(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0059137
(43) 공개일자 2021년05월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 5/00 (2006.01) *B22F 3/03* (2006.01)
B22F 3/105 (2006.01) *B22F 3/24* (2006.01)
B33Y 80/00 (2015.01) *H02K 15/02* (2006.01)
H02K 15/10 (2014.01) *H02K 21/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B22F 5/006 (2013.01)
B22F 10/00 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2019-0145911
(22) 출원일자 2019년11월14일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국재료연구원
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
(72) 발명자
정재원
경상남도 창원시 성산구 상남동 61~80
양상선
경상남도 창원시 성산구 대암로 253
유지훈
부산광역시 동래구 명륜동 명륜쌍용예가
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 10 항

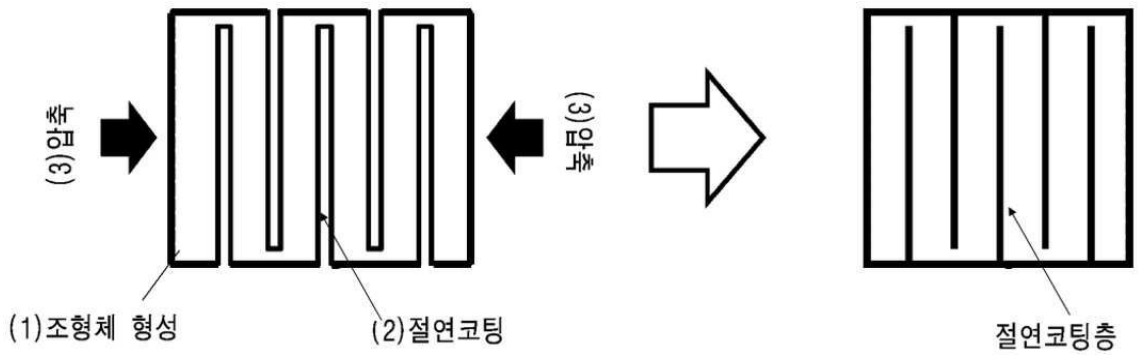
(54) 발명의 명칭 **절연층을 포함하는 조형체의 제조방법 및 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명의 목적은 축방향 자속모터용 요크리스형 고정자 및 이의 제조방법을 제공하는데 있다. 이를 위하여 본 발명은 상하방향으로 연장되어 형성된 중공형 고정자 코어, 상기 고정자 코어의 연장된 방향의 끝단에 고정자 코어와 일체형으로 형성되는 슈, 상기 중공형 고정자 코어의 내부로 삽입되고, 복수의 전기강판이 적층되어 형성되

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



며, 복수의 전기강판이 동일한 폭 또는 서로 다른 폭을 갖되, 동일한 폭을 갖는 전기강판들끼리 블록을 형성하여, 다단 블록의 구조를 갖는 전기강판 세그먼트를 포함하는 축방향 자속모터용 요크리스형 고정자이되, 상기 고정자 코어의 내측면은 다단 블록의 구조를 갖는 전기강판 세그먼트의 외측면에 대응되도록 형성되고, 상기 슈는 수평방향으로 사방으로 상기 고정자 코어 외측으로 돌출되어 형성되는 것을 특징으로 하는 축방향 자속모터용 요크리스형 고정자를 제공하고, 또한 이를 제조하는 방법을 제공한다. 본 발명에 따르면, 축방향 자속모터의 고정자에 발생하는 와전류에 따른 철손을 저감하여 모터의 효율을 크게 개선시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류
B22F 3/03 (2013.01)
B22F 3/24 (2013.01)
B33Y 80/00 (2013.01)
H02K 15/02 (2013.01)
H02K 15/10 (2013.01)
H02K 21/026 (2013.01)
B22F 2003/242 (2013.01)
B22F 2003/248 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	PNK6050
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	국가과학기술연구회
연구사업명	재료연구소 운영비지원사업
연구과제명	금속 3D 프린팅용 분말소재 및 부품제조 공정 기반 기술개발(4/5)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	국가과학기술연구회
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

3D 프린팅을 통하여, 조형체 일 측면부 또는 양 측면부로부터 조형체의 내부로 연장되는 개방 공극이되, 상기 개방 공극이 상기 조형체를 관통하지 않는 개방 공극을 포함하는 조형체를 형성하는 단계;

상기 공극의 표면에 대하여 절연 코팅을 수행하는 단계; 및

일방 압축 또는 등방 압축을 수행하여 공극을 제거하는 단계;를 포함하는 절연층을 포함하는 조형체의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 형성된 조형체에 대하여 절연 코팅 수행 전에 500 내지 1300 ℃에서 열처리를 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 절연층을 포함하는 조형체의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 절연 코팅은 유기 코팅 또는 무기 코팅인 것을 특징으로 하는 절연층을 포함하는 조형체의 제조방법.

청구항 4

3D 프린팅을 통하여, 축방향 자속모터용 고정자의 일 측면부 또는 양 측면부로부터 고정자의 내부로 연장되는 개방 공극이되, 상기 개방 공극이 상기 고정자를 관통하지 않는 개방 공극을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자를 형성하는 단계;

상기 공극의 표면에 대하여 절연 코팅을 수행하는 단계; 및

일방 압축 또는 등방 압축을 수행하여 공극을 제거하는 단계;를 포함하는 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 축방향 자속모터용 고정자는 그 상부, 하부, 또는 상하부 모두에 슈를 포함하도록 형성되는 것을 특징으로 하는 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 슈는 고정자의 수평면을 기준으로 외부로 돌출되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 슈는 고정자의 수평면을 기준으로 사방으로 외부로 돌출되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법.

청구항 8

제4항에 있어서, 상기 인접하는 절연층 사이의 폭은 0.05 ㎜ 내지 5 ㎜인 것을 특징으로 하는 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법.

청구항 9

제4항에 있어서, 상기 형성된 축방향 자속모터용 고정자는 코팅을 수행하기 전에 500 내지 1300 ℃에서 열처리를 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법.

