



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0136814
(43) 공개일자 2017년12월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01F 6/00 (2006.01) H01F 27/32 (2006.01)
H01F 41/06 (2016.01) H01F 6/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01F 6/00 (2013.01)
H01F 27/325 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0068818
(22) 출원일자 2016년06월02일
심사청구일자 2016년06월02일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
박민원
경상남도 김해시 덕정로12번길 24 (관동동)
최중호
경상남도 김해시 우암로 36, 310동 302호 (외동,
뜨란채아파트)
유인근
경상남도 창원시 성산구 대암로 95-17 (대방동)
(74) 대리인
김중선, 이형석

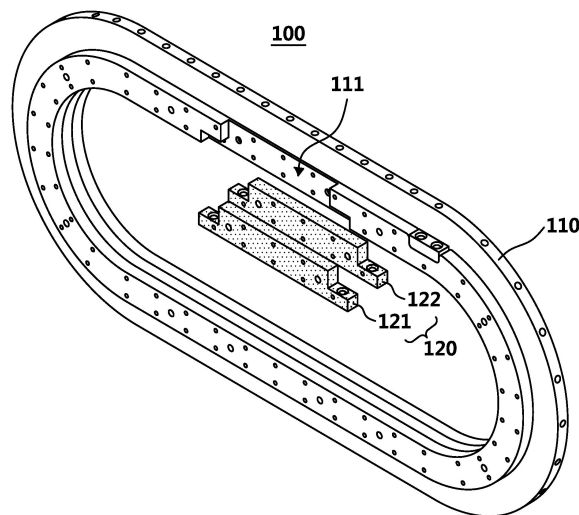
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 다층 구조형 초전도 자석 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 다층 구조형 초전도 자석에 관한 것으로서, 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석은 외주면의 일부분에 개구부가 형성되는 복수의 초전도 자석 보빈; 상기 형성된 개구부에 결합되는 보빈 블록; 각 초전도 자석 보빈의 외주면에 권선되는 복수의 초전도 코일; 및 각 초전도 코일을 접합하기 위한 복수의 초전도 선재를 포함하고, 상기 보빈 블록은 상기 초전도 선재를 이용한 각 초전도 코일 간 다층 구조의 초전도 접합을 위해, 각 초전도 자석 보빈으로부터 분리되고 해당 초전도 자석 보빈에 재결합된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01F 41/048 (2013.01)

H01F 41/06 (2013.01)

H01F 6/06 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415137069

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지자원융합핵심기술개발(예특)

연구과제명 시스템 효율 90% 이상을 가지는 초에너지 절약형 300 kW급 고온초전도응용 유도가열로 개

발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)텍스틸

연구기간 2014.12.01 ~ 2017.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

외주면의 일부분에 개구부가 형성되는 복수의 초전도 자석 보빈;

상기 형성된 개구부에 결합되는 보빈 블록;

각 초전도 자석 보빈의 외주면에 권선되는 복수의 초전도 코일; 및

각 초전도 코일을 접합하기 위한 초전도 선재를 포함하고,

상기 보빈 블록은 상기 초전도 선재를 이용한 각 초전도 코일 간 다층 구조의 초전도 접합을 위해, 각 초전도 자석 보빈으로부터 분리되고 해당 초전도 자석 보빈에 재결합되는 다층 구조형 초전도 자석.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 보빈 블록은,

각 초전도 코일이 단일 코일로 권선된 후에 각 초전도 자석 보빈으로부터 분리되고, 상기 초전도 선재를 이용한 각 초전도 코일 간 다층 구조의 초전도 접합이 완료된 후에 해당 초전도 자석 보빈에 재결합되는 다층 구조형 초전도 자석.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 보빈 블록은,

상기 형성된 초전도 자석 보빈의 개구부 형상과 서로 맞닿은 블록 형상을 가지는 다층 구조형 초전도 자석.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 보빈 블록은,

제1 및 제2 보빈 블록으로 이루어지고, 상기 초전도 자석 보빈에 제1 및 제2 개구부가 형성된 경우, 상기 제1 및 제2 보빈 블록이 상기 초전도 자석 보빈의 제1 및 제2 개구부로부터 개별적으로 분리되고 해당 초전도 자석 보빈의 제1 및 제2 개구부에 재결합되는 다층 구조형 초전도 자석.

청구항 5

제1항에 있어서,

다층 구조형 구조로 접합된 초전도 코일 또는 초전도 선재에서 소손이 발생하면 상기 소손된 초전도 코일 또는 초전도 선재가 위치한 하나의 층이 제거되고, 소손된 층의 다음 층과 이전 층이 서로 접합되는 다층 구조형 초전도 자석.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 초전도 코일은,

원형 코일, 레이스트랙형 코일, 사각형 코일, 접시형 코일 및 나팔형 코일 중 어느 하나의 코일로 이루어지는 다층 구조형 초전도 자석.

청구항 7

복수의 초전도 자석 보빈에 형성된 개구부에 보빈 블록을 결합하는 단계;
 각 초전도 자석 보빈의 외주면에 복수의 초전도 코일을 각각 권선하는 단계;
 각 초전도 코일이 권선된 후, 각 초전도 자석 보빈으로부터 상기 결합된 보빈 블록을 분리하는 단계;
 초전도 선재를 이용하여 각 초전도 코일 간 다층 구조의 초전도 접합을 수행하는 단계; 및
 상기 분리된 보빈 블록을 해당 초전도 자석 보빈에 재결합하는 단계
 를 포함하는 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,
 다층 구조형 구조로 접합된 초전도 코일 또는 초전도 선재에서 소손이 발생하면 상기 소손된 초전도 코일 또는 초전도 선재가 위치한 하나의 층을 제거하는 단계; 및
 상기 소손된 층의 다음 층과 이전 층을 서로 접합시키는 단계
 를 더 포함하는 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,
 상기 결합된 보빈 블록을 분리하는 단계는,
 각 초전도 코일이 단일 코일로 권선된 후에 각 초전도 자석 보빈으로부터 상기 결합된 보빈 블록을 분리하는 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,
 상기 결합된 보빈 블록을 분리하는 단계는
 상기 보빈 블록이 제1 및 제2 보빈 블록으로 이루어지고, 상기 초전도 자석 보빈에 제1 및 제2 개구부가 형성된 경우, 상기 초전도 자석 보빈의 제1 및 제2 개구부로부터 상기 결합된 제1 및 제2 보빈 블록을 개별적으로 분리하는 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,
 상기 보빈 블록은,
 상기 형성된 초전도 자석 보빈의 개구부 형상과 서로 맞닿은 블록 형상을 가지는 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법.

