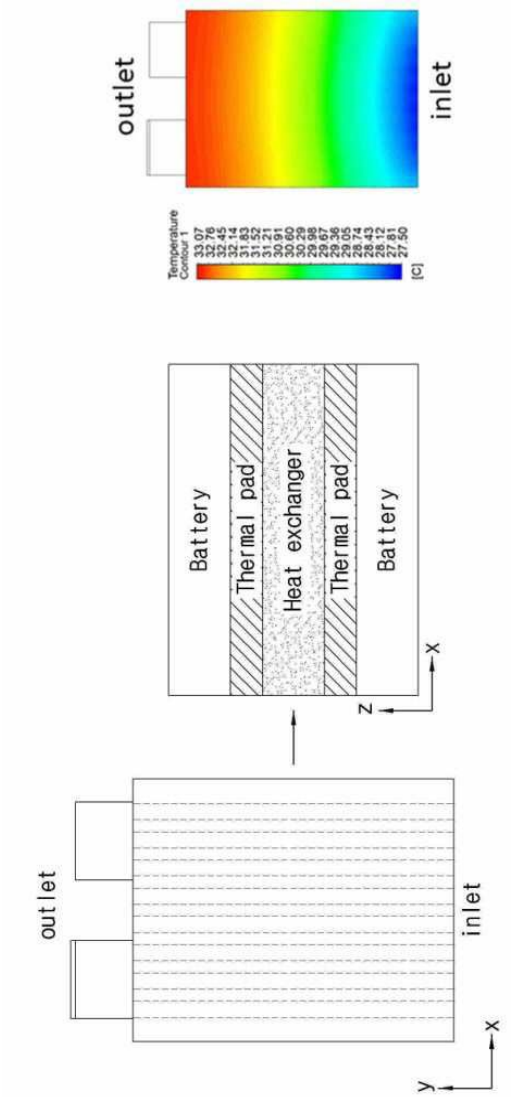
23: 제3전도층

3: 냉각부

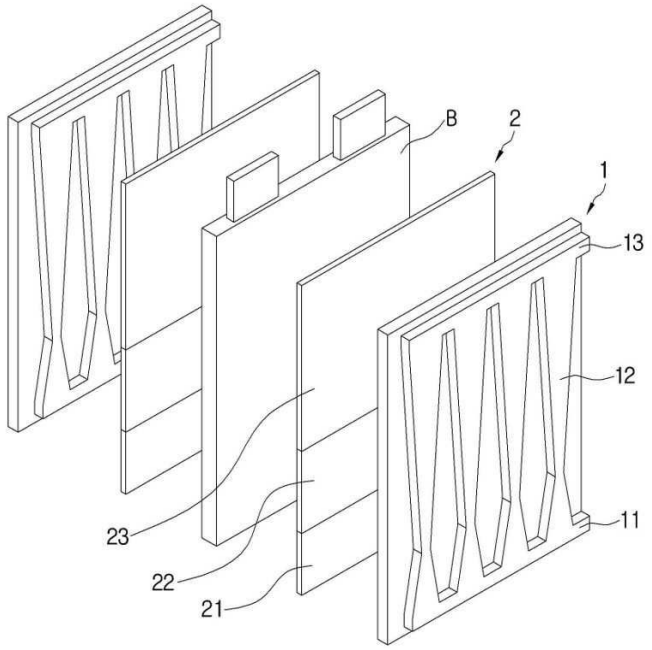
4: 순환 구동기

도면

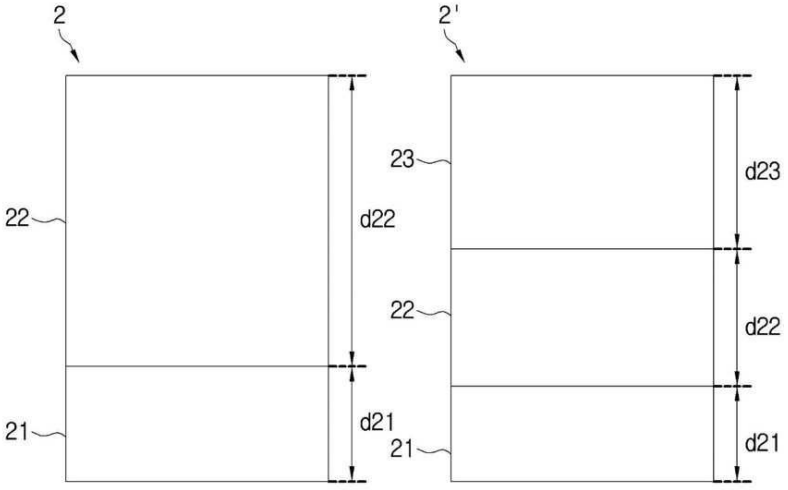
도면1


outlet
inlet
Temperature
Contour 1
33.07
32.76
32.45
32.14
31.83
31.52
31.21
30.91
30.60
30.29
29.98
29.67
29.36
29.05
28.74
28.43
29.12
27.81
27.50
[C]
Battery
Thermal pad
Heat exchanger
Thermal pad
Battery
X
Z
outlet
inlet
X
y