청구항 10

제4항에 있어서, 상기 절연 코팅은 유기 코팅 또는 무기 코팅으로 수행되는 것을 특징으로 하는 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 절연층을 포함하는 조형체의 제조방법 및 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 일반적으로 모터는 전기적 에너지를 기계적 에너지로 변환시켜 회전력을 얻는 장치로서 가정용 전자제품에서 각종 산업용 기기에 이르기까지 광범위한 분야에서 널리 사용되고 있다. 이와 같은 모터는 하우징이나 케이싱에 고정됨과 아울러 전원의 인가에 의해 회전자계를 형성하도록 코일이 권선되는 고정자와, 고정자 내부에 샤프트에 의해 회전 가능하게 설치되는 회전자를 주요 구성으로 하며, 고정자가 발생시키는 자속이 회전자와 상호 작용을 일으켜 회전 토크를 발생시키도록 형성된다.

[0005] 한편, 최근에는 연소식 엔진을 사용하는 자동차에서 환경친화적이고, 연비를 고려한 또 다른 형태의 자동차, 즉, 하이브리드 자동차나 전기자동차에 대한 활발한 연구 개발이 진행되고 있다. 하이브리드 자동차는 기존의 연소식 엔진과 전기 구동식 모터를 연계하여 두 가지의 동력원으로 차량을 구동하고, 전기자동차는 전기 구동식 모터로 구동하는 만큼, 배기가스에 의한 환경오염의 감소와 함께 연비향상이 가능하여 현실대안적인 차세대 자동차로 자리매김하고 있다. 상기와 같은 하이브리드 자동차나 전기자동체에 있어서 모터는 전체적인 차량 성능을 좌우할만큼 핵심 부품으로 자리잡고 있으며, 고출력, 소형화된 모터의 개발이 하이브리드 자동차 등에 있어 화두로 떠오르고 있다.

[0007] 축방향 자속모터는 자기장을 형성하는 고정자 및 고정자에 대하여 회전 가능하게 이루어지는 회전자를 포함한다. 고정자는 원주방향을 따라 일정 간격으로 배치되는 동시에 축방향으로 일정 높이로 돌출되는 다수의 코어를 포함하며, 코어는 예를 들어 고정자 바디에 형성된 홈에 축 방향으로 결합되는 구조를 갖는다. 회전자는 원주방향을 따라 일정간격으로 배열된 영구자석을 포함하며, 고정자와 일정한 간격을 형성하면서 회전하도록 이루어진다. 축방향 자속모터는 권선에 흐르는 전류의 방향을 전환함으로써 코어와 회전자의 영구자석 사이에 반발력 또는 흡인력을 생성하여 회전토크를 발생시키게 된다.

[0009] 대한민국 등록특허공보 제10-1207608호에는 상술 바와 같은 평판형 회전기기에 관하여 개시하고 있다. 개시된

평판형 회전기기는 하우징, 상기 하우징의 일면 및 타면에 일측 부위 및 타측 부위가 각각 지지되어 회전가능하게 설치된 회전축, 상기 하우징에 결합된 링형상의 제 1 받침판, 상기 제 1 받침판의 중심을 기준으로 방사상으로 상기 제 1 받침판에 일면이 결합된 복수의 제 1 치코어(Tooth Core), 상기 제 1 치코어의 타면측 외면에 각각 결합된 보빈, 상기 보빈에 권선된 코일을 가지면서 상기 하우징의 내부에 설치된 평판 링형상의 고정자, 상기 하우징의 내부에 위치된 상기 회전축에 결합되며 상기 고정자와 작용하여 회전하면서 상기 회전축을 회전시키는 평판 링형상의 회전자를 구비하는 평판형 회전기기에 있어서, 상기 제 1 받침판에는 폭방향 횡단면(橫斷面) 형상이 "T" 형상인 제 1 결합레일이 설치되고, 상기 제 1 결합레일은 체결부재에 의하여 상기 제 1 받침판에 결합되며, 상기 제 1 치코어의 일단면(一端面)에는 상기 제 1 결합레일과 대응되는 형상으로 형성되어 상기 제 1 결합레일에 압입 결합되는 제 1 압입홈이 형성되고, 상기 제 1 받침판에 결합된 상기 제 1 치코어의 일면측 외면은 타면측 외면 보다 외측으로 더 돌출되어 상호 접촉되며, 상기 제 1 치코어의 타면측 외면은 상호 이격되어 상기 보빈이 결합된 것을 특징으로 한다.

[0011] 상술한 바와 같이 구성된 평판형 회전기기는 서로 다른 크기의 규소강판을 적층하여 치 형상의 코어를 제작하게 된다. 이로 인해, 서로 다른 크기의 규소강판을 성형하기 위해서는 각각의 모양에 맞는 금형을 제작하거나, 서로 동일한 크기의 규소강판을 적층한 후 절단하는 공정 등이 필요하기 때문에, 제조 공정이 복잡할 뿐만 아니라, 이로 인한 제조 단가가 높아 지는 문제점이 있었다.

[0013] 이에 따라 최근에는 분말을 압분하여 형상을 만들기 때문에 복잡한 형상을 성형하는데 용이한 연자성 분말(Soft Magnetic Composite : SMC)이 사용되고 있다.

