(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월07일
(11) 등록번호 10-2298678
(24) 등록일자 2021년08월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 5/10 (2006.01) *B22F 3/105* (2006.01)
B22F 3/20 (2006.01) *B22F 9/04* (2006.01)
B22F 9/24 (2006.01) *B60K 1/00* (2021.01)
B60K 11/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B22F 5/106 (2013.01)
B22F 3/105 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0048679
(22) 출원일자 2020년04월22일
심사청구일자 2020년04월22일
(56) 선행기술조사문헌
JP2006315893 A*
KR101822073 B1*
KR1020110085978 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
주식회사 엔지엠
부산광역시 남구 신선로 365, 6공학관 105,106호 (용당동, 부경대학교 용당캠퍼스)
(72) 발명자
권한상
부산광역시 수영구 광안해변로 459-5, 402호(민락동, 화인아트빌리지)
(74) 대리인
김정수

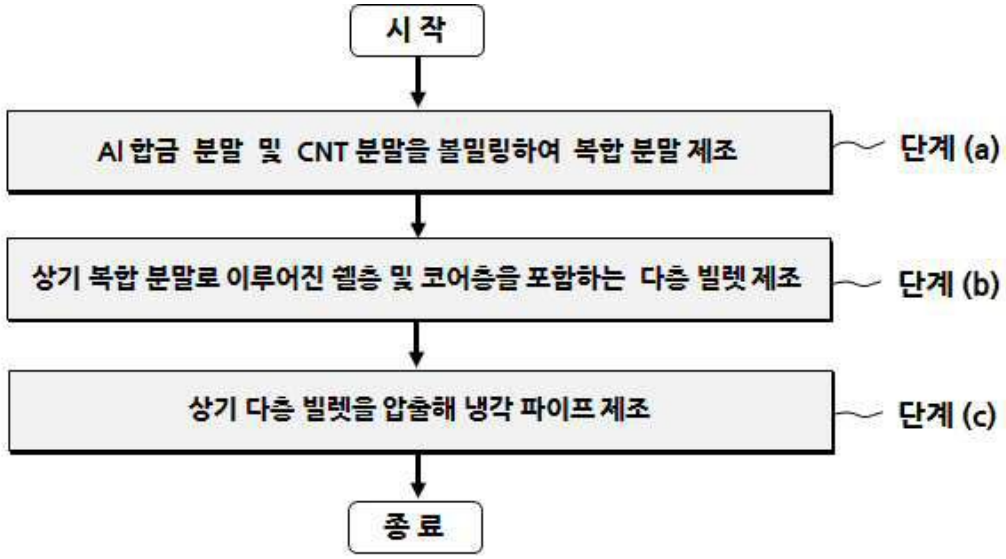
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 고혜일

(54) 발명의 명칭 **전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법 및 이에 의해 제조된 냉각 파이프**

(57) 요 약

본 발명은 (a) 알루미늄 합금 분말 및 탄소나노튜브 분말을 볼밀링하여 복합 분말을 제조하는 단계; (b) 상기 복합 분말을 포함하는 다층 빌렛(billet)을 제조하되, 코어층 및 상기 코어층을 둘러싸는 2층 이상의 쉘층을 포함해 이루어지며, 코어층은 상기 복합 분말 또는 알루미늄 합금으로 이루어지고, 최외곽 쉘층을 제외한 쉘층은 상기 복합 분말로 이루어지며, 최외곽 쉘층은 알루미늄 합금으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 다층 빌렛을 제조하는 단계; 및 (c) 상기 다층 빌렛을 압출해 파이프 형상의 압출재를 제조하는 단계;를 포함하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법, 이에 의해 제조된 전기 자동차 파워트레인용 냉각 파이프 및 이를 구비하는 전기 자동차용 구동 모터 및 배터리팩 케이스에 대한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B22F 3/20 (2013.01)
B22F 9/24 (2013.01)
B60K 1/00 (2013.01)
B60K 11/00 (2013.01)
B22F 2009/043 (2013.01)
B22F 2202/13 (2013.01)
B60K 2001/003 (2013.01)
B60Y 2200/91 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 알루미늄 합금 분말 및 탄소나노튜브 분말을 볼밀링하여 복합 분말을 제조하는 단계;

(b) 상기 복합 분말을 포함하는 다층 빌렛(billet)을 제조하되,

상기 다층 빌렛은,

상기 제2 쉘층으로서 캔 형상의 제1 빌렛;

상기 제1 쉘층으로서 상기 제1 빌렛의 내부에 배치된 제2 빌렛; 및

상기 코어층으로서 상기 제2 빌렛의 내부에 배치된 제3 빌렛으로 이루어지고,

상기 제2 빌렛과 제3 빌렛은 조성이 서로 상이한 복합 분말을 포함하되, 상기 제2 빌렛은 알루미늄 합금 100 부피부에 대하여 탄소나노튜브를 0.09 부피부 내지 10 부피부로 포함하고, 상기 제3 빌렛은 알루미늄 합금 분말 100 부피부에 대하여 탄소나노튜브를 0 부피부 초과 0.08 부피부 이하로 포함하는 것을 특징으로 하는 다층 빌렛을 제조하는 단계; 및