청구항 12

제7항에 있어서,
 상기 초전도 코일은,
 원형 코일, 레이스트랙형 코일, 사각형 코일, 접시형 코일 및 나팔형 코일 중 어느 하나의 코일로 이루어지는 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다층 구조형 초전도 자석 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 초전도 자석 보빈에 형성된 개구부에 결합되는 보빈 블록을 이용하여, 초전도 코일을 쉽게 접합시켜 초전도 코일의 권선 시간을 감소시킬 수 있는, 다층 구조형 초전도 자석 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 초전도체는 극저온에서 전기적 저항이 '0'(zero)이 되는 소자이다. 이는 기존의 구리(cu) 도체와 비교했을 때 고자장, 저손실, 그리고 소형화라는 이점을 제공하기 때문에, 이미 다양한 응용 분야에 활용되고 있다.

[0003] 초전도 자석은 이러한 초전도체를 이용하여 만든 자석이다. 초전도 자석은 MRI(magnetic resonance imaging), NMR(nuclear magnetic resonance), 입자가속기, 자기분리장치 등에 사용되어 효율과 성능을 향상시킨다. 또한, 전력 케이블과 초전도 변압기, 초전도 모터 등과 같이 산업 전반에 걸쳐 그 응용기술이 지속적으로 연구되고 있다.

[0004] 도 1은 일반적인 초전도 자석 보빈의 구조도이다.

[0005] 도 1에 도시된 바와 같이, 일반적인 초전도 자석은 초전도 자석 보빈(10)을 포함한다. 여기서, 초전도 자석 보빈(10)은 다양한 형태(예컨대, 레이스트랙형 등) 초전도 자석 보빈으로 구성될 수 있다. 초전도 코일은 이러한 초전도 자석 보빈(10)의 외주면에 감겨진다.

[0006] 도 1에 도시된 레이스트랙형 초전도 자석 보빈(10) 이외에, 다른 형태의 초전도 자석 보빈에 감겨지는 초전도 코일은 원형코일, 레이스트랙형 코일, 접시형 또는 나팔형 코일 등 다양한 형태를 하고 있다. 이러한 코일들은 기본단위코일인 단일코일(Single pancake coil)이 있다.

[0007] 또한, 이러한 단일 구조가 적층된 이중코일(Double pancake coil), 그리고 다층코일(Multi-layer coil)로 구성될 수 있다.

[0008] 그러나 고용량 고효율의 전력기기와 고자장 NMR 및 MRI 등을 개발하기 위해서는 다층코일(Multi-layer coil)로 구성된 자석의 적용이 반드시 필요하다. 특히, 광폭의 초전도 선재를 적용한 초전도 자석 및 전력응용기기를 제작하기 위해서는 다층구조의 초전도 자석을 제작하기 위한 초전도 접합기술이 반드시 요구된다.

[0009] 이와 같이, 초전도 자석을 직렬로 구성하고 다층코일을 제작하고자 할 때 단일 코일 간 초전도 접합이 반드시 이루어져야 한다. 종래의 초전도 자석을 다층구조로 구성할 때, 초전도 접합은 권선을 시작하기 전에 우선적으로 접합을 하기 위한 초전도 선재를 납땜하거나, 구리블럭을 이용하여 전류 패스를 구성해야 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1124805호(2012.02.29. 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 실시 예들은 초전도 코일이 권선되면 초전도 자석 보빈에 형성된 개구부에 결합되는 보빈 블록을 분리하고, 초전도 선재를 이용하여 각 초전도 코일을 접합한 후에 보빈 블록을 해당 초전도 자석 보빈에 재결합시킴으로써, 초전도 코일을 쉽게 접합시켜 초전도 코일의 권선 시간을 감소시킬 수 있는, 다층 구조형 초전도 자석 및 그 제조 방법을 제공하고자 한다.

[0012] 본 발명의 실시 예들은 모든 단일 코일을 개별적으로 권선하여 단일 구조의 초전도 코일을 완성하고, 각 초전도 코일의 접합 기술을 적용하여 다층 구조의 초전도 코일을 쉽게 완성할 수 있는, 다층 구조형 초전도 자석 및 그 제조 방법을 제공하고자 한다.