[0015] 그러나 연자성 분말을 사용하여 성형 압출하는 일체형 코어를 사용할 경우, 제조가 용이한 장점이 있지만, 전기강판을 적층하여 형상한 코어에 대비하여 높은 철손(Core loss)이 발생하여 자기적 특성이 떨어지는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명의 목적은 절연층을 포함하는 조형체의 제조방법 및 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0019] 이를 위하여 본 발명은 3D 프린팅을 통하여, 조형체 일 측면부 또는 양 측면부로부터 조형체의 내부로 연장되는 개방 공극이되, 상기 개방 공극이 상기 조형체를 관통하지 않는 개방 공극을 포함하는 조형체를 형성하는 단계; 상기 공극의 표면에 대하여 절연 코팅을 수행하는 단계; 및 일방 압축 또는 등방 압축을 수행하여 공극을 제거하는 단계;를 포함하는 절연층을 포함하는 조형체의 제조방법을 제공한다. 또한, 본 발명은 3D 프린팅을 통하여, 축방향 자속모터용 고정자의 일 측면부 또는 양 측면부로부터 고정자의 내부로 연장되는 개방 공극이되, 상기 개방 공극이 상기 고정자를 관통하지 않는 개방 공극을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자를 형성하는 단계; 상기 공극의 표면에 대하여 절연 코팅을 수행하는 단계; 및 일방 압축 또는 등방 압축을 수행하여 공극을 제거하는 단계;를 포함하는 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따르면, 내부에 절연층을 포함하는 조형체를 용이한 방법으로 제조할 수 있는 효과가 있다. 또한 본 발명에 따르면, 축방향 자속모터의 고정자에 발생하는 와전류에 따른 철손을 저감하여 모터의 효율을 크게 개선시킬 수 있다. 또한, 본 발명에 따르면 3D 프린팅 방법으로 축방향 자속모터의 고정자를 제조함에 의하여

기존에 구현하기 어려운 복잡한 구조를 쉽게 구현하여 고정자에 발생하는 철손을 효율적으로 저감하면서도, 포화자속밀도가 저하되는 것을 방지할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 제조방법을 보여주는 모식도이고,

도 2는 본 발명의 제조방법으로 제조되는 개방 공극의 일 구체예이고,

도 3은 본 발명의 제조방법으로 제조되는 개방 공극의 다른 구체예이고,

도 4는 본 발명의 제조방법으로 제조되는 고정자의 절연층의 효과를 보여주는 그래프이고,

도 5는 본 발명의 제조방법으로 제조되는 고정자의 절연층 사이 폭에 따른 효과를 보여주는 그래프이고,

도 6은 본 발명의 제조방법에서 열처리 수행여부에 따른 효과를 보여주는 그래피이고,

도 7은 본 발명의 제조방법으로 제조되는 고정자의 구체적인 예들을 보여주는 모식도이고,

도 8은 반경방향 자속형 모터와 축방향 자속형 모터의 구조를 비교하는 그림이고, 및

도 9는 일반 반경방향 자속형 모터와 요크리스형 축방향 자속형 모터의 구조적 차이를 보여주는 그림이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명은 절연층을 포함하는 조형체의 제조방법을 제공하고, 보다 구체적으로는 3D 프린팅을 통하여, 조형체 일 측면부 또는 양 측면부로부터 조형체의 내부로 연장되는 개방 공극이되, 상기 개방 공극이 상기 조형체를 관통하지 않는 개방 공극을 포함하는 조형체를 형성하는 단계;

[0025] 상기 공극의 표면에 대하여 절연 코팅을 수행하는 단계; 및

[0026] 일방 압축 또는 등방 압축을 수행하여 공극을 제거하는 단계;를 포함하는 절연층을 포함하는 조형체의 제조방법을 제공한다.

[0028] 이하 본 발명의 제조방법을 각 단계별로 상세히 설명한다.

[0030] 본 발명의 제조방법은 3D 프린팅을 통하여, 조형체 일 측면부 또는 양 측면부로부터 조형체의 내부로 연장되는 개방 공극이되, 상기 개방 공극이 상기 조형체를 관통하지 않는 개방 공극을 포함하는 조형체를 형성하는 단계를 포함한다. 즉, 본 발명의 제조방법에서는 3D 프린팅을 통하여 3차원 구조의 조형체를 제조하되, 조형체를 제조하는 과정에서 조형체의 일 측면부 또는 양 측면부로부터 조형체의 내부로 연장되도록 개방 공극, 측 조형체의 외부로 개방되어 있는 공극을 형성하며, 이때 상기 공극은 상기 조형체를 관통하지 않도록 형성한다.

[0032] 보다 구체적으로, 개방 공극이 조형체의 일 측면부에서 형성되는 경우에는, 상기 공극이 조형체의 일 측면부로부터 형성되어 타 측면부 방향으로 연장되되, 타 측면부까지 개방되어 형성되지는 않는다. 구체적인 형태는 도 2에 예시적으로 도시되어 있다.

[0034] 또한, 개방 공극이 조형체의 양 측면부로부터 형성되는 경우에는, 상기 공극이 측면부의 내부로 연장되어 형성되나, 양 측면부로부터 연장되어 형성되는 상기 공극들은 서로 연결되지는 않는다. 구체적인 형태는 도 3에 예시적으로 도시되어 있다.

[0035]

[0036] 결국, 본 발명의 제조방법에서 형성되는 개방 공극은 공극의 일 끝단만이 외부로 개방되어 있고, 타 끝단은 개방되어 있지 않은 공극이다.

[0038] 본 발명은 조형체에 상기와 같은 공극을 형성함으로써, 조형이 완료된 후 공극 내부의 용융 되지않은 분말들을 제거할 수 있으며, 공극 표면 절연 코팅이 가능해지는 효과가 있다.

[0039] 또한, 개별 시트를 이어 붙이는 방법과 달리 (예를 들어, 개별 전기강판을 접착제로 이어 붙인 경우), 본 발명은 기계적으로 안정하며 최종 형성되는 부품의 강도가 높은 장점이 있다.

[0041] 본 발명의 제조방법은 상기 조형체에 형성된 공극의 표면에 대하여 절연 코팅을 수행하는 단계를 포함한다. 이때 절연 코팅은 다양한 방법으로 수행될 수 있으며, 예를 들어 무기염/전구체 혹은 유기 절연물이 용해된 용액에 담근 후 말리거나 열을 가하여 절연층을 형성하는 방법 (딥코팅), 절연 용액을 분무 분사하고 말리거나 열을 가하여 절연층을 형성하는 방법 (스프레이코팅), 조형체를 산화 분위기에 노출하여 표면을 일부 산화시켜 절연층을 형성하는 방법으로 코팅이 수행될 수 있다.