(c) 상기 다층 빌렛을 압출해 파이프 형상의 압출재를 제조하는 단계;

를 포함하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 단계 (b)에서 상기 다층 빌렛을 30MPa 내지 100MPa의 압력 하에서, 280℃ 내지 600℃의 온도로, 1초 내지 30분 동안 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering)시키는 것을 특징으로 하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 단계 (c)에서 압출재의 외주면 상에 압출재의 길이 방향을 따라 직선 또는 나선으로 형성된 철부(凸部) 또는 요부(凹部)를 가지는 파이프 형상의 압출재를 제조하는 것을 특징으로 하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 단계 (c)에서 간접 압출법(indirect extrusion process), 직접 압출법(direct extrusion process), 정수압 압출법(hydrostatic extrusion process) 또는 충격 압출법(impact extrusion process)을 이용해 다층 빌렛

을 압출하는 것을 특징으로 하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법.

청구항 8

제1항 및 제5항 내지 제7항 중 어느 한 항에 기재된 제조방법에 의해 제조된 전기 자동차 파워트레인용 냉각 파이프.

청구항 9

제8항에 기재된 냉각 파이프를 포함하는 전기 자동차용 구동 모터.

청구항 10

제8항에 기재된 냉각 파이프를 포함하는 전기 자동차용 배터리팩 케이스.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 구동 모터 및 배터리팩 등 전기 자동차의 파워트레인 핵심 부품의 운행 중 냉각을 위한 냉각 파이프의 제조방법 및 이에 의해 제조된 냉각 파이프에 대한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전기 자동차의 파워트레인을 구성하는 핵심 부품인 전기 모터와 배터리는 주행 중 온도의 상승으로 인한 효율성이 저하로 주행거리 감소는 물론 차량의 화재 등 안전 문제를 야기할 수 있다.

[0003] 특히, 차량 운행 중에 충전과 방전을 반복하면서 전기 모터에 구동 전력을 제공하는 고전압 배터리팩은 충전과 방전시의 발열현상에 의해 온도가 지속적으로 상승하게 되는데, 배터리의 온도가 과도하게 상승하면 배터리의 성능 저하 및 수명을 단축시키는 원인이 되고, 심한 경우 화재가 발생할 우려가 있다.

[0004] 기존의 전기 자동차용 모터 및 배터리 케이스 냉각용 삽입 튜브는 대부분 스테인리스 또는 구리 합금을 주로 사용하였는데, 스테인리스 소재의 경우 우수한 내부식성과 기계적 특성을 지니고 있지만 비중이 높아 무겁고 열전도성이 매우 낮아 냉각 효율이 떨어지는 단점을 가지며, 구리 합금 튜브의 경우에는 높은 방열성을 가지는 반면 가격이 비싸고 무거우며 알루미늄과의 열팽창 계수 차이로 인해 알루미늄으로부터의 박리되는 문제점을 가진다. 특히, 스테인리스 또는 구리 합금 모두 원천적으로 알루미늄과의 젖음성이 좋지 않아 효율적인 열전달이 어려운 것으로 알려져 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 미국 공개특허 제2019-0386260호 (공개일: 2019.12.19)

(특허문헌 0002) 한국 공개특허 제10-2018-0079974호 (공개일: 2018.07.11)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 종래 기술 대비 뛰어난 열전달 효율을 가져 전기 자동차 파워트레인의 냉각 효율을 현저히 향상시키는 냉각 파이프를 제조하는 방법 및 이에 의해 제조된 전기 자동차 파워트레인용 냉각 파이프를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 기술적 과제를 달성하기 위해, 본 발명은 (a) 알루미늄 합금 분말 및 탄소나노튜브 분말을 볼밀링하여 복합 분말을 제조하는 단계; (b) 상기 복합 분말을 포함하는 다층 빌렛(billet)을 제조하되, 코어층 및 상기 코어

층을 둘러싸는 2층 이상의 쉘층을 포함해 이루어지며, 코어층은 상기 복합 분말 또는 알루미늄 합금으로 이루어지고, 최외곽 쉘층을 제외한 쉘층은 상기 복합 분말로 이루어지며, 최외곽 쉘층은 알루미늄 합금으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 다층 빌렛을 제조하는 단계; 및 (c) 상기 다층 빌렛을 압출해 파이프 형상의 압출재를 제조하는 단계;를 포함하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법을 제안한다.

[0008] 또한, 상기 코어층은 상기 복합 분말로 이루어지고, 상기 최외곽 쉘층을 제외한 쉘층 및 상기 코어층 각각에 포함되는 복합 분말의 조성은 서로 상이한 것을 특징으로 하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법을 제안한다.

[0009] 또한, 상기 다층 빌렛은, 코어층, 상기 코어층을 둘러싸는 제1 쉘층 및 상기 제1 쉘층을 둘러싸는 제2 쉘층으로 이루어진 것을 특징으로 하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법을 제안한다.

[0010] 또한, 상기 다층 빌렛은, 상기 제2 쉘층으로서 캔 형상의 제1 빌렛; 상기 제1 쉘층으로서 상기 제1 빌렛의 내부에 배치된 제2 빌렛; 및 상기 코어층으로서 상기 제2 빌렛의 내부에 배치된 제3 빌렛으로 이루어진 것을 특징으로 하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법을 제안한다.