[0013] 또한, 본 발명의 실시 예들은 초전도 선재가 소손되었을 때 소손된 하나의 층을 벗겨내고 다음 층에 접합하여 재사용함으로써, 소손 및 문제가 발생한 초전도 코일을 쉽게 교체할 수 있는, 다층 구조형 초전도 자석 및 그 제조 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 제1 측면에 따르면, 외주면의 일부분에 개구부가 형성되는 복수의 초전도 자석 보빈; 상기 형성된 개구부에 결합되는 보빈 블록; 각 초전도 자석 보빈의 외주면에 권선되는 복수의 초전도 코일; 및 각 초전도 코일을 접합하기 위한 복수의 초전도 선재를 포함하고, 상기 보빈 블록은 상기 초전도 선재를 이용한 각 초전도 코일 간 다층 구조의 초전도 접합을 위해, 각 초전도 자석 보빈으로부터 분리되고 해당 초전도 자석 보빈에 재결합되는 다층 구조형 초전도 자석이 제공될 수 있다.
- [0015] 상기 보빈 블록은, 각 초전도 코일이 단일 코일로 권선된 후에 각 초전도 자석 보빈으로부터 분리되고, 상기 초전도 선재를 이용한 각 초전도 코일 간 다층 구조의 초전도 접합이 완료된 후에 해당 초전도 자석 보빈에 재결합될 수 있다.
- [0016] 상기 보빈 블록은, 상기 형성된 초전도 자석 보빈의 개구부 형상과 서로 맞닿은 블록 형상을 가질 수 있다.
- [0017] 상기 보빈 블록은, 제1 및 제2 보빈 블록으로 이루어지고, 상기 초전도 자석 보빈에 제1 및 제2 개구부가 형성된 경우, 상기 제1 및 제2 보빈 블록이 상기 초전도 자석 보빈의 제1 및 제2 개구부로부터 개별적으로 분리되고 해당 초전도 자석 보빈의 제1 및 제2 개구부에 재결합될 수 있다.
- [0018] 다층 구조형 구조로 접합된 초전도 코일 또는 초전도 선재에서 소손이 발생하면 상기 소손된 초전도 코일 또는 초전도 선재가 위치한 하나의 층이 제거되고, 소손된 층의 다음 층과 이전 층이 서로 접합될 수 있다.
- [0019] 상기 초전도 코일은, 원형 코일, 레이스트랙형 코일, 사각형 코일, 접시형 코일 및 나팔형 코일 중 어느 하나의 코일로 이루어질 수 있다.
- [0020] 한편, 본 발명의 제2 측면에 따르면, 복수의 초전도 자석 보빈에 형성된 개구부에 보빈 블록을 결합하는 단계; 각 초전도 자석 보빈의 외주면에 복수의 초전도 코일을 각각 권선하는 단계; 각 초전도 코일이 권선된 후, 각 초전도 자석 보빈으로부터 상기 결합된 보빈 블록을 분리하는 단계; 초전도 선재를 이용하여 각 초전도 코일 간 다층 구조의 초전도 접합을 수행하는 단계; 및 상기 분리된 보빈 블록을 해당 초전도 자석 보빈에 재결합하는 단계를 포함하는 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법이 제공될 수 있다.
- [0021] 상기 방법은, 다층 구조형 구조로 접합된 초전도 코일 또는 초전도 선재에서 소손이 발생하면 상기 소손된 초전도 코일 또는 초전도 선재가 위치한 하나의 층을 제거하는 단계; 및 상기 소손된 층의 다음 층과 이전 층을 서로 접합시키는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 결합된 보빈 블록을 분리하는 단계는, 각 초전도 코일이 단일 코일로 권선된 후에 각 초전도 자석 보빈으로부터 상기 결합된 보빈 블록을 분리할 수 있다.
- [0023] 상기 결합된 보빈 블록을 분리하는 단계는 상기 보빈 블록이 제1 및 제2 보빈 블록으로 이루어지고, 상기 초전도 자석 보빈에 제1 및 제2 개구부가 형성된 경우, 상기 초전도 자석 보빈의 제1 및 제2 개구부로부터 상기 결합된 제1 및 제2 보빈 블록을 개별적으로 분리할 수 있다.
- [0024] 상기 보빈 블록은, 상기 형성된 초전도 자석 보빈의 개구부 형상과 서로 맞닿은 블록 형상을 가질 수 있다.
- [0025] 상기 초전도 코일은, 원형 코일, 레이스트랙형 코일, 사각형 코일, 접시형 코일 및 나팔형 코일 중 어느 하나의 코일로 이루어질 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 본 발명의 실시 예들은 초전도 코일이 권선되면 초전도 자석 보빈에 형성된 개구부에 결합되는 보빈 블록을 분리하고, 초전도 선재를 이용하여 각 초전도 코일을 접합한 후에 보빈 블록을 해당 초전도 자석 보빈에 재결합시킴으로써, 초전도 코일을 쉽게 접합시켜 초전도 코일의 권선 시간을 감소시킬 수 있다. 예컨대, 다층 코일을 이용하여 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석을 제작하면, 일반적인 다층 구조형 초전도 자석에 필요한 권선 시간에 비해 2배 이상의 권선 시간을 절약할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 실시 예들은 모든 단일 코일을 개별적으로 권선하여 단일 구조의 초전도 코일을 완성하고, 각 초전도 코일의 접합 기술을 적용하여 다층 구조의 초전도 코일을 쉽게 완성할 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명의 실시 예들은 초전도 선재가 소손되었을 때 소손된 하나의 층을 벗겨내고 다음 층에 접합하여 재사용함으로써, 소손 및 문제가 발생한 초전도 코일을 쉽게 교체할 수 있다. 여기서, 초전도 자석의 특성상 내

측의 자기장이 가장 크므로 소손에 가장 취약한 부분이다. 본 발명의 실시 예들에서는 이러한 취약한 부분을 권선이 완료된 후 최종적으로 초전도 접합을 수행함으로써, 초전도 접합의 간편함과 소손 및 문제가 발생한 코일의 손쉬운 교체를 달성할 수 있다.

[0029] 본 발명의 실시 예들은 보빈 블록에 대해 알루미늄, 구리, SUS(steel use stainless) 등 재질에 구애받지 않고 이용할 수 있으며, 보빈 블록에 초전도 코일을 접합하지 않고 초전도 코일의 초전도 접합을 수행함으로써, 초전도 자석의 대량생산에 유리할 수 있다.

[0030] 더 나아가, 본 발명의 실시 예는 대전류 및 광폭의 초전도 선재 및 보빈 블록을 이용하여 초전도 접합을 수행함으로써, 향후 초전도 코일의 유지(Maintenance) 및 설계의 확장성 등에 유용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 일반적인 초전도 자석 보빈의 구조도이다.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석을 위한 초전도 자석 보빈의 구조도이다.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석에 포함된 단일 구조형 또는 이중 구조형 초전도 자석의 구조도이다.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석에서의 초전도 접합 과정에 대한 설명도이다.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석의 구조도이다.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법에 대한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 본 발명에 따른 동작 및 작용을 이해하는 데 필요한 부분을 중심으로 상세히 설명한다. 본 발명의 실시 예를 설명하면서, 본 발명이 속하는 기술 분야에 익히 알려졌고 본 발명과 직접적으로 관련이 없는 기술 내용에 대해서는 설명을 생략한다. 이는 불필요한 설명을 생략함으로써 본 발명의 요지를 흐리지 않고 더욱 명확히 전달하기 위함이다.

[0033] 또한, 본 발명의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 동일한 명칭의 구성 요소에 대하여 도면에 따라 다른 참조부호를 부여할 수도 있으며, 서로 다른 도면임에도 동일한 참조부호를 부여할 수도 있다. 그러나 이와 같은 경우라 하더라도 해당 구성 요소가 실시 예에 따라 서로 다른 기능을 갖는다는 것을 의미하거나, 서로 다른 실시 예에서 동일한 기능을 갖는다는 것을 의미하는 것은 아니며, 각각의 구성 요소의 기능은 해당 실시 예에서의 각각의 구성 요소에 대한 설명에 기초하여 판단하여야 할 것이다.

[0034] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석을 위한 초전도 자석 보빈의 구조도이다.

[0035] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석에 포함된 단일 구조형 또는 이중 구조형 초전도 자석의 구조도이다.

