



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0118487
(43) 공개일자 2014년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/02 (2006.01) H01M 8/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0034500
(22) 출원일자 2013년03월29일
심사청구일자 2013년03월29일

(71) 출원인
현대자동차주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이치승
경기도 용인시 기흥구 마북로240번길 17-5 현대연구단지
허성일
경기도 용인시 기흥구 마북로240번길 17-5 현대연구단지
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한라특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

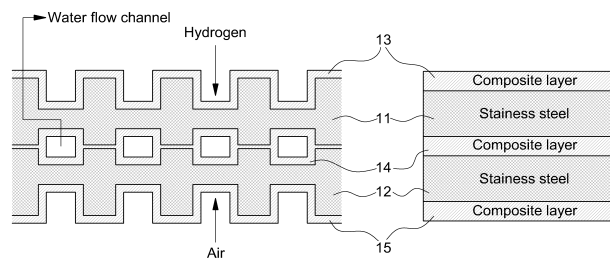
(54) 발명의 명칭 연료전지용 분리판 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 두 장의 금속판을 일체형으로 제작하여 상부 금속판과 하부 금속판 사이에 접촉저항을 최소화하는 연료전지용 분리판 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

이에 본 발명은, 상부 금속판과 하부 금속판을 마련하는 단계; 상기 상부 및 하부 금속판의 양 표면에 고분자 복합재료를 함유한 코팅액을 도포하여, 상기 상부 금속판의 양 표면에 제1 및 제2 복합재료층을 형성하고, 상기 하부 금속판의 양 표면에 제3 및 제4 복합재료층을 형성하는 단계; 상기 각 복합재료층을 건조하기 전에, 상기 상부 금속판을 하부 금속판 위에 적층하여 상기 제2 복합재료층과 제3 복합재료층을 일체로 접합하여 단일층의 중부 복합재료층을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

백석민

경기도 용인시 기흥구 마북로240번길 17-5 현대연
구단지

장준호

경기도 의왕시 철도박물관로 37 현대자동차 중앙연
구소

진상문

경기도 용인시 기흥구 마북로240번길 17-5 현대연
구단지

양유창

경기도 용인시 기흥구 마북로240번길 17-5 현대연
구단지

김경민

서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교안암캠퍼
스

이양복

서울특별시 강동구 동남로87길 6

임대순

서울특별시 강남구 선릉로 8 주공아파트 201-145

특허청구의 범위

청구항 1

양측 표면에 제1 및 제2 복합재료층이 코팅되어 있는 상부 금속판과;

상기 상부 금속판의 하부에 적층되며, 양측 표면에 제3 및 제4 복합재료층이 코팅되어 있는 하부 금속판;을 포함하며,

상기 상부 금속판과 하부 금속판 사이의 제2 및 제3 복합재료층은 고화되기 전에 일체로 접합되어 단일층의 중부 복합재료층을 형성한 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 복합재료층이 코팅된 상부 금속판의 양측 표면에는 탄소나노튜브가 성장되어 있는 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 복합재료층이 코팅된 하부 금속판의 양측 표면에는 탄소나노튜브가 성장되어 있는 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판.

청구항 4

청구항 2 또는 3에 있어서,

상기 탄소나노튜브는 5 ~ 10 μ m의 높이로 성장된 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제1 내지 제4 복합재료층은 10 ~ 20 μ m의 두께로 코팅된 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판.

청구항 6

상부 금속판과 하부 금속판을 마련하는 단계;

상기 상부 및 하부 금속판의 양 표면에 고분자 복합재료를 함유한 코팅액을 도포하여, 상기 상부 금속판의 양 표면에 제1 및 제2 복합재료층을 형성하고, 상기 하부 금속판의 양 표면에 제3 및 제4 복합재료층을 형성하는 단계;

상기 각 복합재료층을 건조하기 전에, 상기 상부 금속판을 하부 금속판 위에 적층하여 상기 제2 복합재료층과 제3 복합재료층을 일체로 접합하여 단일층의 중부 복합재료층을 형성하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판 제조방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 상부 금속판과 하부 금속판의 양 표면에 복합재료층을 형성하기 전에, 상기 상부 금속판과 하부 금속판의 양측 표면에 각각 탄소나노튜브를 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판 제조방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 탄소나노튜브를 5 ~ 10 μ m의 높이로 성장시키는 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판 제조방법.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 제1 내지 제4 복합재료층을 10 ~ 20 μ m의 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판 제조방법.