[0043] 본 발명의 제조방법은 상기 단계에서 절연 코팅을 수행한 후, 일방 압축 또는 등방 압축을 수행하여 공극을 제거하는 단계를 포함한다. 만약, 절연 코팅을 수행하는 단계 없이 바로 일방 압축 또는 등방 압축을 수행하는 경우, 형성되었던 공극만이 사라지게 되어, 조형체 내에 절연층을 형성할 수 없게 된다. 따라서, 공극을 형성한 후 공극에 대하여 절연 코팅을 수행하고 나서, 압축을 수행함으로써, 조형체 내에 절연층이 형성될 수 있도록 한다.

[0045] 또한, 본 발명의 제조방법은 절연 코팅이 수행된 이후에 일방 압축 또는 등방 압축을 수행함에 의하여 조형체에서 공극을 제거하여, 조형체에 불필요하게 존재하는 공간을 제거함으로써, 해당 조형체의 응용분야에 따라, 해당 조형체가 수행하게 되는 작업의 효율을 개선시키는 효과가 있다.

[0047] 한편, 본 발명의 제조방법은 3D 프린팅을 통하여 개방 공극이 형성된 조형체에 대하여 절연 코팅을 수행하기 전에 500 내지 1300 ℃에서 열처리를 수행하는 단계를 더 포함하는 것이 바람직하다. 본 발명의 방법으로 제조되는 조형체에 대하여 코팅을 수행하기 전에 열처리를 수행함으로써 조형체 내부의 결정립 크기를 성장시키고 결정 방향을 재정립하므로써 조형체의 자성특성 (투자율, 철손)을 향상시키는 효과가 있다. 일반적으로 선택적 레이저 용융 (SLM)법으로 조형체를 제조할 경우, 높은 냉각속도로 인해 결정립이 매우 미세하게 형성되며 이로 인해 투자율이 감소하고 철손이 높아지는 단점이 있다. 조형 후 열처리를 진행함으로써 결정립을 성장시키고 결정립 방향을 재정립하여 자성특성을 향상 시킬 수 있다.

[0048] 또한, 이때 열처리 온도가 500 ℃ 미만인 경우에는 결정립의 성장 또한 재정립에 필요한 원자 확산이 이루어지기에 온도가 낮아 자성 특성 향상이 크지 않은 문제점이 있고, 1300 ℃를 초과하는 경우에는 합금의 용융 온도에 근접하여 조형체의 변형을 초래하는 문제점이 있다.

[0050] 한편, 상기 절연 코팅은 유기 코팅 또는 무기 코팅일 수 있으며, 수십 ~ 수백 나노 두께로 균일하게 절연층을 형성하고 공극 표면에 전체적으로 균일한 두께로 절연층을 형성시키기에는 무기 코팅이 적용되어야 하며, 압축성형 후 공극에 의한 빈 공간을 최소화하고 접착을 우수하게 하기 위해 무기 코팅과 유기 코팅을 순차적으로 같이 적용하는 것이 바람직하다.

[0052] 본 발명의 제조방법에 따르면, 간단한 방법으로 내부에 절연층을 포함하는 조형체를 제조할 수 있는 장점이 있다.

[0054] 또한 본 발명은 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법을 제공한다.

[0056] 축방향 자속형 모터 (Axial-flux motor)는 일반적인 반경 방향 자속형 모터 (Radial flux motor)와 다르게 고정자에서 발생하는 자기장의 방향이 샤프트 축과 평행하며, 따라서 자기장에 의해 힘을 받는 면적은 고정자 전자석의 단면으로 주어지며, 그 값은 반지름의 제곱에 파이 상수 (π)를 곱한 값이 된다.

[0057] 도 8은 반경 방향 자속형 모터와 축방향 자석형 모터의 구조적 차이를 그림으로 나타낸 것이다. 반경 방향 자속형 모터의 경우에는 자기장에 의해 힘을 받는 면적이 회전자 원통의 둘레 면적, 즉 원통의 지름과 원통의 길이를 곱한 크기로 주어진다. 따라서, 모터의 축방향 길이가 짧고 지름이 큰 경우, 축방향 자속형 모터가 반경 방향 자속형 모터 보다 힘을 받는 면적이 넓기 때문에 같은 부피 대비 출력이 높다(출력 밀도가 높다).

[0059] 축방향 자속형 모터의 경우에 있어, 일반적인 축방향 자속형 모터의 경우에는, 고정자의 티스 (teeth)들이 존재하고 티스의 한쪽 면들은 원판형의 요크 (yoke)에 부착되어 연결된 구조로 구성된다. 이때 요크와 접합되지 않은 티스의 반대쪽 면에서만 자기장이 발생하며, 요크는 티스간 자속을 연결시켜주는 연결을 하여 자속이 세는 것을 방지한다.

[0060] 반면, 일반적인 축방향 자속형 모터가 아닌 요크리스(yokeless)형 축방향 자속형 모터는 티스를 연결시키던 요크를 없애고, 요크와 접하던 면에도 회전자(영구자석)를 배치하여, 회전자가 고정자 티스의 양쪽에 존재하는 더블 회전자 구조를 가진다. 이러한 구조에서는 자기장에 의해 회전자가 힘을 받는 면적이 일반적 형태의 축방향 자속형 모터의 경우 대비 2배이며, 따라서 동일 부피에서 출력밀도가 더욱 높게 나타난다. 도 9는 요크리스형 축방향 자속형 모터의 구조를 일반 반경방향 자속형 모터와 비교하여 나타낸 것이다.

[0062] 본 발명은 구체적으로 3D 프린팅을 통하여, 축방향 자속모터용 고정자의 일 측면부 또는 양 측면부로부터 고정자의 내부로 연장되는 개방 공극이되, 상기 개방 공극이 상기 고정자를 관통하지 않는 개방 공극을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자를 형성하는 단계;

[0063] 상기 공극의 표면에 대하여 절연 코팅을 수행하는 단계; 및

[0064] 일방 압축 또는 등방 압축을 수행하여 공극을 제거하는 단계;를 포함하는 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자의 제조방법을 제공한다.

[0066] 이하 본 발명의 제조방법을 각 단계별로 상세히 설명한다.

