(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0136815
(43) 공개일자 2017년12월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05B 6/10 (2006.01) *H05B 6/36* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H05B 6/101 (2013.01)
H05B 6/36 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0068822
(22) 출원일자 2016년06월02일
심사청구일자 2016년06월02일
기술이전 희망 : **기술양도**

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

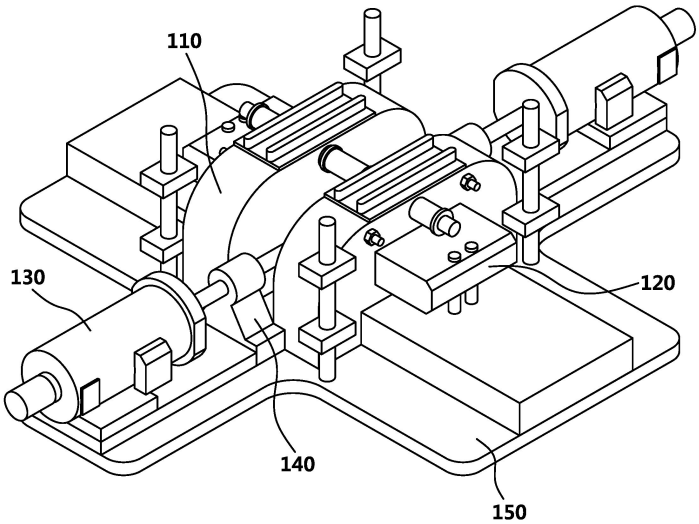
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치**

(57) 요 약

본 발명은 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치에 관한 것으로서, 본 발명의 실시 예에 따른 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치는, 가열 대상 부재를 중심으로 기설정된 거리만큼 서로 대칭되게 위치하고, 인가되는 직류 전류에 따라 자기장을 발생시키는 초전도 자석; 상기 초전도 자석의 내부를 관통하면서 상기 가열 대상 부재와 서로 마주보는 방향으로 이동하여 상기 발생된 자기장을 상기 가열 대상 부재에 유도시키는 이동형 부재; 상기 가열 대상 부재와 회전축을 통해 연결되어 상기 가열 대상 부재를 회전시키는 회전부; 및 상기 이동형 부재와 각각 연결된 단일 구조 형상을 가지는 지지구조를 통해 상기 발생된 자기장의 누설이 최소가 되도록 상기 초전도 자석 및 상기 이동형 부재를 지지하는 단일 지지부를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
H05B 6/365 (2013.01)
H05B 6/44 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415137069
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
연구사업명 에너지자원융합핵심기술개발(에특)
연구과제명 시스템 효율 90% 이상을 가지는 초에너지 절약형 300 kW급 고온초전도응용 유도가열로 개발
기 여 율 1/1
주관기관 (주)텍스틸
연구기간 2014.12.01 ~ 2017.09.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

가열 대상 부재를 중심으로 기설정된 거리만큼 서로 대칭되게 위치하고, 인가되는 직류 전류에 따라 자기장을 발생시키는 초전도 자석;

상기 초전도 자석의 내부를 관통하면서 상기 가열 대상 부재와 서로 마주보는 방향으로 이동하여 상기 발생된 자기장을 상기 가열 대상 부재에 유도시키는 이동형 부재;

상기 가열 대상 부재와 회전축을 통해 연결되어 상기 가열 대상 부재를 회전시키는 회전부; 및

상기 이동형 부재와 각각 연결된 단일 구조 형상을 가지는 지지구조를 통해 상기 발생된 자기장의 누설이 최소가 되도록 상기 초전도 자석 및 상기 이동형 부재를 지지하는 단일 지지부

를 포함하는 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 이동형 부재는

상기 가열 대상 부재와 서로 마주보는 방향으로 이동하여 상기 가열 대상 부재의 중심 자기장이 최대가 되는 상기 가열 대상 부재와의 간격으로 조절되는 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 이동형 부재는

기설정된 운전 전류의 범위 중에서 어느 하나의 운전 전류값인 경우, 상기 가열 대상 부재의 중심 자기장이 최대가 되는 상기 가열 대상 부재와의 간격으로 조절되는 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 초전도 자석은

원형 형상 또는 레이스 트랙 형상인 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 단일 지지부는

초전도 자석의 한쪽 극에서 발생된 모든 자기장이 상기 단일 지지부를 통해 초전도 자석의 다른쪽 극으로 들어가도록 단일 자기장 통로를 형성하는 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 단일 지지부는 단일 지지판이 높이 차를 갖도록 형성된 단일 지지판 구조로 이루어지고,

상기 단일 지지판 중에서 최상위층의 지지판이 제1 및 제2 이동형 부재로 이루어진 이동형 부재와 각각 연결되는 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 단일 지지판은

높이 차가 형성된 단일 지지판 구조에서 최상위층에서 하위층으로 내려갈수록 지지판의 크기가 순차적으로 증가하는 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 가열 대상 부재가 회전축을 통해 회전되도록 상기 회전축을 파지하는 파지하는 파지부

를 더 포함하는 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 이동형 부재는 상기 초전도 자석에 의해 자화되어 자성을 지니는 재질로 이루어지고,

상기 단일 지지부는 상기 이동형 부재와 동일한 재질이거나, 상기 이동형 부재가 갖는 기설정된 자성 범위를 만족하는 재질로 이루어지는 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 이동형 부재와 각각 연결된 단일 구조 형상을 가지는 지지구조를 통해 자기장의 누설이 최소가 되도록 초전도 직류 유도가열로를 지지하는, 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[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, NMR, 입자가속기, 자기분리장치 등에 사용되어 효율과 성능을 향상시킨다. 또한, 전력 케이블과 초전도 변압기, 초전도 모터 등과 같이 산업 전반에 걸쳐 그 응용기술이 지속적으로 연구되고 있다. 응용분야 중의 하나로서 철강 산업분야에 적용되기도 한다. 철강 산업분야에서는 대용량 유도가열장치에 대한 연구 개발이 활발하다.

[0004] 유도가열장치를 위한 가열방식은 AC 유도가열과 DC 유도가열로 구분할 수 있다.

[0005] AC 유도가열은 시변 자기장을 생성하기 위해 구리 자석에 AC 전류를 인가하는 방식이다. 하지만, AC 유도가열은 구리 자석을 사용하기 때문에 그 구리 자석의 저항에 의한 발열로 시스템 전체 에너지 효율이 50 ~ 60% 정도밖에 되지 않는다. 따라서 구리 자석 대신 초전도 자석을 사용하기도 한다. 이는 에너지 변환 효율을 향상시키기 위함이다.

[0006] 그렇지만, 통산 초전도 자석의 재료가 되는 초전도 선재는 교류전류의 통전 하에서 자화손실이 발생하는 단점이 있다. 이는 극저온 운전환경에서 초전도 상태를 유지하기 위한 냉각이 반드시 필요함을 의미한다. 그렇기 때문에 냉각장치의 설비 비용과 함께 운전비용이 증대되는 문제점이 있다.