청구항 10

청구항 6에 있어서,

상기 코팅액은 전도성 필러로서 PAI(polyamideimide)를 함유한 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 연료전지용 분리판 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 두 장의 금속판을 일체형으로 제작하여 상부 금속판과 하부 금속판 사이에 접촉저항을 최소화하는 연료전지용 분리판 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 연료전지는 수소와 산소의 산화환원반응을 이용하여 화학에너지를 전기에너지로 변환하는 발전장치이다. 상기 연료전지의 단위 셀(unit cell)은 출력전압이 낮아 실용성이 떨어지기 때문에, 보통 수개에서 수백 개의 단위 셀을 적층하여 연료전지 스택으로 사용한다. 이러한 단위 셀의 적층 시 단위 셀 간에 전기적 접속이 이루어지게 하고 반응가스를 분리시켜주며 냉각수가 흐르는 유로 역할을 하는 것이 분리판(seperator)이다.

[0003] 대표적인 분리판인 금속분리판의 경우 분리판 두께 감소를 통한 연료전지 스택의 부피감소 및 경량화가 가능하고 스탬핑 등을 이용한 제조가 가능하여 대량생산성을 확보할 수 있다는 장점이 있다.

[0004] 또한, 금속분리판은 높은 전기전도도와 우수한 기계적 특성 및 가공성을 가지는 장점이 있으나, 연료전지의 고온다습한 사용환경 하에서 부식이 발생하는 문제점이 있다.

[0005] 이를 해결하기 위하여, 종래에는 분리판의 표면에 전도성 첨가제가 포함되어 있는 고분자 복합재료를 코팅하는 기술이 고안되었다.

[0006] 일반적인 고분자 전해질 연료전지용 분리판의 경우, 운전 중 발생하는 열을 제거하기 위하여 냉각수가 지나

통로를 구비하고 있다.

[0007] 도 8에 나타난 바와 같이, 종래의 분리판은 냉각수가 지나는 통로를 형성하기 위하여 모재로서 두 장의 금속판(1,2)이 사용되는데, 그로 인하여 상부 금속판(1)과 하부 금속판(2) 사이에 접촉면으로부터 접촉저항이 발생하게 된다.

[0008] 그리고, 상기 상부 금속판과 하부 금속판의 표면에 고분자 복합재료가 코팅된 경우, 상부 금속판의 복합재료 코팅층(3)과 하부 금속판의 복합재료 코팅층(4) 사이뿐만 아니라, 각각의 복합재료 코팅층(3~6)과 금속판(1,2) 사이에도 접촉면이 형성되어 높은 접촉저항이 발생하고, 이때 발생한 높은 저항으로 인하여 연료전지의 효율이 감소하게 되는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기와 같은 점을 개선하기 위해 고안한 것으로서, 상부 금속판과 하부 금속판의 양측 표면에 각각 탄소나노튜브를 성장시킨 뒤 고분자 복합재료를 코팅하여 복합재료층을 형성하고, 고분자 복합재료를 건조하기 전에 상부 및 하부 금속판 사이에 복합재료층을 일체로 접합함으로써, 상부 금속판과 하부 금속판 사이에 접촉저항을 최소화하는 연료전지용 분리판 및 이의 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 양측 표면에 제1 및 제2 복합재료층이 코팅되어 있는 상부 금속판과; 상기 상부 금속판의 하부에 적층되며, 양측 표면에 제3 및 제4 복합재료층이 코팅되어 있는 하부 금속판;을 포함하며, 상기 상부 금속판과 하부 금속판 사이의 제2 및 제3 복합재료층은 고화되기 전에 일체로 접합되어 단일층의 중부 복합재료층을 형성한 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판을 제공한다.

[0011] 또한 본 발명은, 상부 금속판과 하부 금속판을 마련하는 단계; 상기 상부 및 하부 금속판의 양 표면에 고분자 복합재료를 함유한 코팅액을 도포하여, 상기 상부 금속판의 양 표면에 제1 및 제2 복합재료층을 형성하고, 상기 하부 금속판의 양 표면에 제3 및 제4 복합재료층을 형성하는 단계; 상기 각 복합재료층을 건조하기 전에, 상기 상부 금속판을 하부 금속판 위에 적층하여 상기 제2 복합재료층과 제3 복합재료층을 일체로 접합하여 단일층의 중부 복합재료층을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지용 분리판 제조방법을 제공한다.