[0068] 본 발명의 제조방법은 3D 프린팅을 이용하여, 축방향 자속모터용 고정자를 형성하되, 상기 고정자의 일 측면부 또는 양 측면부로부터 고정자의 내부로 연장되는 개방 공극을 형성하고, 이때 형성되는 개방 공극은 상기 고정자를 관통하지 않도록 형성된다. 즉, 개방 공극이 고정자의 일 측면부에서 연장되어 형성되는 경우, 이는 고정자의 타 측면부까지 연장되어 개방되지 않고, 개방 공극이 고정자의 양 측면부에서 내부로 연장되어 형성되는 경우, 상기 공극이 측면부의 내부로 연장되어 형성되나, 양 측면부로부터 연장되어 형성되는 상기 공극들은 서로 연결되지는 않도록 형성된다. 구체적인 형상은 도 2 및 도 3에 예시적으로 도시되어 있다.

[0070] 결국, 본 발명의 제조방법에서 형성되는 개방 공극은 공극의 일 끝단만이 외부로 개방되어 있고, 타 끝단은 개방되어 있지 않은 공극이다.

[0072] 본 발명의 제조방법은 상기와 같은 단계를 통하여 축방향 자속모터용 고정자에 개방 공극을 형성함으로써 고정자 내에 절연층이 형성되어 고정자의 와전류에 의한 철손을 크게 저감 시키는 효과가 있다. 또한, 상기 형성되는 공극은 개방 공극이기 때문에 조형이 완료된 후 공극 내부의 용융 되지않은 분말들을 제거할 수 있으며, 공극 표면 절연 코팅이 가능해지는 효과가 있다. 또한, 개별 시트를 이어 붙이는 방법과 달리 (예를 들어, 개별 전기강판을 접착제로 이어 붙인 경우), 본 발명은 기계적으로 안정하며 최종 형성되는 부품의 강도가 높은 장점이 있다.

[0074] 본 발명의 제조방법은 상기 방법으로 개방 공극을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자를 형성한 후, 상기 공극의 표면에 대하여 절연 코팅을 수행하는 단계를 포함한다. 이때 절연 코팅은 다양한 방법으로 수행될 수 있으며, 예를 들어 무기염/전구체 혹은 유기 절연물이 용해된 용액에 담근 후 말리거나 열을 가하여 절연층을 형성하는 방법 (딥코팅), 절연 용액을 분무 분사하고 말리거나 열을 가하여 절연층을 형성하는 방법 (스프레이 코팅), 조형체를 산화 분위기에 노출하여 표면을 일부 산화시켜 절연층을 형성하는 방법으로 코팅이 수행될 수 있다.

[0076] 본 발명의 제조방법은 상기 단계에서 절연 코팅을 수행한 후, 일방 압축 또는 등방 압축을 수행하여 공극을 제거하는 단계를 포함한다. 만약, 절연 코팅을 수행하는 단계 없이 바로 일방 압축 또는 등방 압축을 수행하는 경우, 형성되었던 공극만이 사라지게 되어, 축방향 자속모터용 고정자 내에 절연층을 형성할 수 없게 된다. 따라서, 공극을 형성한 후 공극에 대하여 절연 코팅을 수행하고 나서, 압축을 수행함으로써, 축방향 자속모터용 고정자 내에 절연층이 형성될 수 있도록 한다.

[0078] 또한, 본 발명의 제조방법은 절연 코팅이 수행된 이후에 일방 압축 또는 등방 압축을 수행함에 의하여 축방향 자속모터용 고정자에서 공극을 제거하여, 고정자에 불필요하게 존재하는 공간을 제거함으로써, 포화자속밀도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.

[0080] 한편, 본 발명의 제조방법에서, 상기 형성되는 축방향 자속모터용 고정자는 그 상부, 하부, 또는 상하부 모두에 슈를 포함하도록 형성되는 것이 바람직하다. 본 발명에서 슈는 고정자 코어 기둥의 윗면 혹은 아랫면을 둘레로 기둥과 동일한 단면적 형상으로 예를 들어 사방으로 확장 돌출된 부분을 의미하고, 그에 따라 고정자의 윗면과 아랫면은 기둥 부분의 단면적보다 넓은 구조를 가질 수 있다. 고정자 세그먼트에 자속을 발생시키기 위하여, 절연 코팅된 구리선을 기둥부분에 권선하며, 이로 인해 권선을 포함한 고정자 세그먼트의 둘레는 권선이 차지하는 만큼 커지게 된다. 이 때, 권선 자체에 의해 나타나는 자속밀도는 상당히 낮으므로 모터 구동을 위한 동력 발생에 영향을 미치지 못하며, 권선이 차지하는 고정자 단면적 부분은 활용하지 못하는 면적이 되며, 모터의 출력 밀도를 낮추는 원인이 된다. 이 때, 고정자 윗면과 아랫면 부에 슈를 형성함으로써, 권선이 차지하는 단면적 부분에 서도 자속이 발생할 수 있으며, 활용가능한 자속 발생 면적이 증가하고 자속을 발생시키지 않는 면적의 비율이 감소하므로 결과적으로 모터의 출력 밀도 및 토크 밀도가 향상되는 장점이 있다.

[0082] 상기 축방향 자속모터용 고정자에 형성되는 슈는 고정자의 수평면을 기준으로 외부로 돌출되도록 형성되는 것이 바람직하며, 특히 사방으로 외부로 돌출되는 것이 더욱 바람직하다. 고정자의 구체적은 형상은 도 7에 예시적으로 도시되어 있다. 도 7의 (a)는 고정자에 슈가 형성되어 있지 않은 구조이고, 도 7의 (b)는 고정자의 상부 및 하부 모두에 슈가 형성되되, 사방이 아니라, 양 측면 방향으로만 외부로 돌출되도록 슈가 형성된 구조이고, 도 7의 (c)는 고정자의 상부 및 하부 모두에 슈가 형성되고, 사방, 즉 양측면 및 전방 및 후방으로 외부로 돌출되도록 슈가 형성된 구조이다.