[0036] 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석에 포함된 초전도 자석(100)은 초전도 자석 보빈(110), 보빈 블록(120) 및 초전도 코일(130)을 포함한다.

[0037] 여기서, 이러한 초전도 자석이 다층 구조로 이루어지는 경우, 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석은 도 5에 도시된 바와 같이, 복수의 초전도 자석 보빈(110), 복수의 보빈 블록(120), 복수의 초전도 코일(130) 및 복수의 초전도 선재(140)를 포함한다.

[0038] 도 2 및 도 3에는 도 5에 도시된 다층 구조형 초전도 자석에 포함된 이중 구조형 또는 단일 구조형 초전도 자석이 도시되어 있다.

[0039] 이하, 도 2 및 도 3을 참조하여 이중 구조형 또는 단일 구조형 초전도 자석의 각 구성요소들의 구체적인 구성 및 동작을 설명한다. 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석을 도 5를 참조하여 설명하기로 한다.

[0040] 초전도 자석 보빈(110)은 외주면의 일부분에 개구부(111)가 형성되어 있다. 다층 구조형 초전도 자석에는 이러한 초전도 자석 보빈(110)이 복수 개로 구비되어 다층 구조로 이루어진다. 여기서, 초전도 자석 보빈(110)에 형성된 개구부(111)는 다양한 형상 또는 다양한 크기로 형성될 수 있다. 또한, 개구부(111)는 하나의 개구부뿐만

아니라 복수 개의 개구부로 이루어질 수 있다.

- [0041] 우선, 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석에서는 초전도 자석을 구성하기 위한 뼈대, 즉 보빈 설계가 선행되어야 한다. 초전도 자석의 권선을 위해서는 초전도 자석 보빈(110)의 구조에 의존한다. 그 초전도 자석 보빈(110)의 구조에 따라 권선 방법과 접합방법이 상이할 수 있다. 일반적인 초전도 자석 보빈(10)이 도 1에 도시되어 있고, 본 발명의 실시 예에 따른 보빈 블록(120)을 이용한 접합 기술이 적용가능한 초전도 자석 보빈(110)의 구조가 도 2 및 도 3에 도시되어 있다.
- [0042] 이러한 보빈 블록(120)은 초전도 자석 보빈(110)에서 형성된 개구부(111)에 결합된다. 다층 구조형 초전도 자석에는 이러한 보빈 블록(120)이 복수 개로 구비되어 다층 구조로 이루어진다.
- [0043] 여기서, 보빈 블록(120)은 다층 구조형 초전도 자석 보빈(110)에서 초전도 선재(140)를 이용한 각 초전도 코일(130) 간 다층 구조의 초전도 접합을 위해, 각 초전도 자석 보빈(110)으로부터 분리된다. 그리고 이러한 보빈 블록(120)은 해당 초전도 자석 보빈(110)에 재결합된다.
- [0044] 초전도 코일(130)은 각 초전도 자석 보빈(110)의 외주면에 권선된다. 다층 구조형 초전도 자석에는 이러한 초전도 코일(130)이 복수 개로 구비되어 다층 구조로 이루어진다. 여기서, 초전도 코일(130)은, 원형 코일, 레이스트랙형 코일, 사각형 코일, 접시형 코일 및 나팔형 코일 중 어느 하나의 코일로 이루어질 수 있다.
- [0045] 이와 같이, 일반적인 다층 구조를 가지는 초전도 자석과 달리, 본 발명의 실시 예에 따른 최종 접합을 위한 초전도 자석 보빈(110)은 초전도 자석 보빈(110)의 중간 부분에 조립형 보빈 블록(120)이 추가로 결합되거나 분리된다. 초전도 코일(130)의 권선이 완료된 후에 이 보빈 블록(120)을 분리하여 초전도 접합이 최종적으로 수행될 수 있다. 이후, 다시 보빈 블록(120)이 조립되면, 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 자석은 일반적인 다층 구조의 초전도 자석과 동일한 형상으로 이루어질 수 있다.
- [0046] 도 3에 도시된 초전도 선재(140)는 각 초전도 코일(130)을 접합하기 위한 것이다. 다층 구조형 초전도 자석에는 이러한 초전도 선재(140)가 복수 개로 구비되어 다층 구조로 이루어진다.
- [0047] 보빈 블록(120)의 일례로서, 보빈 블록(120)은 제1 및 제2 보빈 블록(121 및 122)으로 이루어지고, 초전도 자석 보빈(110)에 이와 대응되도록 제1 및 제2 개구부가 형성될 수 있다.
- [0048] 보빈 블록(120)은 제1 및 제2 보빈 블록(121 및 122)으로 이루어지고, 초전도 자석 보빈(110)에 제1 및 제2 개구부가 형성된 경우, 제1 및 제2 보빈 블록(121 및 122)이 상기 초전도 자석 보빈(110)의 제1 및 제2 개구부로부터 개별적으로 분리될 수 있다.
- [0049] 그리고 초전도 선재(140)를 이용한 각 초전도 코일(130) 간 다층 구조의 초전도 접합이 완료된 후, 해당 초전도 자석 보빈(110)의 제1 및 제2 개구부에 재결합된다.
- [0050] 한편, 초전도 자석 보빈(110)에 형성된 개구부(111)는 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 보빈의 직선 구간에 제한되어 적용되지 않는다. 앞서 설명한 원형 코일, 레이스트랙형 코일, 사각형 코일, 접시형 코일 또는 나팔형 코일 중에서 다양한 코일에 적용될 수 있다.
- [0051] 또한, 초전도 코일(130)의 접합 거리를 조정하면서 초전도 접합을 최적으로 수행할 수 있다. 이와 같이, 초전도 코일(130)의 형상을 변형시키지 않고 초전도 자석을 제조할 수 있어 일반적인 다층 구조의 초전도 자석의 특성을 유지하면서 제작의 편리함과 간편함을 동시에 얻을 수 있다.
- [0052] 한편, 보빈 블록(120) 및 초전도 선재(140)를 이용한 초전도 접합 과정이 도 3에 도시되어 있다.
- [0053] 도 3을 참조하여 보빈 블록(120) 및 초전도 선재(140)를 이용한 초전도 접합 과정을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.
- [0054] 우선, 보빈 블록(120)은 각 초전도 코일(130)이 단일 코일로 권선된 후에 각 초전도 자석 보빈(110)으로부터 분리된다.
- [0055] 그리고 초전도 선재(140)를 이용한 각 초전도 코일(130) 간 다층 구조의 초전도 접합이 완료된다.
- [0056] 이후, 보빈 블록(120)은 해당 초전도 자석 보빈(110)에 재결합된다.
- [0057] 이를 위해, 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 보빈 블록(120)은, 초전도 자석 보빈(110)에서 형성된 개구부 형상과 서로 맞닿은 블록 형상을 가질 수 있다.