[0012] 상기의 연료전지용 분리판 제조방법은, 상기 상부 금속판과 하부 금속판의 양 표면에 복합재료층을 형성하기 전에, 상기 상부 금속판과 하부 금속판의 양측 표면에 각각 탄소나노튜브를 성장시키는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 따른 연료전지용 분리판 및 이의 제조방법에 의하면, 상부 금속판과 하부 금속판 사이에 단일층의 중부 복합재료층을 형성함으로써 상부 금속판과 하부 금속판 사이에 접촉면을 생략하여 접촉저항을 제거할 수 있게 된다.

[0014] 또한 본 발명에 의하면, 상부 금속판과 하부 금속판의 표면에 성장된 탄소나노튜브 상에 복합재료층을 형성하여 각 금속판과 복합재료층 간에 발생하는 접촉저항을 감소시킬 수 있으며, 결과적으로 상부 금속판과 하부 금속판 사이에 발생하는 접촉저항을 최소화함으로써 연료전지의 효율 향상을 도모할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명에 따른 연료전지용 분리판의 단면구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 연료전지용 분리판을 부분 확대하여 나타낸 도면이다.

도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 연료전지용 분리판의 제조방법을 개략적으로 나타낸 순서도이다.

도 5는 본 발명에 따른 분리판과 종래기술에 따른 분리판에 대해 각각 상부 금속판과 하부 금속판 사이의 접촉 저항을 비교하여 나타낸 것이다.

도 6은 각종 분리판 샘플에 대해 상부 금속판과 하부 금속판 사이에 발생하는 접촉저항을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

도 7은 제2 분리판 샘플과 제4 분리판 샘플에 대해 접착력 테스트를 수행한 결과를 나타낸 것이다.

도 8은 종래의 연료전지용 분리판의 단면구조를 개략적으로 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 본 발명을 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 설명하기로 한다.
- [0017] 도 1에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 연료전지용 분리판은 모재인 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12), 상기 상부 금속판(11)의 상면에 형성되는 상부 복합재료층(13), 상기 하부 금속판(12)의 하면에 형성되는 하부 복합재료층(15), 및 상기 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12) 사이에 형성되는 중부 복합재료층(14)으로 이루어진다.
- [0018] 도 4의 제조과정을 참조하면, 상기 상부 금속판(11)은 양측 표면에 탄소나노튜브가 성장되어 있고, 상기 탄소나노튜브가 성장되는 있는 양측 표면에 각각 제1 복합재료층(13)과 제2 복합재료층(16)이 코팅되어 형성된다.
- [0019] 상기 하부 금속판(12) 역시 양측 표면에 탄소나노튜브가 성장되어 있고, 상기 탄소나노튜브가 성장되어 있는 양측 표면에 각각 제3 복합재료층(17)과 제4 복합재료층(15)이 코팅되어 형성된다.
- [0020] 여기서 상기의 제1 내지 제4 복합재료층(13, 15, 16, 17)은 고분자 매트릭스와 전도성 필러로 이루어진 고분자 복합재료를 함유한 코팅액을 코팅하여 형성되며, 분리판의 제조과정 중 건조 공정 전에 상기 상부 금속판(11)은 하부 금속판(12) 위에 적층되어진다.
- [0021] 즉, 고분자 복합재료를 함유한 코팅액을 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12)의 표면에 도포한 뒤, 건조 전에 상부 금속판(11)을 하부 금속판(12) 위에 적층하게 된다.
- [0022] 이때 상부 금속판(11)의 하면에 형성된 제2 복합재료층(16)과 하부 금속판(12)의 상면에 형성된 제3 복합재료층(17)은 고체화되기 전 상태이므로 일체로 접합되어 하나의 복합재료층을 이루게 되며, 결국 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12) 사이에 단일층의 중부 복합재료층(14)이 형성된다.
- [0023] 또한 이때, 도 2에 보이듯이, 상부 금속판(11)의 하면에 성장된 탄소나노튜브(18)와 하부 금속판(12)의 상면에 성장된 탄소나노튜브(19)가 중부 복합재료층(14) 내에서 서로 직접 연결된다.
- [0024] 아울러, 상부 금속판(11)의 상면에 형성된 제1 복합재료층(13)은 상기의 상부 복합재료층(13)이 되고, 하부 금속판(12)의 하면에 형성된 제4 복합재료층(15)은 상기의 하부 복합재료층(15)이 된다.
- [0025] 이때, 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12)의 양측 표면에 성장된 탄소나노튜브의 높이는 5 ~ 10 μ m이고, 상기 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12)의 양측 표면에 코팅된 제1 내지 제4 복합재료층(13, 15, 16, 17)의 두께는 10 ~ 20 μ m이다.
- [0026] 따라서 상부 및 하부 복합재료층(13, 15)의 두께는 10 ~ 20 μ m가 되고, 중부 복합재료층(14)의 20 ~ 40 μ m가 된다.
- [0027] 여기서, 상기 탄소나노튜브의 높이가 5 μ m 미만인 경우 전기전도성의 감소가 발생하게 되고, 탄소나노튜브의 높이가 10 μ m를 초과하는 경우 코팅 표면의 불량 발생하게 되어 바람직하지 못하다.
- [0028] 또한 상기 제1 내지 제4 복합재료층(13, 15, 16, 17)의 두께가 10 μ m 미만인 경우 연료전지 스택의 체결시 복합재료층의 박리가 발생하게 되고, 상기 각 복합재료층의 두께가 20 μ m를 넘는 경우 전체 저항이 증가하게 되어 바람직하지 못하다.
- [0029] 이와 같이 구성되는 연료전지용 분리판은 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12) 사이에 단일층의 중부 복합재료층(14)이 형성되어 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12) 사이에 접촉면이 제거됨으로써 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12) 사이에 접촉저항을 제거할 수 있으며, 또한 상부 및 하부 금속판(11, 12)의 표면에 성장된 탄소나노튜브(18, 19)가 서로 직접 연결되어 상/하부 금속판(11, 12)과 중부 복합재료층(14) 사이에 접촉저항을 줄일 수 있