[0084] 슈가 고정자의 수평면을 기준으로 사방으로 외부로 돌출되어 형성되는 경우, 사방면에서 권선이 차지하는 단면적 부분에서도 자속이 발생할 수 있으며, 활용가능한 자속 발생 면적이 증가하고 자속을 발생시키지 않는 면적의 비율이 감소하므로 결과적으로 모터의 출력 밀도 및 토크 밀도가 향상되는 장점이 있다.

[0086] 본 발명의 제조방법에서 형성되는 인접하는 절연층 사이의 폭은 0.05 ㎜ 내지 0.5 ㎜인 것이 바람직하다. 만약 상기 폭이 0.05 ㎜ 미만인 경우에는 분말의 크기 보다 폭이 작으므로 분말이 융해되면서 공극 사이에서 원치 않게 접합되는 문제점이 있고, 0.5 ㎜ 를 초과하는 경우에는 고정자가 차지하는 부피가 최종 부품 대비 너무 큰 문제점이 있다.

[0088] 한편, 본 발명의 제조방법은 3D 프린팅을 통하여 개방 공극이 형성된 축방향 자속모터용 고정자에 대하여 절연 코팅을 수행하기 전에 500 내지 1300 ℃에서 열처리를 수행하는 단계를 더 포함하는 것이 바람직하다. 본 발명의 방법으로 제조되는 고정자에 대하여 코팅을 수행하기 전에 열처리를 수행함으로써 결정립의 성장 및 재정립을 통한 투자율 향상 및 철손 저감 효과가 있다.

[0089] 또한, 이때 열처리 온도가 500 ℃ 미만인 경우에는 결정립의 성장 또한 재정립에 필요한 원자 확산이 이루어지기에 온도가 낮아 자성 특성향상이 크지 않은 문제점이 있고, 1300 ℃를 초과하는 경우에는 합금의 용융 온도에 근접하여 조형체의 변형을 초래하는 문제점이 있다.

[0091] 한편, 상기 절연 코팅은 유기 코팅 또는 무기 코팅일 수 있으며, 수십 ~ 수백 나노 두께로 균일하게 절연층을 형성하고 공극 표면에 전체적으로 균일한 두께로 절연층을 형성시키기에는 무기 코팅이 적용되어야 하며, 압축성형 후 공극에 의한 빈 공간을 최소화하고 접착을 우수하게 하기 위해 무기 코팅과 유기 코팅을 순차적으로 같이 적용하는 것이 바람직하다.

[0093] 본 발명의 제조방법에 따르면, 간단한 방법으로 내부에 절연층을 포함하는 축방향 자속모터용 고정자를 제조할 수 있는 장점이 있고, 또한, 이와 같은 방법으로 고정자 내부에 절연층을 형성함으로써, 와전류 발생에 의한 철손을 저감시키고, 궁극적으로는 축방향 자속모터의 효율을 크게 개선할 수 있는 효과가 있다.

[0095] 이하 본 발명을 실험예를 통하여 보다 구체적으로 설명한다. 다만, 이하의 기재는 본 발명을 설명하고자 하는 것일 뿐, 이하 기재 내용에 의하여 본 발명의 권리범위가 한정되어 해석되는 것을 예상하지는 않는다.

[0097] <실험예 1>

[0098] 절연층에 따른 철손 저감효과의 확인

[0099] 고정자에 절연층이 존재함에 따른 철손 저감 효과를 확인하기 위하여 다음과 같은 실험을 수행하였다.

[0100] 10~45 μm의 크기를 가지는 Fe-6.5wt%Si 조성의 분말을 원분말로 이용하였으며, concept laser社 Mlab 장비를 이용하여 분말을 연속적으로 적층하고 선택된 영역만을 레이저로 용해시켜 조형체를 만드는 방법인 SLM (Selective Laser Melting) 기법으로 조형체를 제조하였다. 이 때 레이저의 spot size는 110 μm이었으며, 분말 층의 두께는 25 μm, hatch space는 80 μm 이었으며, 레이저 출력과 스캔 속도는 각각 90 W와 200 mm/s이었다.

[0101] 절연층이 없는 구조의 조형체는 외경 35 mm, 내경 25 mm, 높이 5 mm 크기의 도넛 형태의 절연층을 포함하지 않는 bulk 형태의 조형체를 제조하였다.

[0102] 절연층이 있는 구조의 조형체는 외경 35 mm, 내경 25 mm, 높이 5 mm 크기의 도넛 형태이며 쉘 두께는 0.3 mm, 절연층 두께는 0.1 mm로 조형체를 제조하고, 제조된 조형체에서 공극에 존재하는 분말을 제거하고 paraffin wax로 쉘 표면을 코팅하여 절연층을 형성시켰다.

[0104] 상기 실험의 결과를 도 4에 나타내었다. 도 4에 따르면, 실제로 고정자 내부에 절연층이 형성됨에 따라 철손 저감 효과가 있다는 것을 확인할 수 있다.

[0106] <실험예 2>

[0107] 인접하는 절연층 사이의 폭에 따른 철손 저감효과의 확인

[0108] 고정자에 형성되는 인접하는 절연층 사이의 폭에 따른 철손 저감 효과의 차이를 확인하기 위하여 다음과 같은 실험을 수행하였다.

[0109] 절연층이 있는 구조의 조형체를 외경 35 ㎜, 내경 25 ㎜, 높이 5 ㎜ 크기의 도넛 형태로 제작하며, 절연층 사이의 폭은 0.3 ㎜, 0.5㎜, 1 ㎜ 세 가지의 다른 조건으로 제조하고, 절연층 자체의 두께는 0.1 ㎜로 동일하게 적용하여 조형체를 제조하였다. 제조된 조형체에서 공극에 존재하는 분말을 제거하고 paraffin wax로 쉘 표면을 코팅하여 절연층을 형성시켰다. 그 외 절연층을 포함하는 조형체를 제조하는 방법 및 조건은 실험예 1과 동일하다.