[0007] 반면, DC 유도가열은 초전도 자석에 DC 전류를 인가하여 균일한 자기장을 발생시키고 상기 자기장 내에서 제품을 모터로 강제회전시켜 가열하는 방식이다. 이러한 DC 유도가열은 DC 전류를 사용하여 초전도 자석의 열 손실을 발생시키지 않으면서도 유도가열장치의 전체 시스템 효율을 90% 이상 향상시킬 수 있다는 이점을 가진다. 또한, 초전도 자석에서 발생하는 자기장의 제곱에 비례하여 에너지가 전달되기 때문에 가열 대상 제품에 대한 가열 시간을 단축할 수 있어 생산성이 더욱 향상되는 이점이 있다.

[0008] 이에 유도가열장치는 DC 유도 가열방식이 많이 적용되고 있으며, 아울러 DC 유도 가열방식을 위한 초전도 자석으로서 레이스트랙 타입의 초전도 자석이 많이 사용되고 있다.

[0009] 도 1은 레이스 트랙 타입의 초전도 코일을 설명하기 위한 설명도이다.

[0010] 도 1을 보면, 중앙에 가열 대상 제품(1)이 위치하고, 그 가열 대상 제품(1)의 측면에 레이스 트랙 타입 형상의 초전도 자석(10)이 위치하고 있다. 초전도 자석(10)은 가열 대상 제품(1)의 측면에 서로 대칭되도록 한 쌍으로 제공된다.

[0011] 이와 같은 가열 대상 제품(1) 및 초전도 자석(10)은 극저온 용기에 수납된 상태에서 가열 대상 제품(1)을 회전시키고 초전도 자석(10)에 DC 전류를 공급함으로써 자기장을 획득하게 된다.

[0012] 하지만, 주지된 바와 같이 초전도 자석(10)의 재료로 사용되는 초전도 선재는 그 가격이 매우 비싸다. 따라서 이를 이용하여 유도가열장치를 제조할 경우 초전도 선재의 구입 비용만큼 유도가열장치의 제조 비용이 증가할 수밖에 없다. 그렇기 때문에, 동일한 조건에서 초전도 선재를 더 적게 사용하더라도 원하는 용량의 유도가열장치를 제조하는 방안이 모색되고 있다. 이에 상기의 레이스 트랙 타입의 초전도 자석(10)의 형상이 작은 크기에서도 많은 자기장을 발생시키도록 형상을 특정하는 방안이 모색된 바 있다.

[0013] 그러나 레이스 트랙 타입의 초전도 자석(10)보다 동일한 사이즈로 제조되더라도 더 많은 자기장을 발생시킬 수 있다면 초전도 선재의 구입 비용과 함께 유도 가열 장치의 제조 비용도 절감할 수 있을 것이다. 즉, 가격이 비싼 초전도 선재를 더 적게 사용하면서도 원하는 용량을 제공할 수 있는 유도가열장치가 절실히 필요한 상황이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1468312호(2014.11.26. 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명의 실시 예들은 단일 지지구조형 적용하여 가격이 비싼 초전도 선재를 더 적게 사용하여 원하는 용량의 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치를 제공하고자 한다.

[0016] 구체적으로 살펴보면, 본 발명의 실시 예들은 가열 대상 부재를 중심으로 기설정된 거리만큼 서로 대칭되게 위치한 초전도 자석과 초전도 자석의 내부를 관통하면서 이동하는 이동형 부재를 이동형 부재와 각각 연결된 단일 구조 형상을 가지는 지지구조를 통해 지지함으로써, 자기장의 누설이 최소가 되도록 초전도 직류 유도가열로를 지지할 수 있는, 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0017] 본 발명의 제1 측면에 따르면, 가열 대상 부재를 중심으로 기설정된 거리만큼 서로 대칭되게 위치하고, 인가되는 직류 전류에 따라 자기장을 발생시키는 초전도 자석; 상기 초전도 자석의 내부를 관통하면서 상기 가열 대상 부재와 서로 마주보는 방향으로 이동하여 상기 발생된 자기장을 상기 가열 대상 부재에 유도시키는 이동형 부재; 상기 가열 대상 부재와 회전축을 통해 연결되어 상기 가열 대상 부재를 회전시키는 회전부; 및 상기 이동형 부재와 각각 연결된 단일 구조 형상을 가지는 지지구조를 통해 상기 발생된 자기장의 누설이 최소가 되도록 상기 초전도 자석 및 상기 이동형 부재를 지지하는 단일 지지부를 포함하는 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치가 제공될 수 있다.

[0018] 상기 이동형 부재는 상기 가열 대상 부재와 서로 마주보는 방향으로 이동하여 상기 가열 대상 부재의 중심 자기장이 최대가 되는 상기 가열 대상 부재와의 간격으로 조절될 수 있다.

[0019] 상기 이동형 부재는 기설정된 운전 전류의 범위 중에서 어느 하나의 운전 전류값인 경우, 상기 가열 대상 부재의 중심 자기장이 최대가 되는 상기 가열 대상 부재와의 간격으로 조절될 수 있다.

[0020] 상기 초전도 자석은 원형 형상 또는 레이스 트랙 형상일 수 있다.

[0021] 상기 단일 지지부는 초전도 자석의 한쪽 극에서 발생된 모든 자기장이 상기 단일 지지부를 통해 초전도 자석의 다른쪽 극으로 들어가도록 단일 자기장 통로를 형성할 수 있다.

[0022] 상기 단일 지지부는 단일 지지판이 높이 차를 갖도록 형성된 단일 지지판 구조로 이루어지고, 상기 단일 지지판 중에서 최상위층의 지지판이 제1 및 제2 이동형 부재로 이루어진 이동형 부재와 각각 연결될 수 있다.

[0023] 상기 단일 지지판은 높이 차가 형성된 단일 지지판 구조에서 최상위층에서 하위층으로 내려갈수록 지지판의 크기가 순차적으로 증가할 수 있다.

[0024] 상기 장치는, 상기 가열 대상 부재가 회전축을 통해 회전되도록 상기 회전축을 파지하는 파지하는 파지부를 더 포함할 수 있다.

[0025] 상기 이동형 부재는 상기 초전도 자석에 의해 자화되어 자성을 지니는 재질로 이루어지고, 상기 단일 지지부는 상기 이동형 부재와 동일한 재질이거나, 상기 이동형 부재가 갖는 기설정된 자성 범위를 만족하는 재질로 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 실시 예들은 단일 지지구조형 적용하여 가격이 비싼 초전도 선재를 더 적게 사용하여 원하는 용량의 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치를 제공할 수 있다.

[0027] 구체적으로 살펴보면, 본 발명의 실시 예들은 가열 대상 부재를 중심으로 기설정된 거리만큼 서로 대칭되게 위치한 초전도 자석과 초전도 자석의 내부를 관통하면서 이동하는 이동형 부재를 이동형 부재와 각각 연결된 단일 구조 형상을 가지는 지지구조를 통해 지지함으로써, 자기장의 누설이 최소가 되도록 초전도 직류 유도가열로를 지지할 수 있다.