어, 궁극적으로 상부 및 하부 금속판(11,12) 사이에 발생하는 접촉저항을 최소화할 수 있게 된다.

- [0030] 도 3 및 도 4에는 본 발명에 따른 연료전지용 분리판의 제조방법이 개략적으로 도시되어 있다.
- [0031] 도 3에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 분리판을 제조하는 과정은, 모재로서 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12)을 마련하는 과정; 상기 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12)의 양측 표면에 각각 탄소나노튜브를 성장시키는 과정; 상기 탄소나노튜브를 성장시킨 상부 금속판과 하부 금속판의 양측 표면에 고분자 복합재료를 함유한 코팅액을 도포하여 각각 복합재료층(13,15,16,17)을 형성하는 과정; 상기 상부 금속판(11)을 하부 금속판(12) 위에 적층하여 상부 금속판(11)의 제2 복합재료층(16)과 하부 금속판(12)의 제3 복합재료층(17)을 일체로 접합하는 과정;을 포함하며, 이후 건조 및 어닐링(Annealing) 공정을 거쳐 분리판을 제조하게 된다.
- [0032] 이때 상부 금속판(11) 및 하부 금속판(12)의 표면에 탄소나노튜브를 성장시키는 과정은, 공지 기술을 이용한 다.
- [0033] 상기 제1 내지 제4 복합재료층(13,15,16,17)은 고분자 복합재료를 함유한 코팅액을 상부 금속판(11) 및 하부 금속판(12)의 양측 표면에 코팅하여 형성된 것으로, 상기 상부 금속판(11)의 양 표면에 도포한 코팅액은 제1 및 제2 복합재료층(13,16)을 형성하게 되고, 상기 하부 금속판(12)의 양 표면에 도포한 코팅액은 제3 및 제4 복합재료층(17,15)을 형성하게 된다.
- [0034] 이렇게 상부 및 하부 금속판(11,12)의 양 표면에 복합재료층(13,15,16,17)을 코팅한 뒤에는, 도 4에 나타난 바와 같이, 상기 복합재료층(13,15,16,17)을 건조하기 전에 상부 금속판(11)의 하면에 하부 금속판(12)을 적층한다.
- [0035] 이때 미건조 상태의 제2 복합재료층(16)과 제3 복합재료층(17)이 일체로 접합되어 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12) 사이에 단일층의 중부 복합재료층(14)이 형성되고, 이에 상기 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12) 사이에 접촉면이 제거되어진다.
- [0036] 이렇게 상기 상부 금속판(11)과 하부 금속판(12) 사이에 중부 복합재료층(14)을 형성한 뒤에는, 건조 및 어닐링(Anealing) 공정을 진행하여 분리판 제작을 완료한다.
- [0037] 여기서 상기 복합재료층(13,15,16,17)을 형성하는 코팅액 내 고분자 복합재료는 고분자 매트릭스와 전도성 필러로 이루어지며, 이때 상기 전도성 필러로는 전도성을 가짐은 물론 상부 및 하부 금속판(11,12)과 각 복합재료층(13,14,15,16,17) 간에 접착력을 확보할 수 있는 전도성 고분자를 사용한다.