[0111] 상기 실험의 결과를 도 5에 나타내었다. 도 5에 따르면, 절연층 사이의 폭이 좁을수록 철손 저감의 효과가 커진다는 것을 알 수 있고, 절연층 사이의 폭이 0.5 ㎜가 되며, 그 폭이 더 좁아져도 철손 저감의 효과가 현저히 더 개선되지는 않는다는 것을 알 수 있다.

[0113] <실험예 3>

[0114] 열처리에 따른 철손 저감효과의 확인

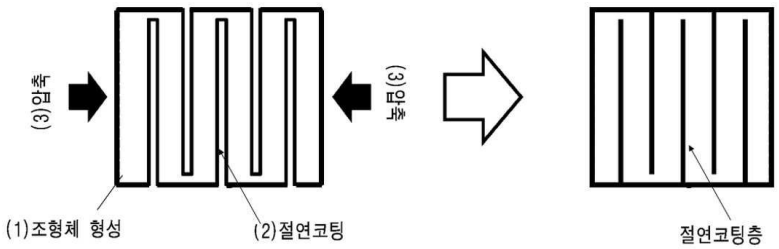
[0115] 고정자에 형성된 공극에 코팅을 수행하기 전에 열처리를 수행함에 따른 효과를 확인하기 위하여 다음과 같은 실험을 수행하였다.

[0116] 절연층이 있는 구조의 조형체를 외경 35 ㎜, 내경 25 ㎜, 높이 5 ㎜ 크기의 도넛 형태로 제작하며, 절연층 사이의 폭은 0.3 ㎜, 0.5㎜, 1 ㎜ 세 가지의 다른 조건으로 제조하고, 절연층 자체의 두께는 0.1 ㎜로 동일하게 적용하여 조형체를 제조하였다. 제조된 조형체에서 공극에 존재하는 분말을 제거하고, tube furnace를 이용하여 아르곤 분위기에서 승온속도 5 °C/min로 1000 °C까지 승온시킨 후, 해당 온도에서 2시간 유지시킨 후 로냉시키는 순서로 열처리를 진행하였다. 그 외 절연층을 포함하는 조형체를 제조하는 방법 및 조건은 실험예 1과 동일하다.

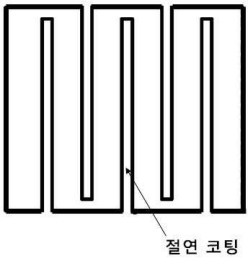
[0118] 상기 실험의 결과를 도 6에 나타내었다. 도 6에 따르면, 열처리를 수행하지 않은 경우보다, 열처리를 수행한 경우 철손 저감의 효과가 더 커진다는 것을 알 수 있다. 또한, 열처리를 수행하기 전에는 절연층 사이의 폭이 0.5 ㎜인 경우와 0.3 ㎜인 경우 철손 저감의 효과 차이가 거의 없는데, 열처리를 수행한 경우에는 절연층 사이의 폭이 0.5 ㎜인 경우보다 0.3 ㎜인 경우 철손 저감의 효과가 더 높아진다는 것을 확인할 수 있다.