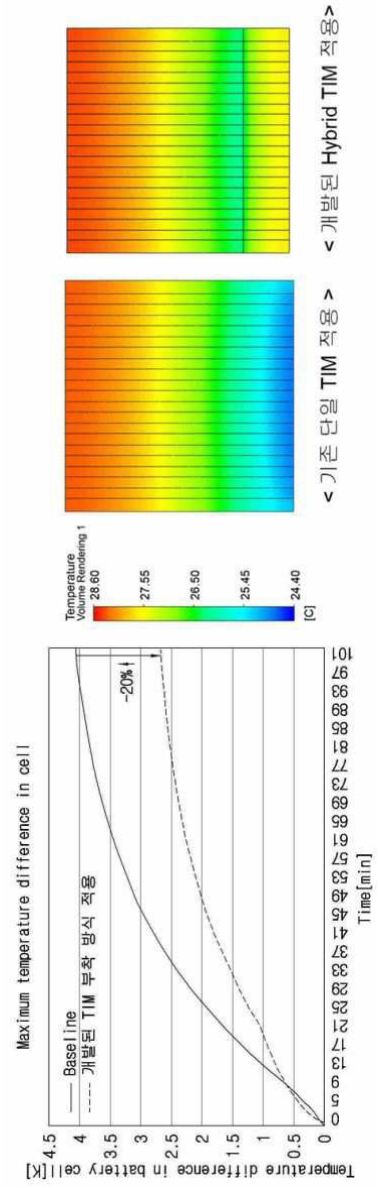
도면2



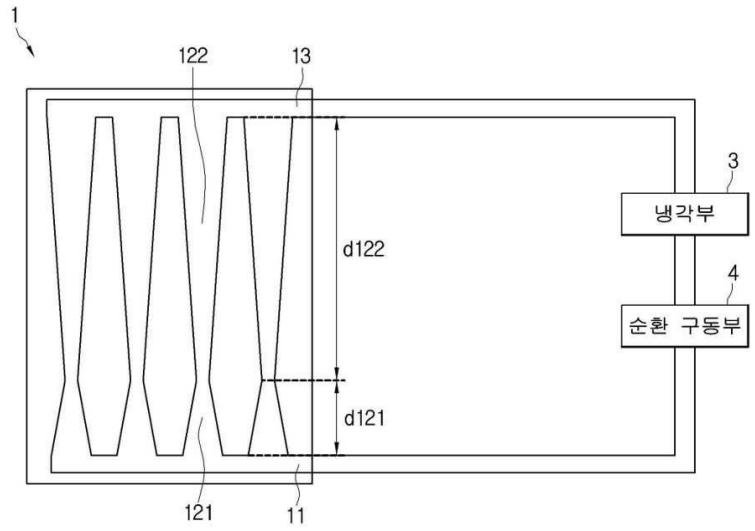
도면3



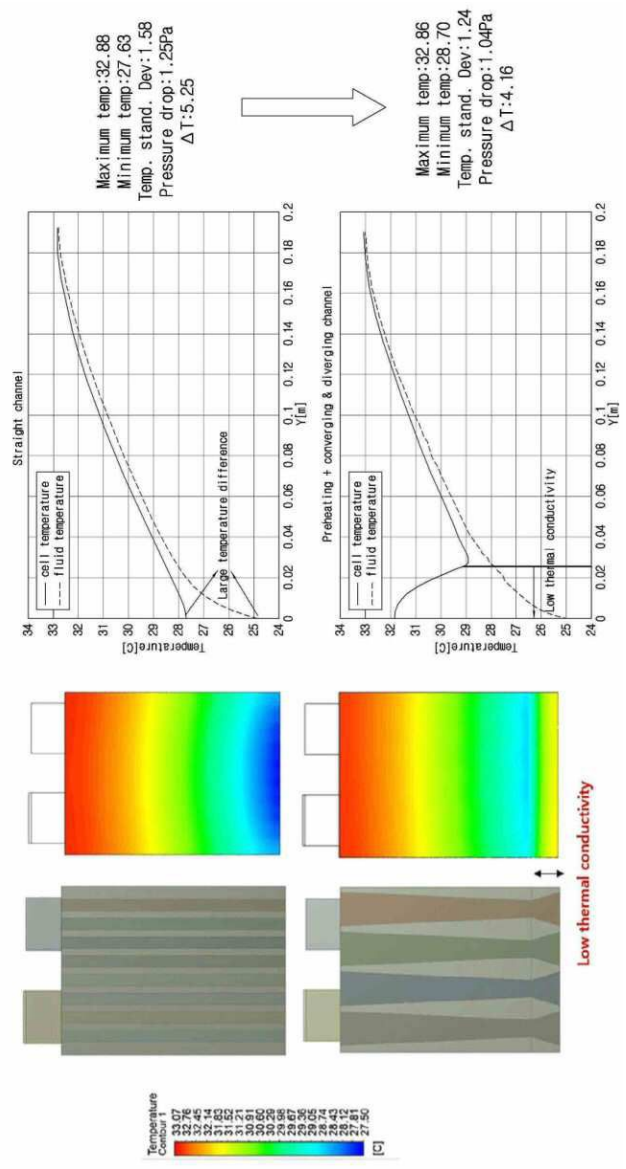
도면4


< 개발된 Hybrid TIM 적용>
< 기존 단일 TIM 적용 >
Temperature
Volume Rendering 1
28.60
27.55
26.50
25.45
24.40
[C]
Maximum temperature difference in cell
Baseline
개발된 TIM 부착 방식 적용
-20%
Temperature difference in battery cell[K]
Time[min]

도면5


1
122
13
3
냉각부
d122
4
순환 구동부
d121
121
11

도면6


Maximum temp:32.88
Minimum temp:27.63
Temp. stand. Dev:1.58
Pressure drop:1.25Pa
ΔT:5.25
Maximum temp:32.86
Minimum temp:28.70
Temp. stand. Dev:1.24
Pressure drop:1.04Pa
ΔT:4.16
Straight channel
Preheating + converging & diverging channel
cell temperature
fluid temperature
Large temperature difference
Low thermal conductivity
Temperature[C]
Y[m]
Low thermal conductivity
Temperature
[C]