[0028] 이에 따라, 본 발명의 실시 예들은 초전도 직류 유도가열 장치에 단일구조형 지지구조를 적용하여 단일구조형 지지구조를 적용하지 않은 초전도 직류 유도가열 장치가 목표하는 자기장보다 약 20% 이상의 자기장을 향상시킬 수 있다.

[0029] 또한, 본 발명의 실시 예들은 단일구조형 지지구조를 초전도 직류 유도가열로는 모든 형상의 자석에 대하여 적용가능하고 외부로 누설되는 자기장을 차단할 수 있다.

[0030] 따라서 본 발명의 실시 예들은 실제 목표자장을 발생시키기 위한 초전도 선재 사용량을 감소시킬 수 있으며, 이로 인해 20% 이상의 원가를 절감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 레이스 트랙 타입의 초전도 코일을 설명하기 위한 설명도이다.

도 2 및 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치의 구성도이다.

도 4는 단일 구조형상을 적용하지 않고 설계된 초전도 직류 유도가열 장치에서의 자기장 분포특성에 대한 결과도이다.

도 5는 단일 구조형상을 적용하지 않고 설계된 초전도 직류 유도가열 장치에서의 운전전류에 따른 금속빌렛 중심의 자기장 특성 커브에 대한 결과도이다.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치에서의 자기장 분포특성에 대한 결과도이다.

도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치에서의 운전전류에 따른 금속빌렛 중심의 자기장 특성 커브에 대한 결과도이다.

도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치에서의 자기장 분포 및 자로형성 특성에 대한 결과도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 본 발명에 따른 동작 및 작용을 이해하는 데 필

요한 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 2 및 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치의 구성도이다.

[0035] 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치(100)는 초전도 자석(110), 이동형 부재(120), 회전부(130), 파지부(140) 및 단일 지지부(150)를 포함한다.

[0036] 본 발명의 실시 예는 단일 구조형 지지구조를 초전도 직류 유도가열 장치(100)에 적용하여 이동형 부재(120)와 각각 연결된 단일 구조 형상을 가지는 지지구조를 통해 지지함으로써, 자기장의 누설이 최소가 되도록 초전도 직류 유도가열로를 지지할 수 있도록 하는데 기술적 특징이 있다.

[0037] 그리고 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 직류 유도가열 장치(100)는 직류(DC) 유도가열 장치를 말하고 있다. 초전도 직류 유도가열 장치(100)는 균일한 자장 내에서 가열 대상 부재를 회전시켜 원하는 온도까지 가열하는 장치를 말한다. 상기 균일한 자장은 초전도 자석에 DC 전류가 공급되면 얻을 수 있고, 초전도 자석에서 발생하는 자기장이 클수록 더 큰 에너지 전달이 가능해진다. 물론 자기장은 초전도 자석에 흐르는 전류, 턴 수, 코일의 개수에 비례하여 증가하고 가열 대상 부재와의 거리에 반비례하여 감소한다. 따라서 초전도 자석과 가열 대상 부재와의 거리가 가까울수록 더 큰 자기장을 얻을 수 있고 전달 가능한 에너지가 크게 되는 것이다.

[0038] 이에 따라, 본 발명의 실시 예는 가열 대상 부재가 항상 가장 높은 자장 값을 유지하면서도 자기장의 누설이 최소가 되도록 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치(100)를 제공하고자 한다.

[0039] 이하, 도 2의 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치(100)의 각 구성요소들의 구체적인 구성 및 동작을 설명한다.

[0040] 초전도 자석(110)은 가열 대상 부재를 중심으로 기설정된 거리만큼 서로 대칭되게 위치한다. 초전도 자석(110)은 인가되는 직류 전류에 따라 자기장을 발생시킨다. 여기서, 본 발명의 실시 예에서는 초전도 자석(110)의 형상이 레이스 트랙 형상에 한정되지 않고, 원형 형상 등 다른 형상의 초전도 자석이 적용될 수 있다. 즉, 초전도 자석(110)은 원형 형상 또는 레이스 트랙 형상일 수 있으며, 특정 형상으로 한정되지 않는다.

[0041] 이동형 부재(120)는 초전도 자석(110)의 내부를 관통하면서 가열 대상 부재와 서로 마주보는 방향으로 이동한다. 이에 따라, 이동형 부재(120)는 발생된 자기장을 가열 대상 부재에 유도시킨다. 일례로, 이동형 부재(120)는 금속 빌렛으로 이루어질 수 있다.

[0042] 여기서, 이동형 부재(120)는 가열 대상 부재와 서로 마주보는 방향으로 이동하여 가열 대상 부재의 중심 자기장이 최대가 되는 가열 대상 부재와의 간격으로 조절될 수 있다.

[0043] 회전부(130)는 가열 대상 부재와 회전축을 통해 연결되어 가열 대상 부재를 회전시킨다.

[0044] 파지부(140)는 가열 대상 부재가 회전축을 통해 회전되도록 회전축을 파지한다.

[0045] 단일 지지부(150)는 이동형 부재(120)와 각각 연결된 단일 구조 형상을 가지는 지지구조를 통해 초전도 자석(110)에서 발생된 자기장의 누설이 최소가 되도록 이동형 부재(120)를 지지한다.

[0046] 여기서, 단일 지지부(150)는 초전도 자석(110)의 한쪽 극에서 발생된 모든 자기장이 이동형 부재(120) 및 단일 지지부(150)를 통해 초전도 자석(110)의 다른쪽 극으로 들어가도록 단일 자기장 통로를 형성한다.

[0047] 단일 지지부(150)는 초전도 자석(110)의 한쪽 극에서 발생된 모든 자기장 즉, 자속을 외부로 누설 없이 통과시킬 수 있는 기설정된 두께와 크기를 가지고 있다.

[0048] 이와 관련하여, 일반적인 직류 유도 가열로는 자화되지 않는 재질로 이루어져 있는 반면, 본 발명의 실시 예에 따른 단일 지지부(150)는 자화되는 즉, 자성을 지니는 재질로 이루어진다.

[0049] 단일 지지부(150)는 초전도 자석(110)에 의해 자화되어 자성을 지니는 이동형 부재(120)와 동일 재질이거나, 기

설정된 자성 범위를 만족하는 유사 재질로 이루어질 수 있다. 또한, 단일 지지부(150)는 다수의 부재가 결합된 형태가 아닌 하나의 부재로 이루어진 단일 구조를 가질 수 있다. 그러면, 단일 지지부(150)는 자속을 외부로 누설 없이 통과시킬 수 있다. 즉, 이동형 부재(120)는 초전도 자석(110)에 의해 자화되어 자성을 지니는 재질로 이루어지고, 단일 지지부(150)는 이동형 부재(120)와 동일한 재질이거나, 이동형 부재(120)가 갖는 기설정된 자성 범위를 만족하는 재질로 이루어질 수 있다.

[0050] 한편, 단일 지지부(150)는 이동형 부재(120)와 연결되고, 이동형 부재(120)와의 공극을 최소화하는 구조를 가진다. 반면, 두께가 작거나 공극이 조금만 존재하더라도 자속이 누설되어 사용자나 다른 물질의 자기장에 영향을 줄 수 있다. 여기서, 단일 지지부(150)는 초전도 자석(110), 이동형 부재(120), 회전부(130) 등을 지지하되, 이동형 부재(120)와의 연결 부위에 틈이 없이 공극을 최소화하는 단일 구조를 가진다.