- [0058] 한편, 다층 구조형 구조로 접합된 초전도 코일(130) 또는 초전도 선재(140)에서 소손이 발생할 수 있다.
- [0059] 다층 구조형 구조로 접합된 초전도 코일(130) 또는 초전도 선재(140)에서 소손이 발생하면, 그 소손된 초전도 코일(130) 또는 초전도 선재(140)가 위치한 하나의 층이 제거된다.
- [0060] 그리고 그 소손된 층의 다음 층과 이전 층이 서로 접합될 수 있다. 그러면, 이전 다층 구조에서 소손된 층만 제거된 다층 구조형 초전도 자석으로 재결합될 수 있다.
- [0061] 전술된 바와 같이, 도 2 및 도 3을 참조하여 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석을 설명하였다. 그러나 이는 본 발명의 이해와 설명의 편의를 도모하기 위한 일 실시 예에 불과하며, 본 발명은 이에 한정되지 아니한다.
- [0062] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석에서의 초전도 접합 과정에 대한 설명도이다.
- [0063] 도 4에 도시된 바와 같이, 초전도 자석 보빈(110)은 제1 내지 제3 보빈(112, 113, 및 114)으로 이루어질 수 있다. 제1 내지 제3 보빈(112, 113, 및 114)은 각각 분리되어 이루어져 있고, 각각 조립할 수 있는 구조로 되어 있다. 제1 및 제2 보빈(112, 113)은 제3 보빈(114)을 기준으로 양측에 조립된다.
- [0064] 우선, 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석(100)은 대전류를 사용하는 광폭의 초전도 선재(140)를 이용하여 초전도 접합을 수행한다.
- [0065] 여기서, 광폭의 초전도 선재(140)는 기설정된 폭을 갖는다. 예컨대, 초전도 선재(140)는 4mm, 6mm, 8mm, 12mm 및 24mm 등 다양한 폭의 선재가 이용될 수 있다. 초전도 선재(140)의 폭이 광폭으로 갈수록 선재에 흘릴 수 있는 전류의 양은 비례한다. 전류가 크면 클수록 조인트 부분의 저항에 의한 발열이 크게 발생한다. 이를 해소하기 위해서, 병렬로 연결되는 조인트의 개수가 많아야 하며, 조인트의 면적이 증가하여야만 한다.
- [0066] 이에 따라, 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석(100)은 초전도 코일(130)의 직선부 구간의 구조적 변형을 최소한으로 하는 범위인 지점(예컨대, 1/3 지점)에서의 보빈 블록(120)으로 탈착 가능하게 하는 구조를 가진다.
- [0067] 초전도 코일(130)의 안정적 권선을 위해서 다음과 같은 과정에 따라 초전도 접합 과정을 수행한다.
- [0068] 먼저, 초기에 초전도 코일(130)의 권선시 보빈 블록(120)을 조립하여 일반적인 초전도 보빈처럼 안정적 권선을 수행한다.
- [0069] 그리고 두 개의 SPC(Single pancake) 형태의 초전도 코일(131, 132)의 권선을 수행 후, 보빈 블록(120)을 분해한다.
- [0070] 이어서, 기설정된 폭을 갖는 광폭의 초전도 선재(140)를 이용하여 땀납 접합을 수행한다. 여기서, 제3 보빈(114)에는 초전도 선재(140)가 관통할 수 있는 구멍(예컨대, 길이 방향의 구멍)을 구비하고 있다. 초전도 선재(140)는 제3 보빈(114)에 구비된 구멍을 관통하게 되고, 관통된 초전도 선재(14)를 이용하여 제3 보빈(114)을 기준으로 양측에 위치한 2개의 초전도 코일(131, 132)을 접합할 수 있다.
- [0071] 이후, 보빈 블록(120)을 재 조립하여 전체 권선형상을 유지한다. 이는 향후 다층구조의 자석의 조립시 형상에 구애 받지 않고 조립할 수 있다.
- [0072] 이와 같이, 제1 내지 제3 보빈(112, 113, 및 114)을 이용하여 초전도 코일(130)의 권선시 분리하여 권선하고, 몇 개의 초전도 코일(130)의 권선도 동일하게 권선하여 조립할 수 있다.
- [0073] 한편, 초전도 코일(130)은 시작과 끝의 터미널을 제외하고 모두 초전도 접합으로 이루어져야만 한다.
- [0074] 초전도 접합 중에서 땀납을 위해서는 반드시 가열할 수 있는 인두기나 가열기가 존재하여야 한다. 종래에는 블록(예컨대, 추가 조립형 장치 등)에 초전도 코일이 접합되기 위해서는 반드시 가열되어야 한다. 이를 위해, 더 큰 용량의 가열기가 필요하게 된다. 따라서 초전도 코일이 손상을 입을 수 있고 조립이 용이하지 않다.
- [0075] 반면, 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석(100)에서는 이러한 문제에 구애 받지 않고 초전도 접합을 적용할 수 있다.
- [0076] 예컨대, 보빈 블록(120)은 알루미늄, 구리, SUS(steel use stainless) 등 재질에 구애받지 않고 사용 가능하다. 본 발명의 실시 예에서는 이러한 보빈 블록(120)에 초전도 코일을 접합하지 않아, 초전도 자석의 대량생산에 유리할 수 있다.