[0011] 또한, 상기 단계 (b)에서 상기 다층 빌렛을 30MPa 내지 100MPa의 압력 하에서, 280℃ 내지 600℃의 온도로, 1초 내지 30분 동안 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering)시키는 것을 특징으로 하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법을 제안한다.

[0012] 또한, 상기 단계 (c)에서 압출재의 외주면 상에 압출재의 길이 방향을 따라 직선 또는 나선으로 형성된 철부(凸部) 또는 요부(凹部)를 가지는 파이프 형상의 압출재를 제조하는 것을 특징으로 하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법을 제안한다.

[0013] 또한, 상기 단계 (c)에서 간접 압출법(indirect extrusion process), 직접 압출법(direct extrusion process), 정수압 압출법(hydrostatic extrusion process) 또는 충격 압출법(impact extrusion process)을 이용해 다층 빌렛을 압출하는 것을 특징으로 하는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법을 제안한다.

[0014] 그리고, 본 발명은 발명의 다른 측면에서 상기 제조방법에 의해 제조된 전기 자동차 파워트레인용 냉각 파이프를 제안한다.

[0015] 그리고, 본 발명은 발명의 또 다른 측면에서 상기 냉각 파이프를 포함하는 냉각부를 구비하는 전기 자동차용 구동 모터 및 배터리팩 케이스를 제안한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 의해 제조되는 탄소나노튜브 강화 알루미늄 이종 복합재료로 이루어진 전기 자동차 파워트레인의 운행 중 냉각을 위한 냉각 파이프는 모터 및 배터리팩 케이스의 소재와 같은 계열의 알루미늄 합금 금속 소재로 구성되어 있어 높은 계면 접착성으로 인해서 효율적인 열전달이 가능하며, 또한, 알루미늄 대비 약 30배에 이르는 높은 열전도성을 가지는 탄소나노튜브를 강화재로 포함하기 때문에 보다 향상된 열전달 효율을 경제적으로 달성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명에 따른 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법의 공정 흐름도이다.

도 2는 본 발명에 따른 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조에 사용되는 다층 빌렛의 제조 과정을 나타낸 모식도이다.

도 3은 본 발명에 따른 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조에 사용되는 다층 빌렛의 일례를 도시한 모식도이다.

도 4는 본 발명에 따라 제조되는 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 일례로서, 파이프의 외주면 둘레를 따라 형성된 철부(凸部)를 구비한 냉각 파이프의 단면도이고, 도 5는 상기 철부(凸部)가 냉각 파이프의 길이 방향을 따라 형성되어 있음을 보여주는 냉각 파이프의 사시도이다.

도 6은 본 발명에 따른 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 다른 일례로서, 파이프의 외주면 둘레를 따라 형성된 요부(凹部)를 구비한 냉각 파이프의 단면도이고, 도 7은 상기 요부(凹部)가 냉각 파이프의 길이 방향을 따라 형성되어 있음을 보여주는 냉각 파이프의 사시도이다.

도 8은 본 발명에 따른 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 또 다른 일례로서, 냉각 파이프의 외주면 상에 나선 형태로 형성된 철부(凸部)를 구비한 냉각 파이프의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0019] 본 발명의 개념에 따른 실시예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설시된 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.

[0021] 이하, 본 발명을 상세히 설명하도록 한다.

[0022] 본 발명에 따른 전기 자동차의 파워트레인용 냉각 파이프의 제조방법은, (a) 알루미늄 합금 분말 및 탄소나노튜브 분말을 볼밀링하여 복합 분말을 제조하는 단계, (b) 상기 복합 분말을 포함하는 다층 빌렛(billet)을 제조하되, 코어층 및 상기 코어층을 둘러싸는 2층 이상의 쉘층을 포함해 이루어지며, 코어층은 상기 복합 분말 또는 알루미늄 합금으로 이루어지고, 최외곽 쉘층을 제외한 쉘층은 상기 복합 분말로 이루어지며, 최외곽 쉘층은 알루미늄 합금으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 다층 빌렛을 제조하는 단계, 및 (c) 상기 다층 빌렛을 압출해 파이프 형상의 압출재를 제조하는 단계를 포함해 이루어진다(도 1).

[0023] 상기 단계 (a)에서 상기 알루미늄 합금 분말은 1000 번대 계열, 2000 번대 계열, 3000 번대 계열, 4000 번대 계열, 5000 번대 계열, 6000 번대 계열, 7000 번대 계열 및 8000 번대 계열로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.

[0024] 상기 복합 분말은 상기 탄소나노튜브를 포함함에 따라, 이를 이용하여 제조되는 빌렛을 이용해 압출, 압연, 단조 등의 소성 가공을 통해 클래드재 등과 같은 복합재료를 제조할 경우 해당 복합재료는 고열전도성, 고강도, 경량화 특성을 가질 수 있다.