도면

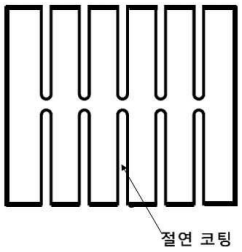
도면1



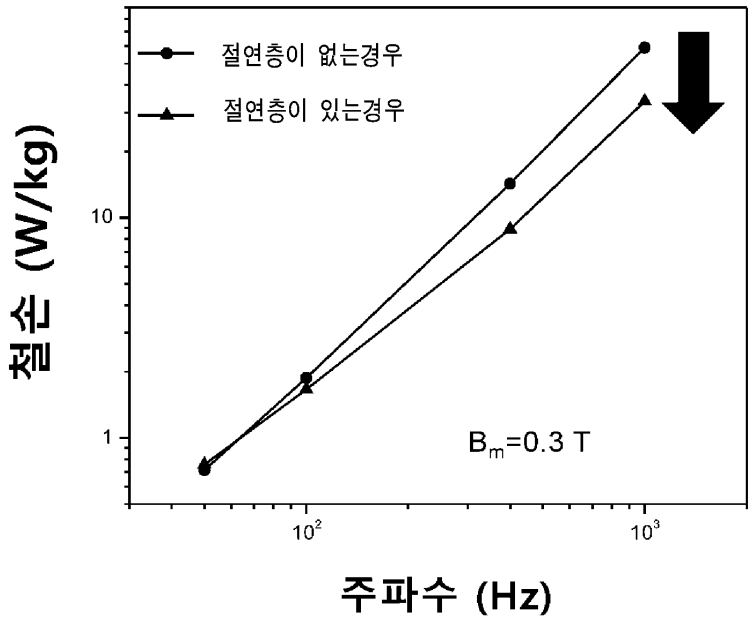
도면2



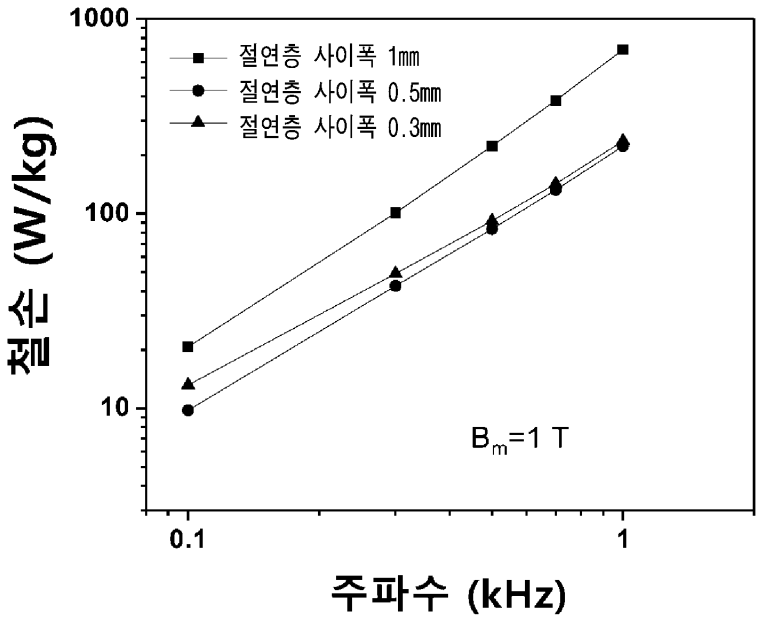
도면3



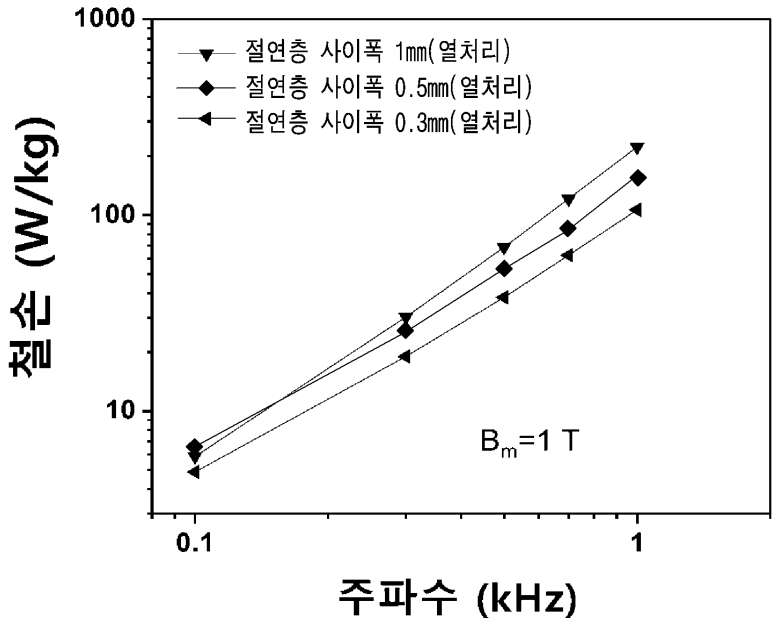
도면4



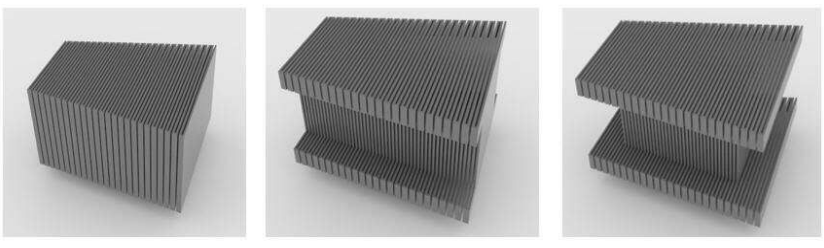
도면5


1000
100
10
0.1
1
절연층 사이폭 1㎜
절연층 사이폭 0.5㎜
절연층 사이폭 0.3㎜
B_m=1 T
철손 (W/kg)
주파수 (kHz)

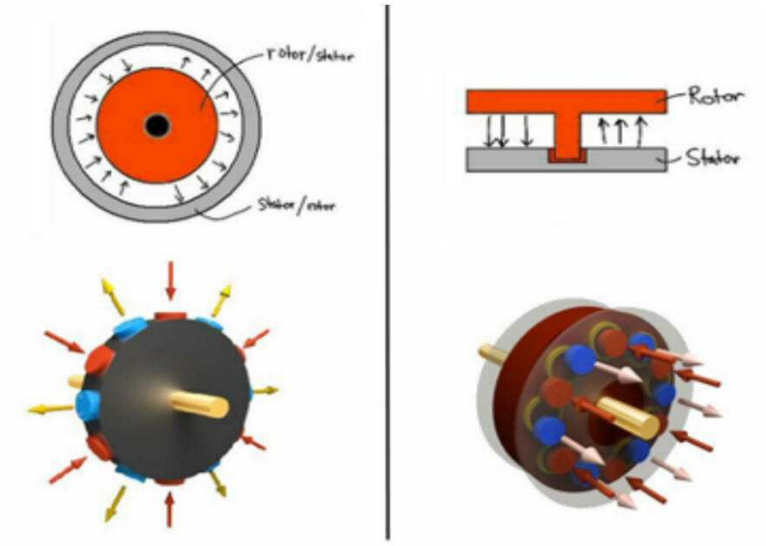
도면6


1000
100
10
0.1
1
절연층 사이폭 1㎜(열처리)
절연층 사이폭 0.5㎜(열처리)
절연층 사이폭 0.3㎜(열처리)
B_m=1 T
철손 (W/kg)
주파수 (kHz)

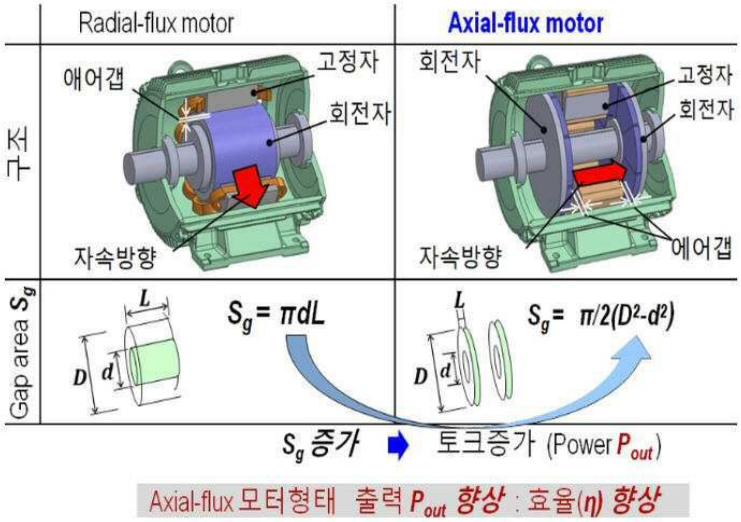
도면7


(a)
(b)
(c)

도면8



도면9



Axial-flux 모터형태 출력 P_{out} 향상 : 효율(η) 향상