- [0077] 이를 위해, 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석(100)에서는 최종적으로 초전도 접합을 수행함으로써 향후 초전도 코일(130)의 유지(Maintenance) 및 설계의 확장성 등에 유용할 수 있다.
- [0078] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석의 구조도이다.
- [0079] 단일 구조 또는 이중 구조의 초전도 자석이 다층 구조로 결합된 다층 구조형 초전도 자석이 도 5에 도시되어 있다.
- [0080] 도 2 및 도 3에서 설명한 바와 같이, 초전도 자석이 다층 구조로 이루어지는 경우, 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석은 복수의 초전도 자석 보빈(110), 복수의 보빈 블록(120), 복수의 초전도 코일(130) 및 복수의 초전도 선재(140)를 포함한다.
- [0081] 이와 같은 다층 구조형 초전도 자석에는 복수의 보빈 블록(120)이 다층마다 결합되거나 분리될 수 있다.
- [0082] 이러한 다층 구조형 초전도 자석(100)을 제조하기 위해서, 본 발명의 실시 예에서는 우선 단일 구조인 SPC 형태의 초전도 코일(131, 132)을 제작한다. 그리고 본 발명의 실시 예에서는 두 개의 SPC 형태의 초전도 코일(131, 132)을 한 개의 이중 구조인 DPC(Dual pancake) 형태의 초전도 코일로 조립하여 1개의 DPC 형태의 초전도 코일(130)의 권선을 수행한다.
- [0083] DPC 형태의 초전도 코일(130)은 다시 여러 개의 DPC 코일과 함께 조립가능하고, 이를 전기적으로 연결해야 한다.
- [0084] 이때, 여러 개의 DPC 형태의 초전도 코일(130)을 초전도 접합으로 연결하기는 외부에 노출되어 있어 용이하다. 따라서 본 발명의 실시 예에 따른 보빈 블록(120)을 이용하여 DPC 형태의 초전도 코일(130)을 외부에 노출시키고, 각각의 초전도 코일(131, 132)에 대해 초전도 접합 과정을 수행한다.
- [0085] 여기서, 단일형 구조는 접합부가 1개 존재하고, 다층형 구조는 접합부가 여러 개 존재한다는 차이점이 있다. 그리고 각각의 접합은 초전도 접합이 되어야 전기저항을 최소화 할 수 있다.
- [0086] 이에 따라, 다층 구조형 초전도 자석(100)은 보빈 블록(120) 및 초전도 선재(140)를 이용한 초전도 접합 구조를 통해 용이하게 제작될 수 있다.
- [0087] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석(100)은 초전도 선재(140)가 다른 금속에 부착되어 조립되지 않음으로써, 초전도 자석의 대량생산에 유리할 수 있고, 향후 초전도 코일의 유지 및 설계의 확장성 등에 유용할 수 있다.
- [0088] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법에 대한 흐름도이다.
- [0089] 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법에서는 복수의 초전도 자석 보빈(110)에 형성된 개구부(111)에 보빈 블록(120)을 결합한다(S101). 여기서, 보빈 블록(120)은 초전도 자석 보빈(110)의 개구부 형상과 서로 맞닿은 블록 형상을 가질 수 있다.
- [0090] 그리고 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법에서는 각 초전도 자석 보빈(110)의 외주면에 복수의 초전도 코일(130)을 각각 권선한다(S102). 여기서, 초전도 코일(130)은 원형 코일, 레이스트랙형 코일, 사각형 코일, 접시형 코일 및 나팔형 코일 중 어느 하나의 코일로 이루어질 수 있다.
- [0091] 각 초전도 코일(130)이 권선된 후, 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법에서는 각 초전도 자석 보빈(110)으로부터 보빈 블록(120)을 분리한다(S103). 즉, 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법에서는 각 초전도 코일(130)이 단일 코일로 권선된 후에 각 초전도 자석 보빈(110)으로부터 보빈 블록(120)을 분리할 수 있다.
- [0092] 한편, 보빈 블록(120)이 제1 및 제2 보빈 블록(121 및 122)으로 이루어지고, 초전도 자석 보빈(110)에 제1 및 제2 개구부가 형성된 경우, 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법에서는 초전도 자석 보빈(110)의 제1 및 제2 개구부로부터 제1 및 제2 보빈 블록(121 및 122)을 개별적으로 분리할 수 있다.
- [0093] 그리고 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법에서는 초전도 선재(140)를 이용하여 각 초전도 코일(130) 간 다층 구조의 초전도 접합을 수행한다(S104).
- [0094] 이어서, 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법에서는 분리된 보빈 블록(120)을 해당 초전도 자석 보빈(110)에 재결합한다(S105).
- [0095] 한편, 다층 구조형 구조로 접합된 초전도 코일(130) 또는 초전도 선재(140)에서 소손이 발생할 수 있다.

[0096] 다층 구조형 구조로 접합된 초전도 코일(130) 또는 초전도 선재(140)에서 소손이 발생하면, 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법에서는 그 소손된 초전도 코일(130) 또는 초전도 선재(140)가 위치한 하나의 층을 제거할 수 있다.

[0097] 그리고 다층 구조형 초전도 자석의 제조 방법에서는 그 소손된 층의 다음 층과 이전 층을 서로 접합시킨다.

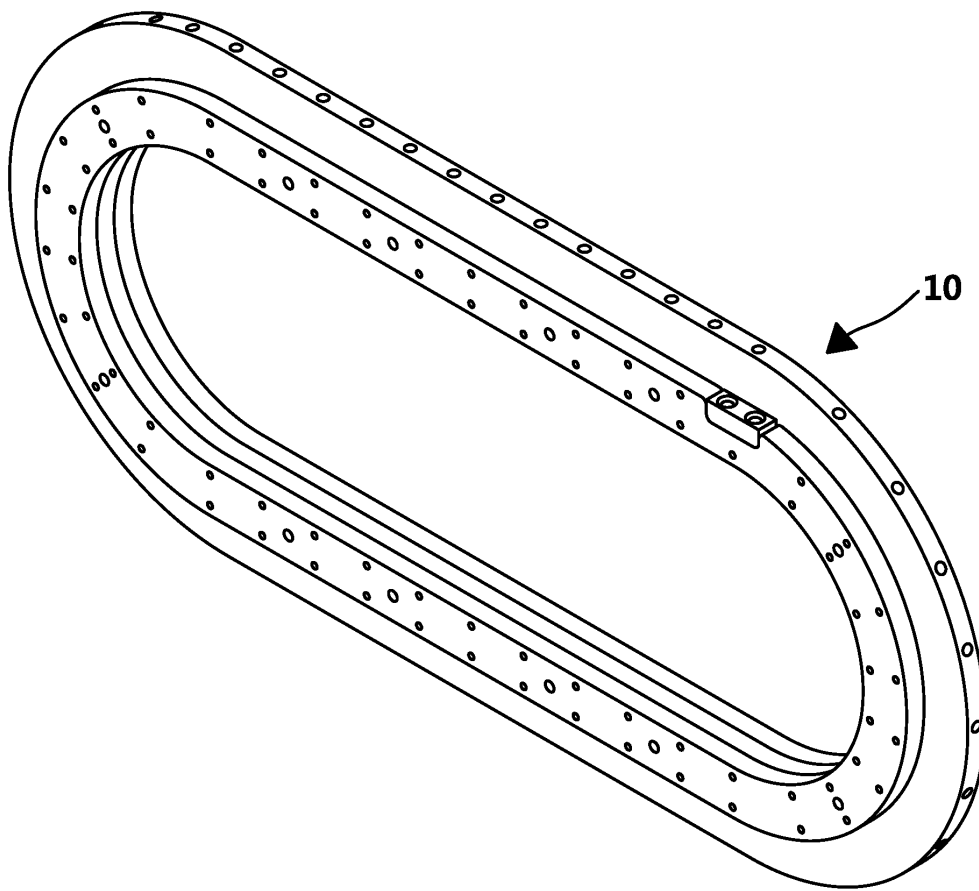
[0098] 이상에서 설명한 실시 예들은 그 일 예로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