[0025] 한편, 마이크로 사이즈의 알루미늄 합금 입자는 나노 사이즈의 탄소나노튜브와 입경 차이가 커서 분산이 어렵고, 탄소나노튜브는 강한 반데르발스 힘에 의해서 응집되기 쉬워 탄소나노튜브를 알루미늄 합금 분말과 균일하게 분산시키기 위해서 분산 유도제가 더 첨가될 수 있다.

[0026] 상기 분산 유도제로는 SiC, SiO_2, Al_2O_3, TiO_2, Fe_3O_4, MgO, ZrO_2 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 세라믹으로 이루어진 나노 입자를 사용할 수 있다.

[0027] 상기 나노 세라믹 입자는 상기 탄소나노튜브를 상기 알루미늄 합금 입자 사이에 균일하게 분산시키는 작용을 하며, 특히 상기 나노 SiC(나노 실리콘카바이드, nano Silicon carbide)는 인장 강도가 높고 날카로우며 일정한 전기전도성과 열전도성을 갖고 있으며, 높은 경도, 고내화성과 열충격에 강하며 고온 성질과 화학적 안정성이 우수하여 연마재, 내화재로서 사용된다. 또한, 상기 알루미늄 합금 입자 표면에 존재하는 상기 나노 SiC 입자는 상기 탄소나노튜브와 상기 알루미늄 합금 입자의 직접적인 접촉을 억제하여 일반적으로 알려져 있는 상기 탄소나노튜브와 상기 알루미늄 합금의 반응에 의해서 생성될 수 있는 불건전상의 알루미늄 카바이드의 생성을 억제하는 역할도 수행한다.

[0028] 또한, 상기 복합 분말은 상기 알루미늄 합금 분말 100 부피부, 및 상기 탄소나노튜브 0.01 부피부 내지 10 부피부를 포함할 수 있다.

[0029] 상기 탄소나노튜브의 함량이 상기 알루미늄 합금 분말 100 부피부에 대하여 0.01 부피부 미만인 경우 복합재료의 강도는 순수 알루미늄 또는 알루미늄 합금과 비슷하게 나타나므로 강화재로서 충분한 역할을 하지 못할 수 있고, 반대로 상기 탄소나노튜브의 함량이 10 부피부를 초과하는 경우 강도는 순수 알루미늄 또는 알루미늄 합금 대비 증가하지만 반대로 연신율이 떨어질 수 있다. 또한, 상기 탄소나노튜브의 함량이 극단적으로 많아지면

오히려 분산이 어려워지고 결함으로 작용하여 기계적 물리적 특성을 떨어뜨릴 수도 있다.

[0030] 또한, 상기 복합 분말이 상기 분산 유도제를 더 포함하는 경우, 상기 복합 분말은 상기 알루미늄 합금 분말 100 부피부에 대하여 상기 분산 유도제 0.1 부피부 내지 10 부피부를 더 포함할 수 있다.

[0031] 상기 분산 유도제의 함량이 상기 알루미늄 합금 분말 100 부피부에 대하여 0.1 부피부 미만인 경우 분산 유도 효과가 미미할 수 있고, 10 부피부를 초과하는 경우 탄소나노튜브의 응집으로 분산이 어려워 오히려 결함으로 작용할 있을 수 있다.

[0032] 한편, 상기 볼 밀은 구체적으로 대기, 불활성 분위기, 예를 들면, 질소 또는 아르곤 분위기 하에서, 150 r/min 내지 300 r/min의 저속 또는 300 r/min의 이상의 고속으로, 12 시간 내지 48 시간 동안 볼밀기, 예를 들어 수평형 또는 유성형 볼밀기를 이용하여 이루어질 수 있다.

[0033] 이때, 상기 볼 밀은 스테인레스 용기에서, 스테인레스 볼(지름 20 파이 볼, 및 지름 10 파이 볼을 1:1 혼합)을 상기 복합 분말 100 부피부에 대하여 100 부피부 내지 1500 부피부로 장입하여 이루어질 수 있다.

[0034] 또한, 마찰계수를 감소시키기 위해서 공정 제어제로 헵탄, 헥산 및 알코올로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 유기 용제를 상기 복합 분말 100 부피부에 대하여 10 부피부 내지 50 부피부로 사용할 수 있다. 상기 유기 용제는 볼 밀 후 용기를 오픈하여 상기 혼합 분말 회수시 후드에서 모두 증발되고, 회수되는 혼합 분말에는 상기 알루미늄 합금 분말과 상기 탄소나노튜브만 남는다.

[0035] 이때, 상기 나노 크기의 세라믹인 분산 유도제는, 상기 볼 밀 공정시 발생되는 회전력에 의해 상기 나노 크기의 밀링 볼과 같은 역할을 하여, 물리적으로 응집된 상기 탄소나노튜브를 분리하고 유동성을 촉진시켜 상기 탄소나노튜브를 상기 알루미늄 입자 표면에 더욱 균일하게 분산시킬 수 있다.

[0036] 다음으로, 상기 단계 (b)에서는 전 단계에서 얻어진 복합 분말을 포함하는 다층 빌렛(billet)을 제조한다.