- [0038] 예를 들면, 상기 전도성 필러로는 모재인 금속판 및 탄소나노튜브와의 접착성이 우수하고, 또한 가공성 성형성이 우수한 열가소성 고분자인 PAI (polyamideimide)를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0039] 상기 PAI는 고분자 사슬 내에 아미드기와 이미드기를 반복단위로 갖는 방향족 폴리머(polymer)로서 우수한 코팅 안정성과 가공성이 필요한 분야에 이용된다.
- [0040] 이러한 PAI는 분리판 제조시 어닐링 과정에서 금속과의 강한 상호 작용과 전자 이동이 이루어지기 때문에 금속에 대한 접착제로 사용할 만큼 접착력이 타 고분자에 비해 우수하다.
- [0041] 도 5는 본 발명에 따른 분리판과 종래기술에 따른 분리판에 대해 각각 상부 금속판과 하부 금속판 사이의 접촉저항을 비교하여 나타난 것이다.
- [0042] 이때 종래기술에 따른 분리판은 양 표면이 복합재료층으로 코팅된 상부 금속판과 하부 금속판을 접합하여 제작한 것으로, 상부 금속판과 하부 금속판 상에 접촉면이 존재한다.
- [0043] 도 5에 보이듯이, 일체형으로 제작한 본 발명에 따른 분리판의 접촉저항이 종래기술에 따른 일반 분리판 대비 현저히 감소하였음을 알 수 있다.
- [0044] 여기서, 본 발명의 분리판 제작과정을 좀 더 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- [0045] 먼저, 두 장의 오스테나이트계 스테인리스강(SUS 304) 기판(금속판)을 준비한 뒤, 상기 각 기판의 양 표면을 샌드페이퍼로 폴리싱(polishing)한 후 아세톤으로 표면을 세척하였다.
- [0046] 다음, 5wt%의 HF용액으로 상기 각 기판을 10분간 산처리를 하여 기판 표면에 금속 촉매(Fe, Cr 등)를 드러나게 에칭(etching)하였다.
- [0047] 그 다음, 질소분위기를 형성한 750℃의 가열로 안에 상기 기판을 넣고 수소 기체와 아세틸렌 기체를 각각

100sccm, 40sccm의 유량으로 흘러주어 상기 기판 표면에 드러낸 금속 측매로부터 1 ~ 10분 동안 탄소나노튜브(CNT)를 성장시켰다. 이때 상기 가열로 내에 흘러주는 아세틸렌의 양에 따라 CNT의 성장길이를 조절할 수 있다.

[0048] 이어서, NMP(N-Methyl Pyrrolidone) 용매에 카본블랙(Carbon black)과 PAI 파우더로 된 고분자 복합재료를 첨가하여 코팅액을 제조하였으며 페인팅 기법을 통해 탄소나노튜브가 성장된 기판 표면 위에 상기 코팅액을 페인팅(painting)하였다.

[0049] 그리고, 상기 코팅액을 미건조한 상태에서 두 장의 기판을 상하로 적층하여 상부 기판의 코팅층과 하부 기판의 코팅층을 일체로 접착되게 함으로써 상부 기판과 하부 기판 사이에 단일층의 코팅층을 형성하였다. 이때 상부 기판 및 하부 기판의 표면에 성장한 탄소나노튜브가 서로 접촉하게 된다.

[0050] 이후 상기 코팅층을 형성한 기판을 상온에서 24시간 동안 건조(drying)한 뒤, 150℃에서 2시간 동안 어닐링하였다.

[0051] 상기의 코팅액에 포함된 PAI는 전도성 필러인 동시에 카본블랙이 기판의 표면에 잘 접착되도록 바인더 역할을 한다.

[0052] 상기 코팅액에 함유되는 전도성 필러로는 PAI 이외에도 소정 용매에 용해될 수 있는 전도성 고분자를 사용가능하며, 상기 코팅액에 함유되는 고분자 매트릭스로서 소정 용매에 첨가되는 카본계열의 물질 또한 변경가능하다. 이러한 전도성 필러 및 고분자 매트릭스의 재료 변경은 분리판의 성능을 향상하는데 일조할 수 있다.