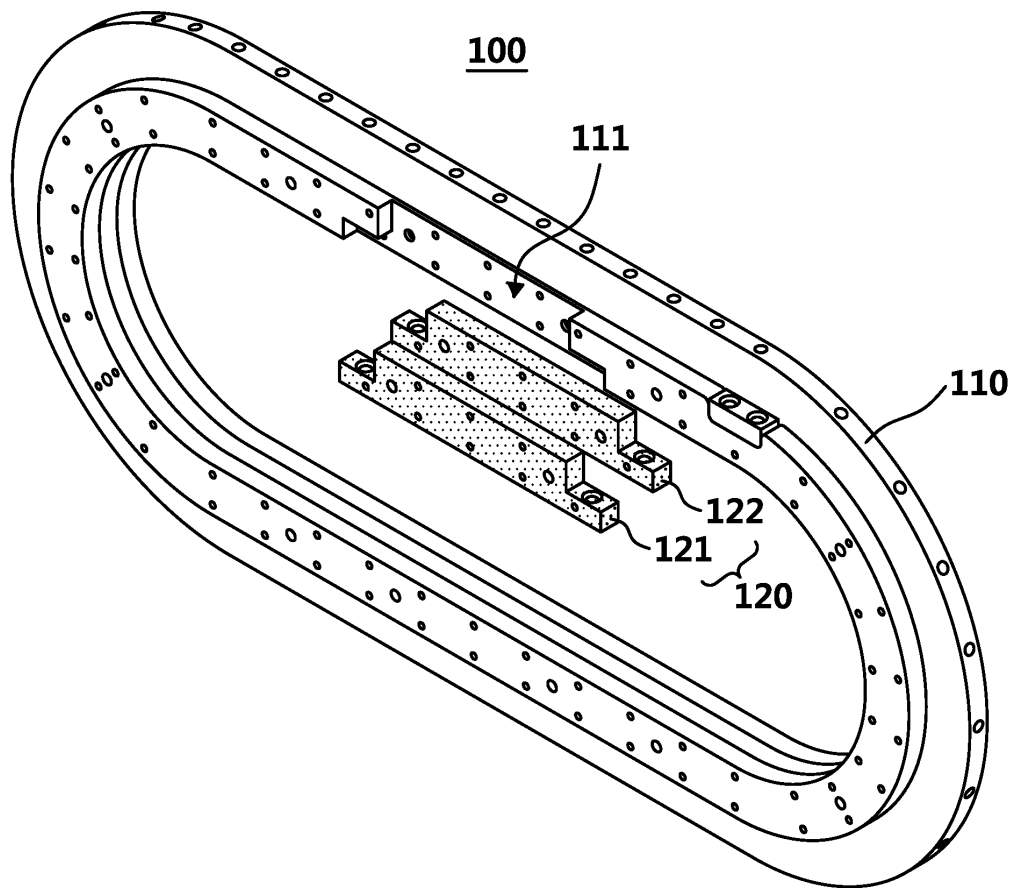
- [0099]
- 100: 초전도 자석
 - 110: 초전도 자석 보빈
 - 111: 개구부
 - 120: 보빈 블록
 - 121 및 122: 제1 보빈 블록 및 제2 보빈 블록
 - 130: 초전도 코일
 - 140: 초전도 선재