[0037] 본 단계에서 제조되는 다층 빌렛은 코어층 및 상기 코어층을 둘러싸는 2층 이상의 쉘층을 포함해 이루어지며, 코어층은 상기 복합 분말 또는 알루미늄 합금으로 이루어지고, 최외곽 쉘층을 제외한 쉘층은 상기 복합 분말로 이루어지며, 최외곽 쉘층은 알루미늄 합금으로 이루어진다.

[0038] 상기 최외곽 쉘층을 제외한 쉘층이 2개층 이상일 경우 해당 2개층 이상의 쉘층 각각에 포함되는 복합 분말의 조성, 즉 알루미늄 합금 분말과 탄소나노튜브 분말의 함량비는 서로 상이한 것이 바람직하다.

[0039] 또한, 상기 코어층이 상기 복합 분말로 이루어질 경우에도, 해당 코어층 및 최외곽 쉘층을 제외한 1개층 이상의 쉘층 각각에 포함되는 복합 분말은 조성이 상이해 알루미늄 합금 분말에 대한 탄소나노튜브의 부피 분율이 서로 다른 것이 바람직하다.

[0040] 한편, 상기 다층 빌렛에 포함되는 쉘층의 개수는 특별히 제한되지 않으나, 경제성 등을 고려할 때 5개 층 이하인 것이 바람직하다.

[0041] 도 2는 상기와 같은 다층 빌렛 제조 과정의 일례를 모식적으로 나타내는 그림이다.

[0042] 도 2를 참조하면, 상기 빌렛은 상기 복합 분말(10)을 가이더(G)를 통해 금속캔(20)에 장입하고, 캡(C)으로 봉입하거나 압착하여 분말이 흐르지 않도록 하여 제조할 수 있다.

[0043] 상기 금속캔(20)은 전기전도성 및 열전도성이 있는 금속으로 이루어진 것이면 모두 사용 가능하고, 알루미늄 또는 알루미늄 합금 캔, 구리 캔, 마그네슘 캔을 바람직하게 사용할 수 있다. 상기 금속캔(20)의 두께는 6 인치 빌렛을 가정할 경우 0.5 ㎜ 내지 150 ㎜일 수 있지만 이는 빌렛의 크기에 따라 다양한 두께 비율을 가질 수 있다.

[0044] 도 3은 본 단계에서 제조될 수 있는 다층 빌렛의 일례로서, 코어층과 이를 둘러싸는 2층을 쉘층을 포함하는 다층 빌렛 즉, 코어층, 상기 코어층을 둘러싸는 제1 쉘층 및 상기 제1 쉘층을 둘러싸는 제2 쉘층으로 이루어진 다층 빌렛을 모식적으로 도시한 사시도이다.

[0045] 도 3을 참조하면, 우선 제2 쉘층으로서 속이 빈 원통 형상의 제1 빌렛(11)의 내부에 제1 쉘층으로서 상기 제1 빌렛(11)과는 성분이 상이한 제2 빌렛(12)을 배치하고, 상기 제2 빌렛(12)의 내부에 코어층으로서 상기 제2 빌렛(12)과는 성분이 상이한 제3 빌렛(13)을 더 배치하여 다층 빌렛을 제조할 수 있다.

[0046] 이때, 상기 제1 빌렛(11)은 속이 빈 원통 형상으로서, 한쪽 입구가 막힌 캔(can) 형상이거나, 양쪽 입구가 뚫린 중공 원통 형상일 수 있고, 상기 제1 빌렛(11)은 알루미늄, 구리, 마그네슘 등으로 이루어질 수 있다. 상기 제1

빌렛(11)은 상기 금속 모재를 용융시킨 후, 주형에 주입하여 속이 빈 원통 형상으로 제조하거나, 기계 가공하여 제조할 수 있다.

[0047] 상기 제2 빌렛(12)은 상기 제조된 복합 분말을 포함할 수 있고, 상기 제2 빌렛(12)은 덩어리(bulk) 또는 분말일 수 있다.

[0048] 상기 제2 빌렛(12)이 덩어리인 경우, 상기 제2 빌렛(12)은 구체적으로 원기둥 형상일 수 있고, 상기 다층 빌렛은 상기 원기둥 형상의 제2 빌렛(12)을 상기 제1 빌렛(11)의 내부에 배치시켜 제조할 수 있다. 이때, 상기 제2 빌렛(12)을 상기 제1 빌렛(11)의 내부에 배치시키는 방법으로는, 상기 제2 빌렛(12)의 복합 분말을 용융시켜 주형에 주입하여 원기둥 형상으로 제조한 후, 이를 상기 제1 빌렛(11) 내부에 끼워 맞춤하여 제조할 수 있고, 또는 상기 복합 분말을 상기 제1 빌렛(11) 내부에 직접 장입하여 제조할 수도 있다.

[0049] 상기 제3 빌렛(13)은 금속 덩어리(bulk) 또는 분말일 수 있다.

[0050] 한편, 상기 제2 빌렛(12) 또는 상기 제3 빌렛(13) 등이 상기 복합 분말을 포함하는 덩어리인 경우, 상기 복합 분말을 고압으로 압착시키거나 소결시켜 덩어리 형상으로 제조할 수 있다.