[0051] 이러한 단일 지지부(150)의 지지 구조의 크기와 공극의 특성을 확인할 수 있도록 해석이 수행되고, 그 타당성을 검증한 결과(자기장 분포특성, 자기장 특성 커브, 자기장 분포 및 자로형성 특성)를 통해 단일 지지부(150)의 형상과 두께 및 크기가 설계되어 있다. 이러한 검증 결과는 도 6 내지 도 8에 나타나 있다.

[0052] 이와 관련하여, 최근 문제가 되고 있는 자기장에 대한 인체의 영향 등을 정확히 규정할 수 없다. 하지만, 자석을 사용하는 모든 장비에는 자기장이 발생한다. 이를 차폐하기 위한 철 차폐층이 존재해야 하는데, 본 발명의 실시 예에 따른 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치(100)는 추가적인 철 차폐층을 구비하지 않고도, 단일 구조형 지지구조로 이루어져 자기장 차폐의 기능도 동시에 수행할 수 있다. 이는 자기장 해석 모델을 통해 확인될 수 있다.

[0053] 이에 대한 자기장 차폐 안전에 대한 기능에 추가하여, 본 발명의 실시 예에 따른 단일 지지구조형 초전도 직류 유도가열 장치(100)는 목적하고자 하는 이동형 부재(120)의 자기장을 향상시킬 수 있다.

[0054] 한편, 도 3에 도시된 바와 같이, 초전도 자석(110)은 제1 및 제2 초전도 자석(111 및 112)으로 이루어진다.

[0055] 초전도 직류 유도가열 장치(100)의 초전도 자석(110)은 한 쌍의 초전도 자석을 포함한다. 일례로, 초전도 자석(110)은 레이스 트랙 타입 형상이다. 물론, 초전도 자석(110)의 타입은 앞서 설명한 바와 같이 레이스 트랙 형상 이외에도 원형 등으로 형성된 초전도 자석이 적용될 수 있다. 이하에서는 한 쌍의 초전도 자석(110)을 제1 초전도 자석(111)과 제2 초전도 자석(112)으로 설명한다.

[0056] 제1 초전도 자석(111)과 제2 초전도 자석(112)은 일정 간격 떨어진 채로 위치한다. 제1 및 제2 초전도 자석(111 및 112)은 가열 대상 부재를 중심으로 기설정된 거리만큼 서로 대칭되게 위치한다.

[0057] 제1 초전도 자석(111)과 제2 초전도 자석(112) 사이에는 가열 대상 부재가 위치한다. 가열 대상 부재는 비 자성체로서 알루미늄, 구리 등의 금속으로 이루어질 수 있다. 실시 예에 따르면 가열 대상 부재는 원통형으로 형성되며, 금속 빌렛이라 칭하여 설명할 수도 있다.

[0058] 한편, 이동형 부재(120)는 제1 및 제2 이동형 부재(121 및 122)로 이루어진다. 제1 및 제2 이동형 부재(121 및 122)는 제1 및 제2 초전도 자석(111 및 112)의 내부를 각각 관통하면서 가열 대상 부재와 서로 마주보는 방향으로 이동한다. 여기서, 제1 및 제2 이동형 부재(121 및 122)는 가열 대상 부재와 서로 마주보는 방향으로 이동한다.

[0059] 즉, 가열 대상 부재를 중심으로 서로 대칭되게 이동형 부재(120)가 제공된다. 이동형 부재(120) 역시 한 쌍으로 마련되며, 제1 초전도 자석(111) 측에 제1 이동형 부재(121), 제2 초전도 자석(112) 측에 제2 이동형 부재(122)가 위치하는 것으로 설명한다. 제1 이동형 부재(121) 및 제2 이동형 부재(122)는 서로 동일한 형상 및 사이즈로 형성되며, 실시 예에서는 육면체로 구성됨을 예시하고 있다. 그리고 제1 이동형 부재(121)와 제2 이동형 부재(122)는 가열 대상 부재를 중앙에 두고 서로 대칭되게 위치한다. 또한, 제1 이동형 부재(121)와 제2 이동형 부재(122)의 일부는 제1 초전도 자석(111) 및 제2 초전도 자석(112)의 절개부를 관통하여 위치된다.

[0060] 또한, 제1 이동형 부재(121)와 제2 이동형 부재(122)는 가열 대상 부재와 접촉된 상태로 도시되고 있지만, 제1 이동형 부재(121)와 제2 이동형 부재(122)는 일 방향으로 이동 가능하게 설치되기 때문에 가열 대상 부재와는 이격 거리가 조정된다. 바람직하게는 이격 거리는 가열 대상 부재의 외형 사이즈에 따라 그 가열 대상 부재가 항상 가장 높은 자장 값을 유지할 수 있는 거리가 된다.

[0061] 한편, 단일 지지부(150)는 제1 및 제2 이동형 부재(121 및 122)와 각각 연결된 단일 구조 형상을 가지는 지지구조로 이루어진다.

[0062] 단일 지지부(150)는 제1 초전도 자석(111)의 한쪽 극(예컨대, N극)에서 발생된 모든 자기장이 단일 지지부(150)를 통해 제2 초전도 자석(112)의 다른쪽 극(예컨대, S극)으로 들어가도록 단일 자기장 통로를 형성한다. 반대로, 단일 지지부(150)는 제2 초전도 자석(112)의 한쪽 극에서 발생된 모든 자기장이 단일 지지부(150)를 통해 제1 초전도 자석(111)의 다른쪽 극으로 들어가도록 단일 자기장 통로를 형성할 수 있다. 여기서, 단일 지지부(150)는 제1 및 제2 초전도 자석(111 및 112)의 위치로 한정되지 않으며, 초전도 자석의 극성에 따라 달라지게 된다.

[0063] 본 발명의 실시 예에 따른 단일 지지부(150)는 기설정된 면적 이상의 단일 지지판이 복수의 층으로 높이 차가 형성된 단일 지지판 구조로 이루어질 수 있다. 여기서, 본 발명의 실시 예에 따른 단일 지지부(150)는 내부가 비어 있는 단일 지지판 구조로 이루어질 수 있다.

[0064] 도 3에 도시된 일례를 살펴보면, 단일 지지부는 2개의 지지판으로 이루어져 있으나, 특정 형상의 지지구조 또는 특정 개수의 지지구조들로 한정되지 않는다.

[0065] 여기서, 복수의 층으로 높이 차가 형성된 단일 지지판 중에서 최상위층의 지지판 부분이 제1 및 제2 이동형 부재(121 및 122)로 이루어진 이동형 부재(120)와 각각 연결될 수 있다. 단일 구조의 지지판은 높이 차가 형성된 단일 지지판 구조에서 최상위층에서 하위층으로 내려갈수록 단일 지지판의 크기가 순차적으로 증가할 수 있다. 또한, 단일 지지판은 제1 및 제2 이동형 부재(121 및 122)가 연결된 지지판의 영역보다 제1 및 제2 이동형 부재(121 및 122)와 연결되지 않은 지지판의 영역이 기설정된 면적 이상을 가질 수 있다.