도면

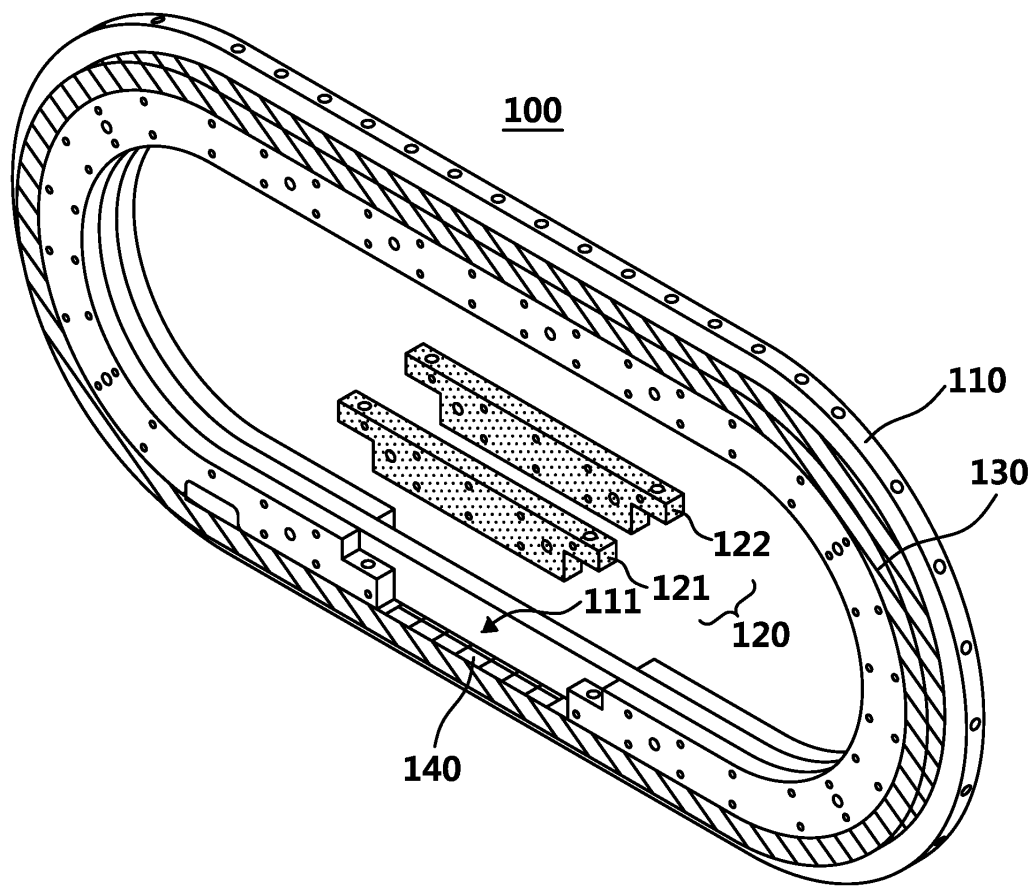
도면1



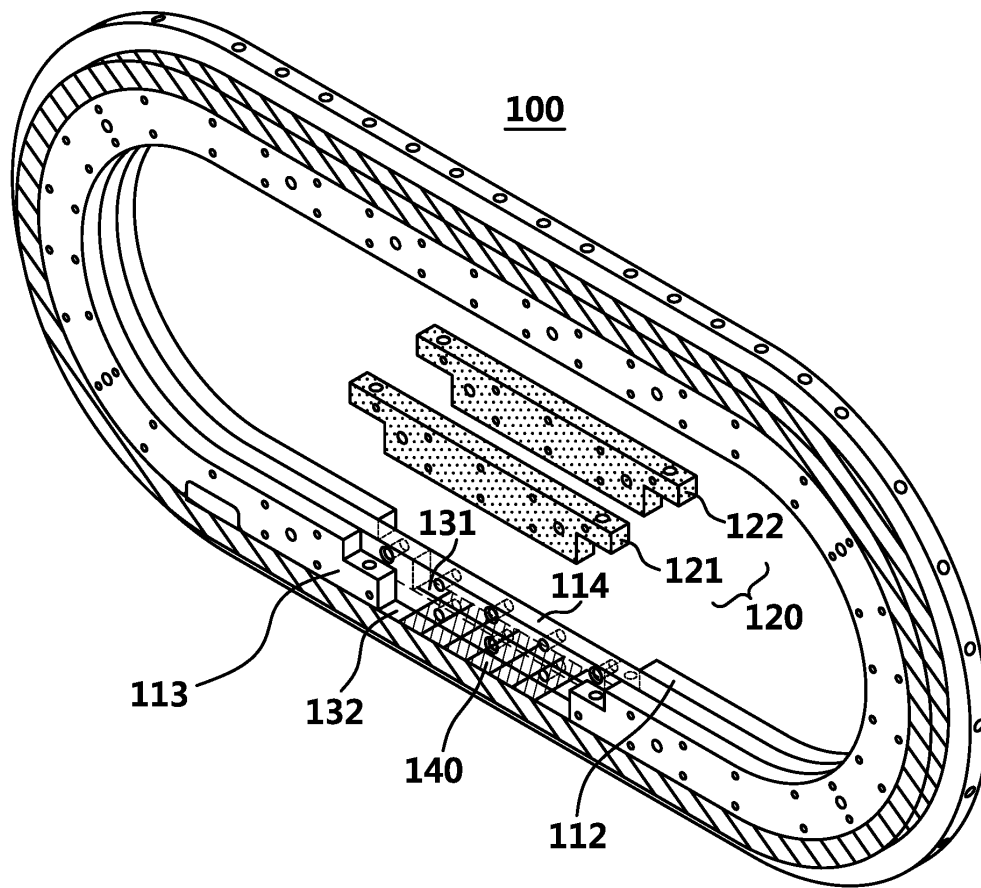
도면2



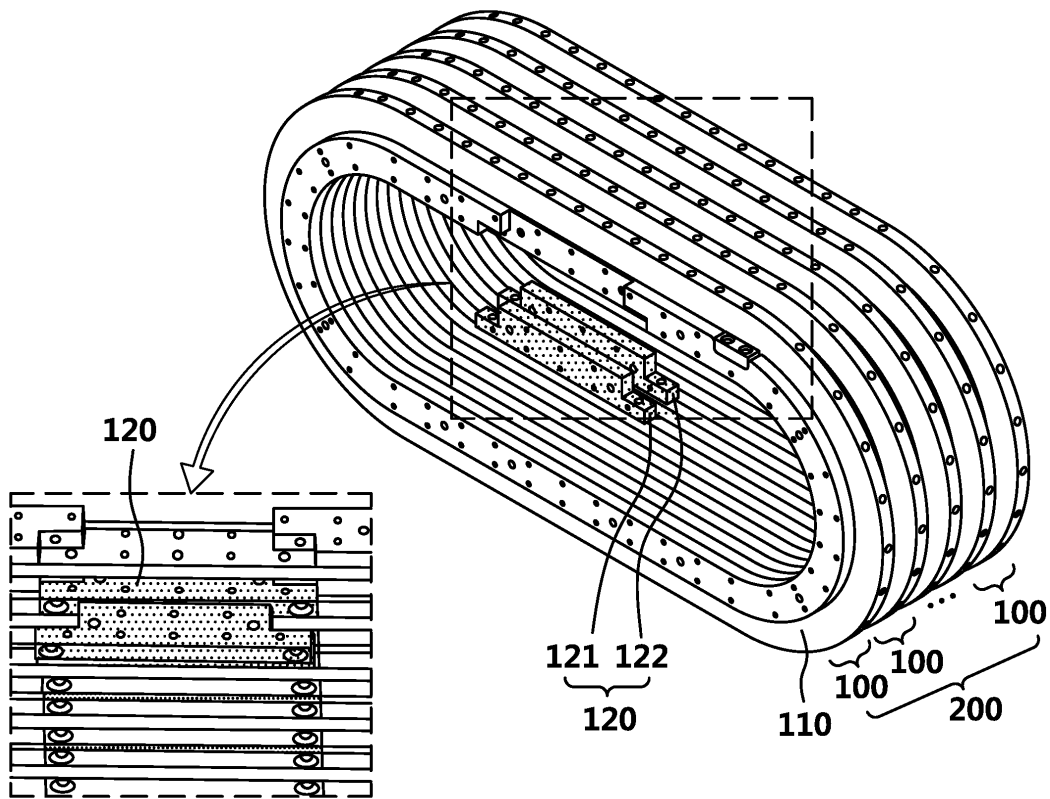
도면3



도면4



도면5



도면6