[0051] 이때, 상기 제2 빌렛(12)과 제3 빌렛(13)이 포함하는 복합 분말은 그 조성이 서로 상이하다. 상기 복합 분말에 포함되는 이종 재료가 알루미늄(또는 알루미늄 합금) 분말 및 탄소나노튜브(CNT)일 경우를 예로 들면, 상기 제2 빌렛(12)은 상기 알루미늄 합금 100 부피부에 대하여 상기 탄소나노튜브를 0.09 부피부 내지 10 부피부로 포함하고, 상기 제3 빌렛(13)은 상기 알루미늄 합금 분말 100 부피부에 대하여 상기 탄소나노튜브를 0 부피부 초과 0.08 부피부 이하로 포함할 수 있다.

[0052] 또는, 상기 제2 빌렛(12)은 상기 복합 분말을 포함하고, 상기 제3 빌렛(13)은 상기 제1 빌렛(11)과 같이, 알루미늄, 구리, 마그네슘, 티타늄, 스테인리스스틸, 텅스텐, 코발트, 니켈, 주석 및 이들의 합금으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 금속 덩어리이거나 금속 분말일 수도 있다.

[0053] 상기 다층 빌렛은 상기 다층 빌렛 전체 부피에 대하여 상기 제2 빌렛(12)을 0.01 부피% 내지 10 부피% 및 상기 제3 빌렛(13)을 0.01 부피% 내지 10 부피%로 포함할 수 있고, 상기 제1 빌렛(11)을 나머지 부피로 포함할 수 있다.

[0054] 한편, 상기 다층 빌렛이 상기 복합 분말을 포함하는 상기 제2 빌렛(12) 또는 상기 제3 빌렛(13)을 포함함에 따라, 상기 다층 빌렛은 봉입하기 전에, 10 MPa 내지 100 MPa의 고압으로 압착시키는 공정을 포함할 수 있다.

[0055] 상기 다층 빌렛을 압착함에 따라, 이후 상기 다층 빌렛을 압출 다이스를 이용하여 압출하는 것이 가능해진다. 상기 복합 분말을 압착하는 조건이 10 MPa 미만인 경우 제조된 소성 가공 복합재료에 기공이 발생할 수 있고, 상기 복합 분말이 흘러 내릴 수 있으며, 100 MPa를 초과하는 경우 높은 압력으로 인하여 상기 제2의 빌렛(두 번째 이상의 빌렛을 의미함)이 팽창할 수 있다.

[0056] 또한, 상기 다층 빌렛이 상기 복합 분말을 포함하는 상기 제2 빌렛 및/또는 상기 제3 빌렛을 포함함에 따라, 이후 상기 다층 빌렛을 압출 등의 소성 가공 공정에 제공하기 위하여, 상기 다층 빌렛을 소결시키는 공정을 더 포함할 수 있다.

[0057] 상기 소결에는 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering) 또는 열간 가압 소결 장치를 사용할 수 있지만, 동일한 목적을 달성할 수 있는 한 어떠한 소결 장치를 사용해도 무방하다. 다만, 단시간 내에 정밀하게 소결하는 것이 필요한 경우 방전 플라즈마 소결을 이용하는 것이 바람직하고, 이때 30 MPa 내지 100 MPa의 압력 하에서, 280 ℃ 내지 600 ℃의 온도로, 1 초 내지 30 분 동안 방전 플라즈마 소결시킬 수 있다.

[0058] 이어서, 상기 단계 (c)에서는 다층 빌렛을 압출해 알루미늄-탄소나노튜브 이종복합재료를 포함하는 파이프 형상의 압출재를 제조한다.

[0059] 본 단계에서 압출 공정을 통해 제조되는 파이프 형상의 압출재는 매끈한 표면은 물론, 삼각형, 사각형, 반원형 등 다양한 단면 형상을 가지는 양각 또는 음각 돌기 또는 요철(凹凸)이 형성된 표면을 가질 수도 있다.

[0060] 상기와 같이 압출재 표면에 돌기나 요철이 형성될 경우, 모터와 배터리 케이스에 냉각 파이프 삽입시 냉각 파이프 표면과 모터와 배터리 케이스와의 접촉 면적이 넓어지고 접착력이 향상됨으로써 냉각 효율을 보다 상승시키는 효과를 얻을 수 있다.

[0061] 일례로, 본 단계(c)에서는 도 4 내지 도 7에 도시한 바와 같이, 상기 다층 빌렛의 코어층으로부터 유래하는 알

루미늄 합금층(21), 제1 쉘층으로부터 유래하는 알루미늄 합금-탄소나노튜브 복합재료층(22), 제2 쉘층으로부터 유래하는 알루미늄 합금층(23)을 포함하되, 상기 제2 쉘층으로부터 유래하는 알루미늄 합금층(23)의 표면에 파이프의 길이 방향을 따라 직선 형태로 형성된 철부(凸部) 또는 요부(凹部)를 구비하는 압출재를 제조할 수 있다.

[0062] 여기서, 파이프 외주면 상에 형성되는 요철은 도 8에 도시한 바와 같이 직선 형태 대신 나선 형태로 형성될 수도 있다.