[0053] 한편, 복합재료층에 함유되는 전도성 필러의 종류에 따른 분리판의 접촉저항을 비교하기 위하여, 복합재료층의 전도성 필러로서 PVE(polyvinylester)를 사용하여 제1, 제2의 분리판 샘플을 제작하고, PAI(polyamideimide)를 사용하여 제3, 제4의 분리판 샘플을 제작하고, PP(polypropylene)를 사용하여 제5, 제6의 분리판 샘플을 제작하였다.

[0054] 이때 제1, 제3, 제5의 분리판 샘플은 복합재료층의 고분자 매트릭스로서 카본블랙 30wt% 를 사용하여 제작하였고, 제2, 제4, 제6의 분리판 샘플은 카본블랙 35wt% 를 사용하여 제작하였으며, 이러한 점을 제외하고는 각 분리판 샘플을 동일한 조건으로 제작하였다.

[0055] 상기와 같이 제작한 분리판 샘플에 대해 상부 금속판과 하부 금속판 사이에 발생하는 접촉저항을 측정하여, 그 결과를 도 6에 나타내었다.

[0056] 도 6에 보이는 바와 같이, 제1, 제3, 제5의 분리판 샘플의 경우 각각 12, 25, 30(mohmcm²)의 접촉저항값을 나타내었고, 제2, 제4, 제6의 분리판 샘플의 경우 각각 10, 21, 26(mohmcm²)의 접촉저항값을 나타내었다.

[0057] 즉, PP 대비 PVE 및 PAI를 사용한 경우 분리판의 접촉저항값이 상대적으로 낮게 발생하였고, PVE를 사용한 경우 분리판의 접촉저항값이 가장 낮게 발생함을 확인하였다.

[0058] 또한, 전도성 필러의 종류에 따른 복합재료층의 접착력 테스트를 위하여, 상기 제2 분리판 샘플과 제4 분리판 샘플에 대해 각각 접착력 테스트(ASTM D 3359)를 수행하였으며, 그 결과를 도 7에 나타내었다.

[0059] 여기서, 상기 제4 분리판 샘플은 표면에 탄소나노튜브를 성장시킨 스테인리스 스틸의 표면을 PAI를 함유한 코팅액으로 코팅하여 마련한 샘플이고, 제2 분리판 샘플은 표면에 탄소나노튜브를 성장시킨 스테인리스 스틸의 표면을 PVE를 함유한 코팅액으로 코팅하여 마련한 샘플이다.

[0060] 도 7에 보이는 바와 같이, 상기 제4 분리판 샘플은 테이프를 붙이기 전과 후 표면의 코팅층이 벗겨지지 않은 것을 확인하여 모재와의 접착력이 우수한 것을 확인할 수 있었다. 반면, PAI 대신 PVE를 사용한 점을 제외하고 동일한 조건으로 코팅한 제2 분리판 샘플의 경우, 테이프를 탈착시켜 접착력을 평가한 결과, 모재 표면에 성장된 탄소나노튜브와 함께 코팅층이 모재에서 완전히 탈락되는 현상을 보인 것을 확인할 수 있었다. 이에 PVE 대비 PAI가 모재에 대해 더 우수한 접착성을 가짐을 알 수 있었다.

[0061] 전술한 바에 의하면, PVE를 사용한 제2의 분리판 샘플의 경우 발생한 접촉저항값은 가장 낮지만, 접착력에서 PAI를 사용한 제4의 분리판 샘플 대비 매우 불량한 성질을 보임을 확인할 수 있었다.

[0062] 따라서, PVE의 경우 복합재료층의 전도성 필러로서 적절치 않으며, PAI가 우수한 접착력을 기반으로 다른 전도성 고분자 대비 경쟁력 있는 접촉저항을 발생시킴을 확인할 수 있었다.