[0066] 한편, 본 발명의 실시 예는 초전도 직류 유도가열 장치에 적용되는 모든 초전도 자석에 관한 것이다.

[0067] 이하, 본 발명의 실시 예에 대한 효과를 증명하기 위해, 단일 구조형상의 지지구조를 설계하고, 단일 구조형상의 지지구조를 적용하지 않은 초전도 직류 유도가열 장치와 단일 구조형상의 지지구조를 적용한 초전도 직류 유도가열 장치(100)에 대해서 각각의 FEM(Finite Element Method) 해석으로 도 4 내지 도 8과 같이 증명하였다.

[0068] 도 4는 단일 구조형상을 적용하지 않고 설계된 초전도 직류 유도가열 장치에서의 자기장 분포특성에 대한 결과도이다.

[0069] 초전도 직류유도 가열 장치의 가열 특성은 가열 대상 부재인 중심의 자기장 세기의 제곱에 비례한다.

[0070] 일례로, 가열 대상 부재가 알루미늄 빌렛(Aluminum billet)이고 이동형 부재(120)가 철심(Iron core)인 경우, 가열 대상 부재 중심의 목표자장이 1T를 달성하기 위해, 단일 구조형상을 적용하지 않고 설계한 초전도 직류 유도가열 장치의 자기장 분포가 도 4에 나타나 있다.

[0071] 여기서, 운전 전류(Iop)가 440A인 경우, 자속 밀도 방향은 흰색 화살표로 표시되고, 전류 방향은 흑색 화살표로 표시되어 있다.

[0072] 자기장 분포 특성을 살펴보면, 철 요크(iron yoke)에서의 자속 밀도(Magnetic flux density)는 2.5T로 나타나 있다. 또한, 알루미늄 빌렛의 중심에서의 자속 밀도는 1.1 (T)로 나타났다.

[0073] 도 5는 단일 구조형상을 적용하지 않고 설계된 초전도 직류 유도가열 장치에서의 운전전류에 따른 금속빌렛 중심의 자기장 특성 커브에 대한 결과도이다.

[0074] 단일 구조형상을 적용하지 않고 설계된 초전도 직류 유도가열 장치에서 운전 전류(Iop)가 각각 100A 내지 600A인 경우, x, y, z 좌표의 컴포넌트(Coordinate x, y, z components)에 따른 자속 밀도(Magnetic flux density)가 도 5에 도시되어 있다.

[0075] 일례로, 도 5에 도시된 바와 같이, 운전 전류(Iop)가 440A인 경우, 금속 빌렛 중심의 최대 중심자장은 1.1 (T)로 나타났다.

[0076] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치에서의 자기장 분포특성에 대한 결과도이다.

[0077] 운전 전류(Iop)가 440A인 경우, 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치(100)에서의 자기장 분포특성이 도 6에 도시되어 있다.

[0078] 도 6에 도시된 바와 같이, 초전도 직류 유도가열 장치(100)의 영역별 자속 밀도가 색상으로 구분하여 표시되어 있다. 자속 밀도가 낮을수록 청색으로 표현되고, 자속 밀도가 높은수록 적색으로 표현된다.

[0079] 자속 밀도 방향은 흰색 화살표로 표시되고, 전류 방향은 흑색 화살표로 표시되어 있다. 이러한 자속 밀도 방향은 제1 이동형 부재(121)에서 가열 대상 부재를 거쳐 제2 이동형 부재(122)로 이동하고 있다. 그리고 제2 이동형 부재(122)로부터 단일 지지부(150)를 통과하여 제1 이동형 부재(121)로 이동하고 있다.

[0080] 즉, 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 직류 유도가열 장치(100)에서는 제1 초전도 자석(111)의 한쪽 극에서 발생된 모든 자기장이 가열 대상 부재(101)를 통과하고, 제2 이동형 부재(122)와 단일 지지부(150)를 통해 제1 이동형 부재(121)와 제2 초전도 자석(112)의 다른쪽 극으로 들어가는 단일 자기장 통로가 형성되어 있다.

[0081] 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치에서의 운전전류에 따른 금속빌렛 중심의 자기장 특성 커브에 대한 결과도이다.

[0082] 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치(100)에서 운전 전류(Iop)가 각각 100A 내지 600A인 경우, x, y, z 좌표의 컴포넌트(Coordinate x, y, z components)에 따른 자속 밀도(Magnetic flux densiy)가 도 7에 도시되어 있다.

[0083] 일례로, 도 7에 도시된 바와 같이, 운전 전류(Iop)가 440A인 경우, 금속 빌렛 중심의 최대 중심자장은 1.32 (T)로 나타났다. 이와 같이, 기설정된 운전 전류의 범위(100A 내지 600A) 중에서 어느 하나의 운전 전류값(440A)인 경우, 제1 및 제2 이동형 부재(121 및 122)는 가열 대상 부재(101)의 중심 자기장이 최대가 되는 가열 대상 부재(101)와의 간격으로 조절된다.

[0084] 도 5와 도 7을 비교하면, 금속 빌렛 중심에서 최대 중심 자장은 1.32 (T) 로 도 5에서의 중심 자장인 1.1 (T)보다 0.21 (T) 증가한 자기장 값이 도출된 것을 확인할 수 있다.

[0085] 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치에서의 자기장 분포 및 자로형성 특성에 대한 결과도이다.

[0086] 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치(100)에서는 외부로 누설되는 자기장의 값을 최소화하고 단일구조형상을 가지는 지지구조를 적용하여 자기장의 통로를 형성한다.

[0087] 구체적으로 살펴보면, 초전도 직류 유도가열 장치(100)는 N극(예컨대, 제1 초전도 자석의 한쪽극)에서 나온 모든 자기장이 형성된 자속 통로를 통하여 S극(예컨대, 제2 초전도 자석의 나머지 한쪽 극)으로 들어가도록, 이동형 부재(120)와 각각 연결된 단일 구조 형상을 가지는 지지구조로 이루어진 단일 지지부(150)를 포함한다.

[0088] 도 4 내지 도 8에 도시된 바와 같이, 동일한 크기와 초전도 선재의 사용량으로 초전도 자석이 설계되었고, 초전도 자석의 임계전류의 80%인 전류가 여자전류로 이용되었다.

[0089] 단일 구조형상이 적용되지 않은 초전도 직류 유도가열 장치에서는 가열하고자 하는 금속 빌렛의 중심자장이 1.1 (T)로 나왔다.

[0090] 반면, 본 발명의 실시 예에 따른 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치(100)에서는 금속 빌렛의 중심자장이 1.32 (T)로 나왔다.

[0091] 이에 따라, 본 발명의 실시 예에 따른 단일 구조형 지지구조를 갖는 초전도 직류 유도가열 장치(100)는 동일한 선재의 길이와 외형사이즈로 가열하고자 하는 가열 대상 부재(예컨대, 알루미늄 빌렛)에 20% 이상의 자기장을 상승시킬 수 있다. 이는 가열전력을 40% 이상 향상시킬 수 있는 결과를 가져온다.