[0063] 한편, 본 단계 (c)에 있어서 압출 공정을 수행하기 위한 구체적인 방법은 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어, 간접 압출법(indirect extrusion process), 직접 압출법(direct extrusion process), 정수압 압출법(hydrostatic extrusion process) 또는 충격 압출법(impact extrusion process)에 의해 압출 공정이 이루어질 수 있다.

[0064] 전술한 본 발명에 의해 제조되는 탄소나노튜브 강화 알루미늄 이종 복합재료로 이루어진 전기 자동차 파워트레인을 위한 냉각 파이프는 모터 및 배터리팩 케이스의 소재와 같은 계열의 알루미늄 합금 금속 소재로 구성되어 있어 높은 계면 접착성으로 인해서 효율적인 열전달이 가능하며, 또한, 알루미늄 대비 약 30배에 이르는 높은 열전도성을 가지는 탄소나노튜브를 강화재로 포함하기 때문에 보다 향상된 열전달 효율을 경제적으로 달성할 수 있다.

[0065] 이하, 실시예를 들어 본 발명에 대해 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0066] 본 명세서에 따른 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 명세서의 범위가 아래에서 상술하는 실시예들에 한정되는 것으로 해석되지 않는다. 본 명세서의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 명세서를 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

[0067] **<실시예>**

[0068] 탄소나노튜브는 순도 99.5 %, 직경과 길이는 각각 10 nm 이하와 30 ㎛ 이하이고(룩셈부르크, (주)OCSiAl사 제품), 알루미늄 분말은 평균 입경 45 ㎛, 순도 99.8 %(한국, MetalPlayer 제품)을 사용하였다.

[0069] 한편, 상기 제1 빌렛인 알루미늄 합금 캔 중앙에 원기둥 형상의 제3 빌렛이 위치하고, 상기 제1 빌렛과 제3 빌렛의 사이에 제2 빌렛(복합 분말)이 위치하도록 다층 빌렛을 제조하였다.

[0070] 상기 제2 빌렛은 상기 알루미늄 분말 100 부피부에 대하여 탄소나노튜브를 0.1 부피부로 포함하는 알루미늄-CNT 복합 분말을 포함하였고, 상기 제1 빌렛은 알루미늄 6063으로 이루어졌고, 상기 제3 빌렛은 알루미늄 3003 합금으로 이루어졌다.

[0071] 상기 제2 빌렛은 구체적으로 다음의 방법으로 제조되었다. 알루미늄 분말 100 부피부, 상기 탄소나노튜브 0.1 부피부 비율로 스테인레스 용기에 30 부피%로 채우고, 상기 용기에 스테인레스 볼(지름 20 파이 볼, 및 지름 10 파이 볼을 혼합)을 용기 내부에 30 부피%까지 채우고 헵탄을 50 ml 첨가한 후, 이를 수평형 볼밀기를 이용하여 250 rpm, 24 시간 동안 저속 볼 밀 시켰다. 이후, 상기 용기를 오픈하여 상기 헵탄을 후드에서 모두 증발시키고, 알루미늄-CNT 복합 분말을 회수하였다.

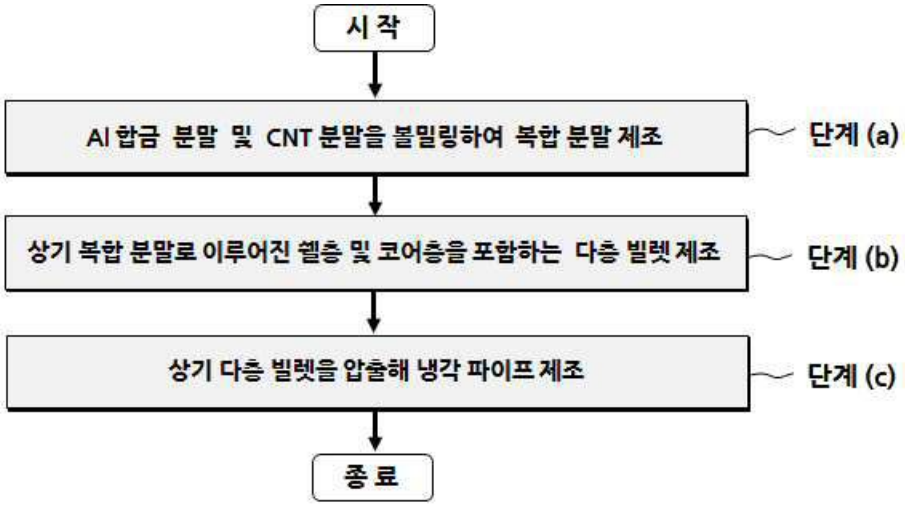
[0072] 상기 제조된 알루미늄-CNT 복합 분말을 상기 제1 빌렛과 상기 제3 빌렛 사이의 틈 2.5t에 장입시키고, 100 MPa의 압력으로 압착시켜, 상기 다층 빌렛을 제조하였다.

[0073] 이어서, 제조한 다층 빌렛을 직접 압출기를 이용하여 압출비 100, 압출 속도 5 ㎜/s, 압출 압력 200 kg/cm^2, 빌렛 온도 460 ℃인 조건으로 직접 압출하여 파이프 형상의 압출재를 제조하였다.