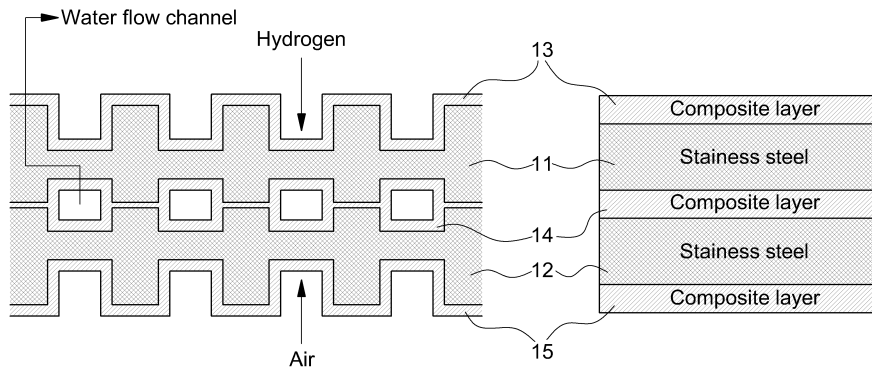
부호의 설명

[0063]

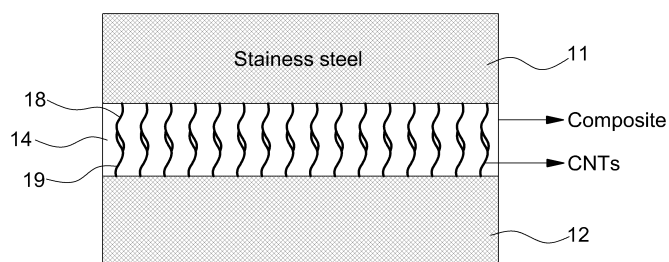
- 11 : 상부 금속판
- 12 : 하부 금속판
- 13 : 상부 복합재료층(또는 제1 복합재료층)
- 14 : 중부 복합재료층
- 15 : 하부 복합재료층(또는 제4 복합재료층)
- 16 : 제2 복합재료층
- 17 : 제3 복합재료층
- 18,19 : 탄소나노튜브