[0092] 반대로 단일 구조형 지지구조를 적용하지 않고 설계된 값에서 초전도 선재가 적게 사용될 수 있다. 즉, 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 직류 유도가열 장치(100)에서는 목표자장을 1.1 (T)로 낮추면서 초전도 선재의 사용량을 최소화할 수 있다. 또한, 이러한 초전도 직류 유도가열 장치(100)는 운전전류의 마진율을 확보할 수 있어 시스템의 안정성을 확보할 수 있다.

[0093] 또한, 최근 전자기파에 의한 인체의 영향을 무시할 수 없으므로, 작업자안전을 위하여 자기장 차폐를 반드시 적용하여야 한다. 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 직류 유도가열 장치(100)에서는 단일 지지부(150)를 통해 성능을 향상시키면서 자기장 차폐역활도 동시에 수행하여 작업자의 안전도 별도의 설비 추가 없이 달성할 수 있다. 이는 또한 장치 제작의 원가절감에도 기인할 수 있는 장점이 있다.

[0094] 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 개

시된 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

[0095] 100: 초전도 직류 유도가열 장치

110: 초전도 자석

120: 이동형 부재

130: 회전부

140: 파지부

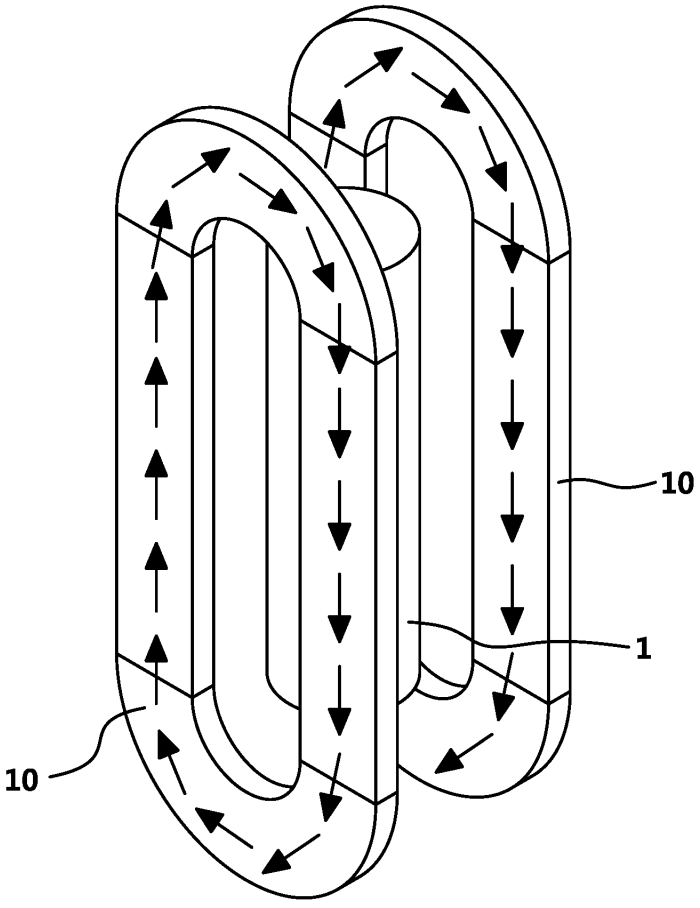
150: 단일 지지부