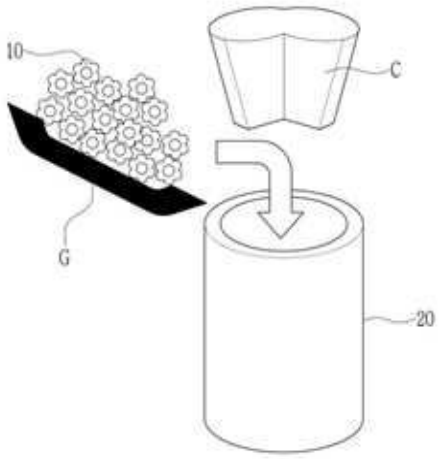
[0074] 이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

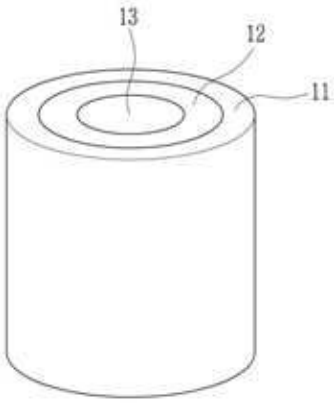
도면1



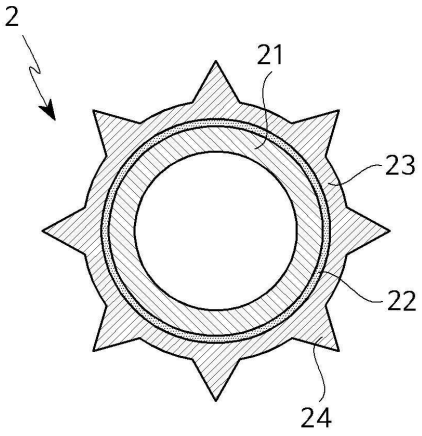
도면2



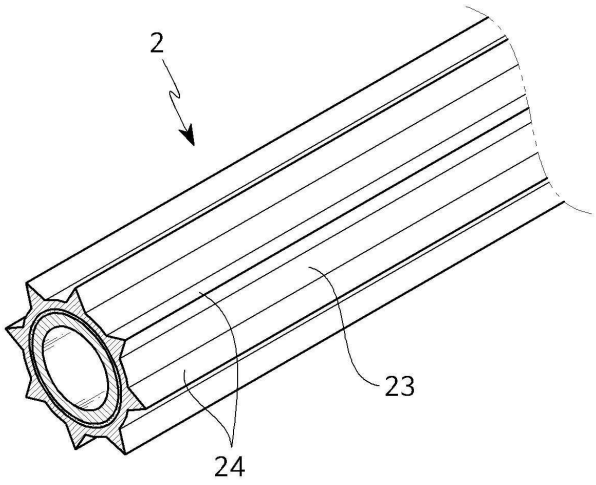
도면3



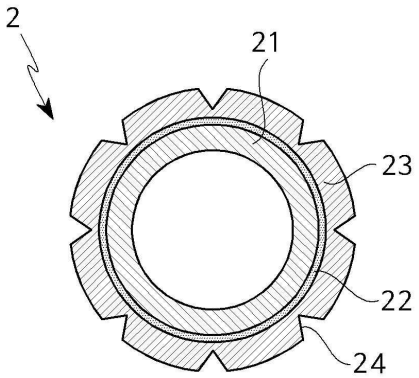
도면4



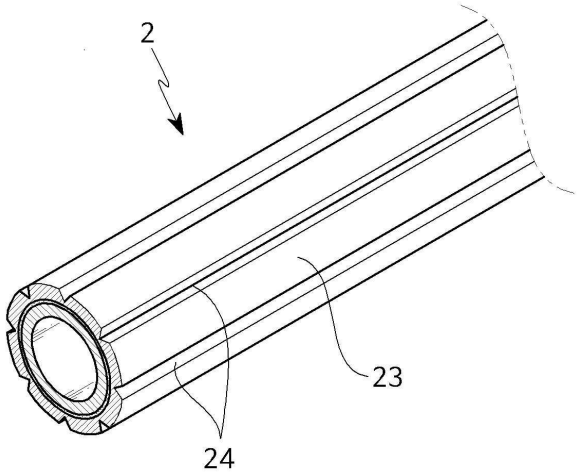
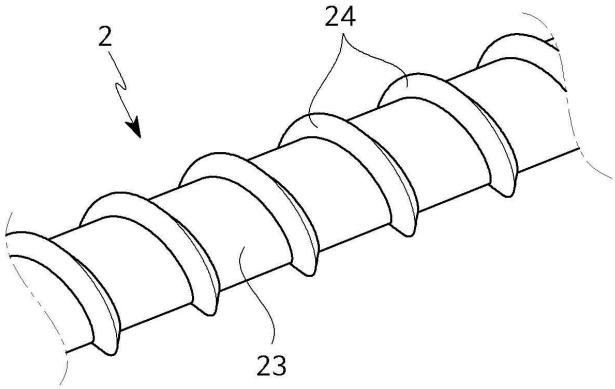
도면5



도면6



도면7



도면8