도면

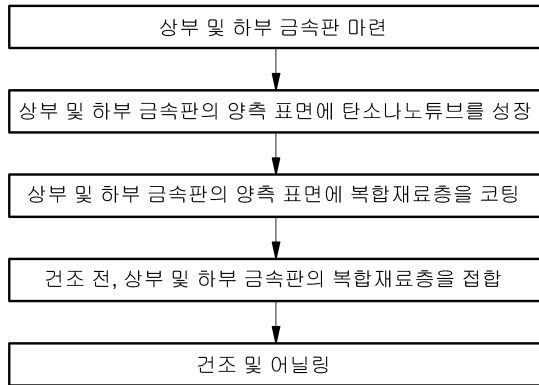
도면1



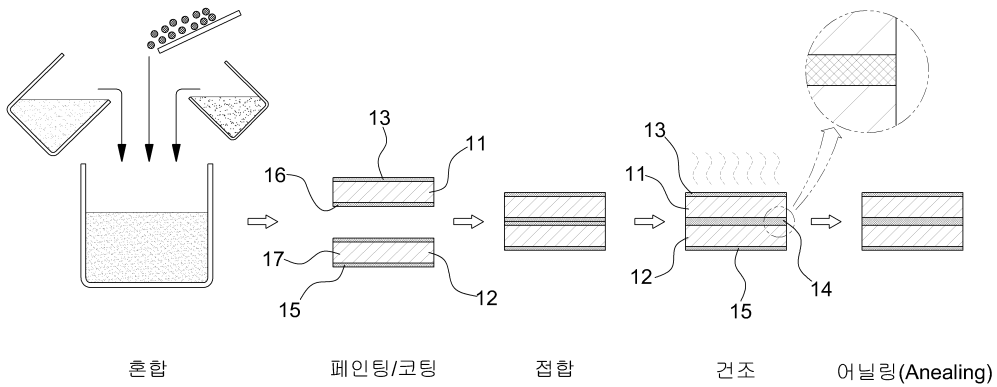
도면2



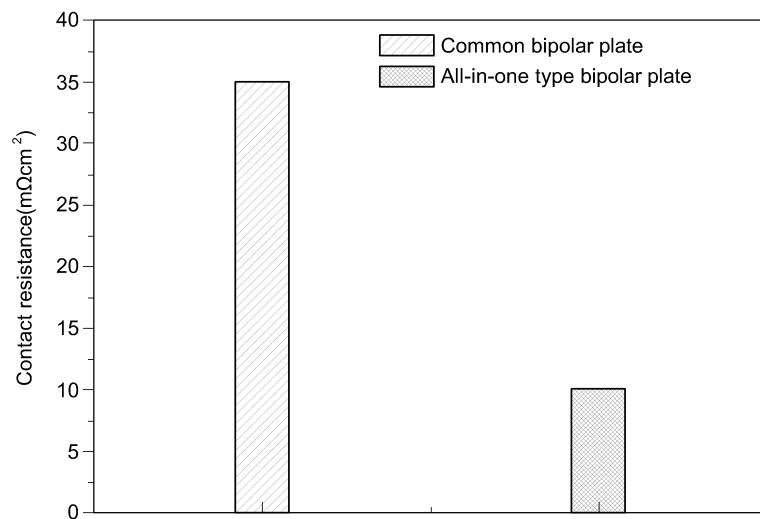
도면3



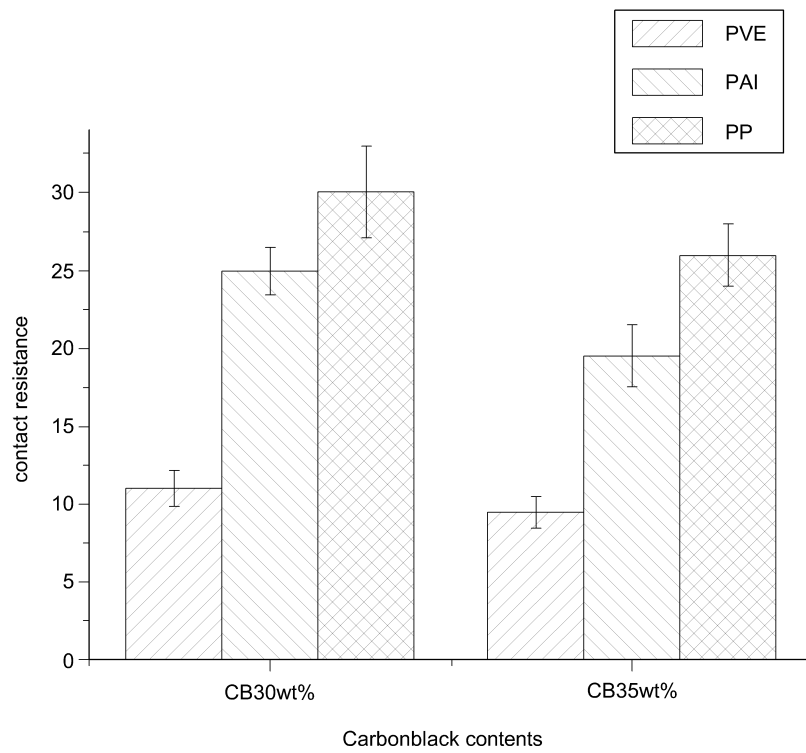
도면4



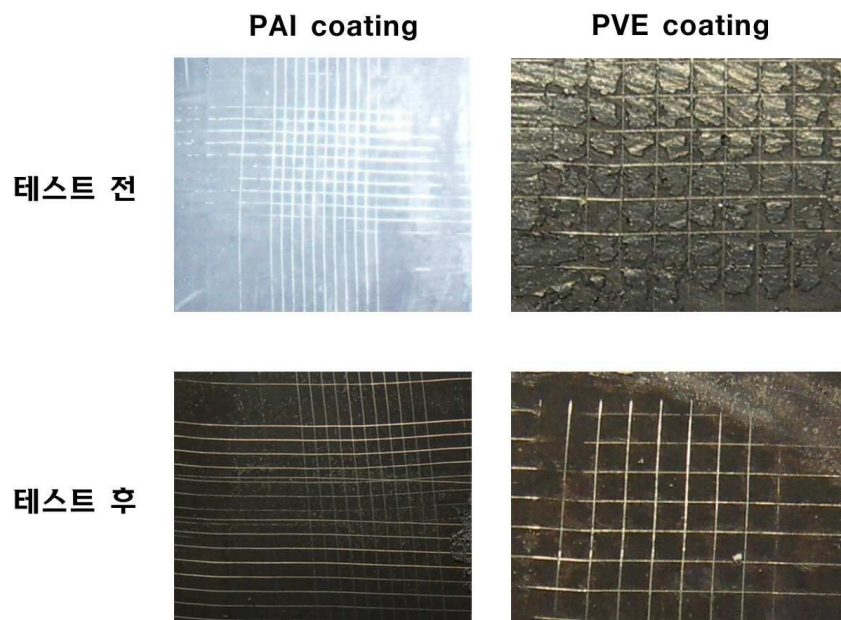
도면5



도면6



도면7



도면8