111 및 112: 제1 및 제2 초전도 자석

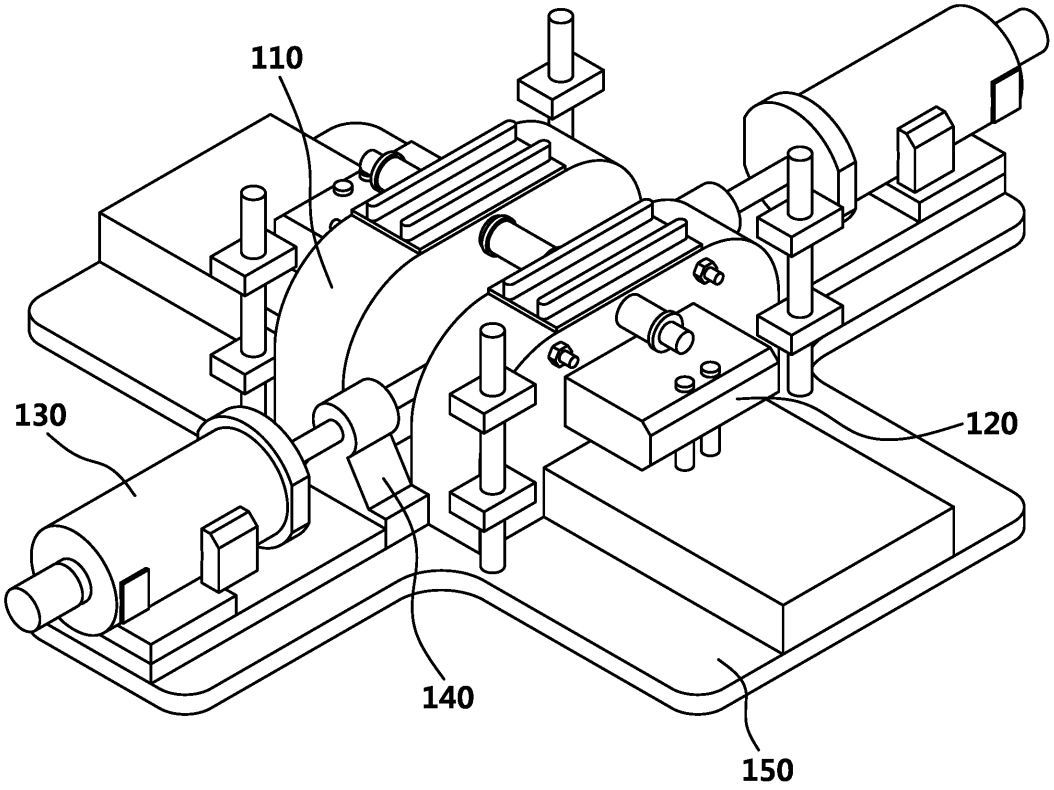
121 및 122: 제1 및 제2 이동형 부재

도면

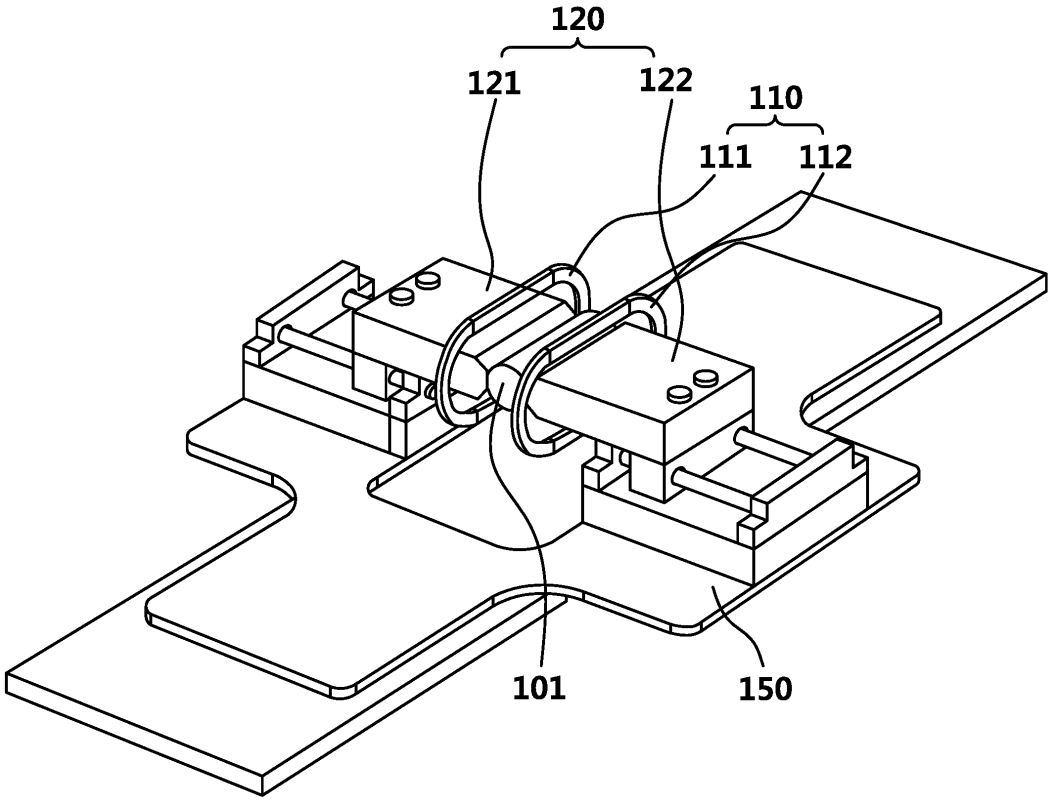
도면1



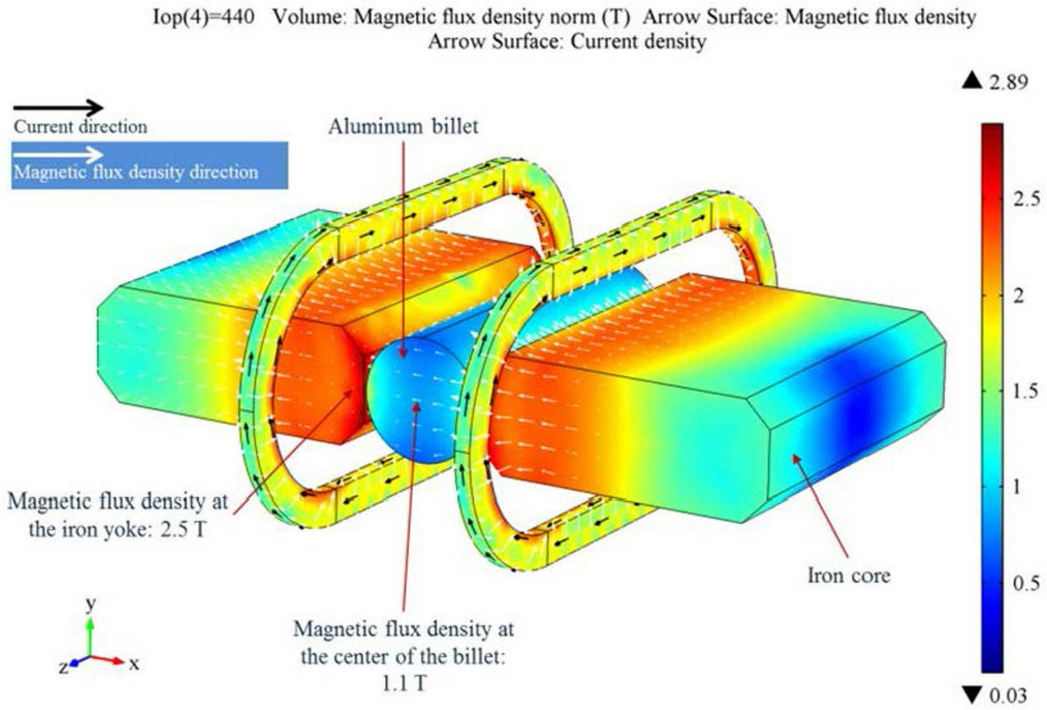
도면2



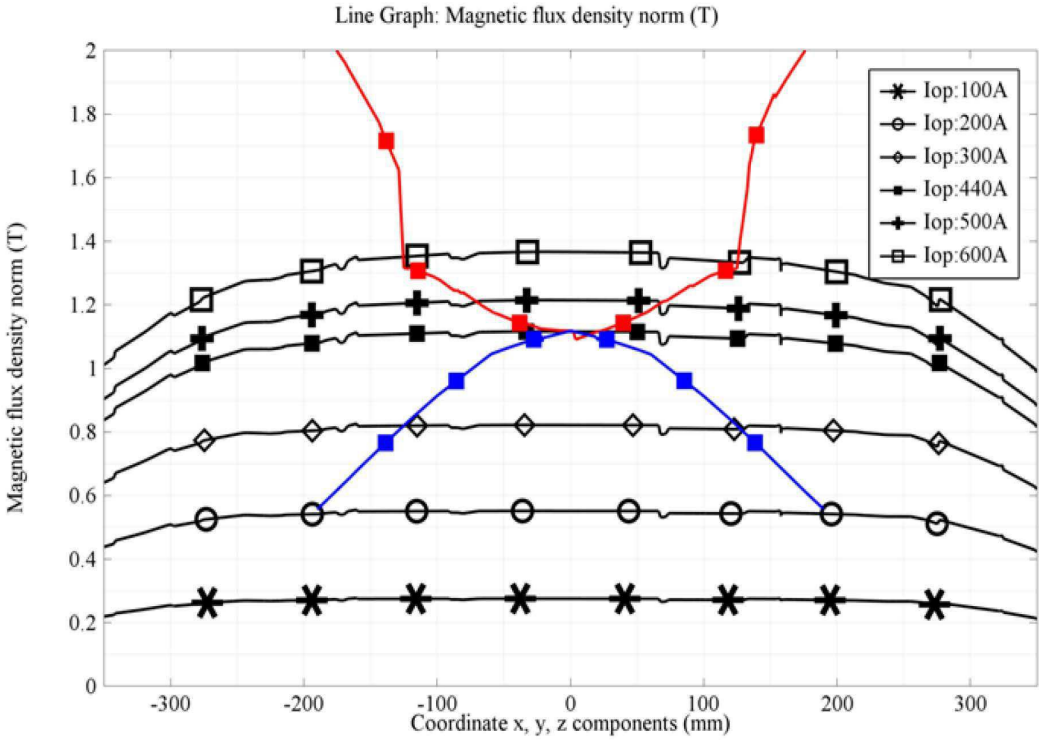
도면3



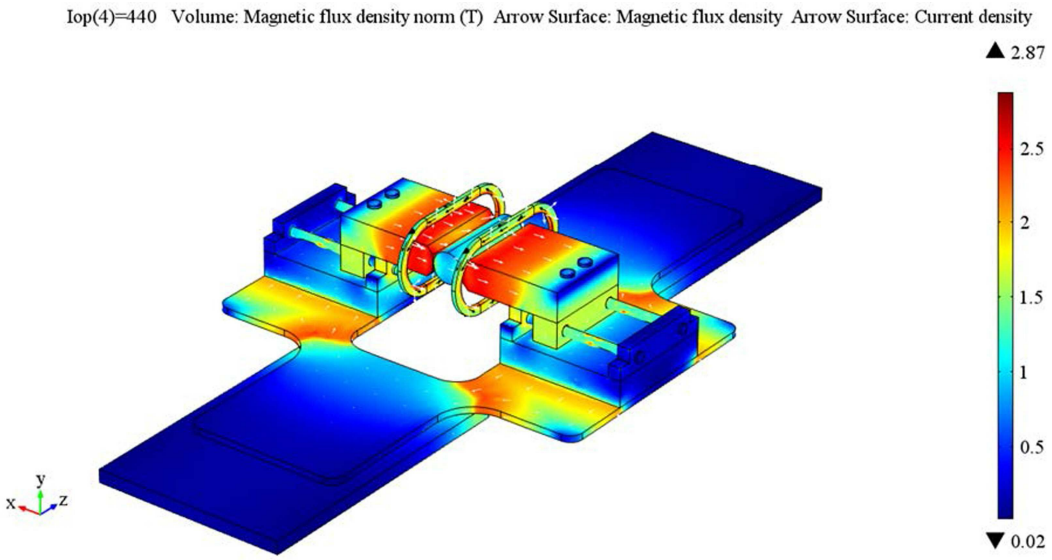
도면4


Iop(4)=440 Volume: Magnetic flux density norm (T) Arrow Surface: Magnetic flux density
Arrow Surface: Current density
Current direction
Magnetic flux density direction
Aluminum billet
Magnetic flux density at the iron yoke: 2.5 T
Iron core
Magnetic flux density at the center of the billet: 1.1 T
y
z
x
▲ 2.89
2.5
2
1.5
1
0.5
▼ 0.03

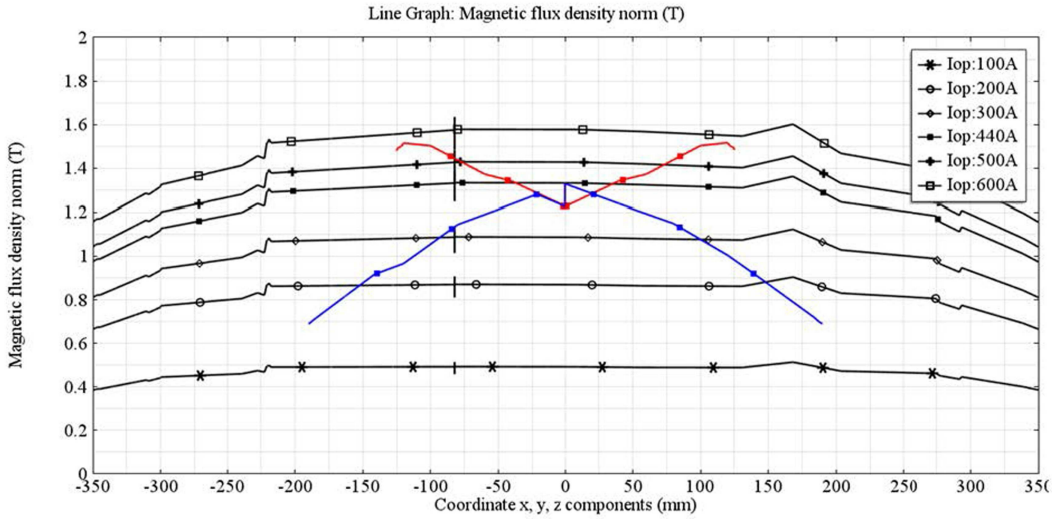
도면5


Line Graph: Magnetic flux density norm (T)
Magnetic flux density norm (T)
Coordinate x, y, z components (mm)
Iop:100A
Iop:200A
Iop:300A
Iop:440A
Iop:500A
Iop:600A
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-300
-200
-100
0
100
200
300

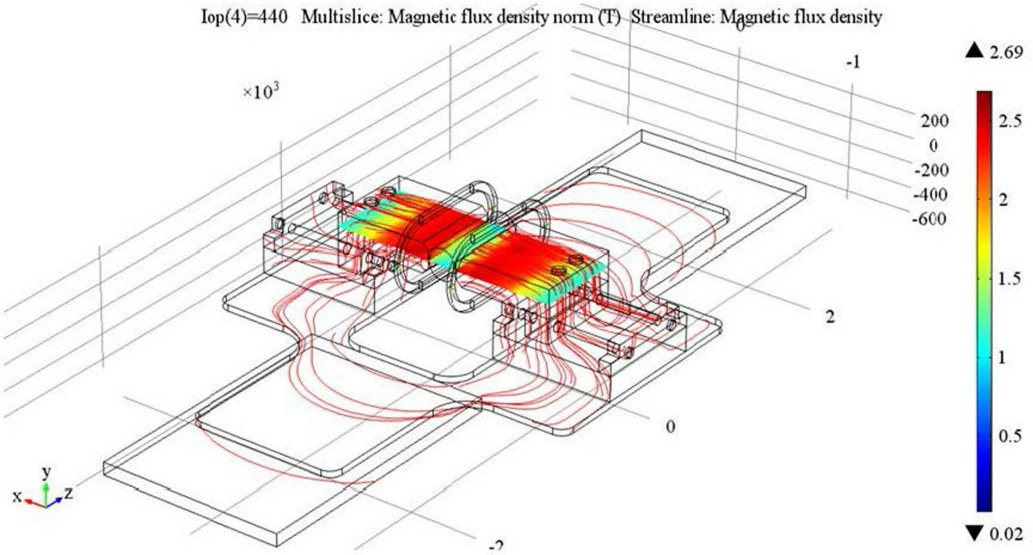
도면6


Iop(4)=440 Volume: Magnetic flux density norm (T) Arrow Surface: Magnetic flux density Arrow Surface: Current density
▲ 2.87
2.5
2
1.5
1
0.5
▼ 0.02
y
x
z

도면7


Line Graph: Magnetic flux density norm (T)
Magnetic flux density norm (T)
Coordinate x, y, z components (mm)
Iop:100A
Iop:200A
Iop:300A
Iop:440A
Iop:500A
Iop:600A
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-350
-300
-250
-200
-150
-100
-50
0
50
100
150
200
250
300

도면8


Iop(4)=440 Multislice: Magnetic flux density norm (T) Streamline: Magnetic flux density
×10^3
200
0
-200
-400
-600
-1
2
0
-2
▲ 2.69
2.5
2
1.5
1
0.5
▼ 0.02
y
x
z