



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월21일  
(11) 등록번호 10-1658727  
(24) 등록일자 2016년09월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01F 6/00 (2006.01) H05B 6/10 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01F 6/00 (2013.01)  
H05B 6/102 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0033923  
(22) 출원일자 2015년03월11일  
심사청구일자 2015년03월11일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR101468312 B1\*  
JP2009218017 A\*  
JP2010020998 A  
KR1020110123796 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌  
기술이전 희망 : 기술양도

(73) 특허권자  
창원대학교 산학협력단  
경상남도 창원시 의창구 창원대로 20(퇴촌동)  
(72) 발명자  
박민원  
경상남도 김해시 덕정로12번길 24 (관동동)  
유인근  
경상남도 창원시 성산구 대암로 95-17 (대방동)  
최중호  
경상남도 김해시 율하3로7번길 39, 202호 (율하동)  
(74) 대리인  
김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 김상철

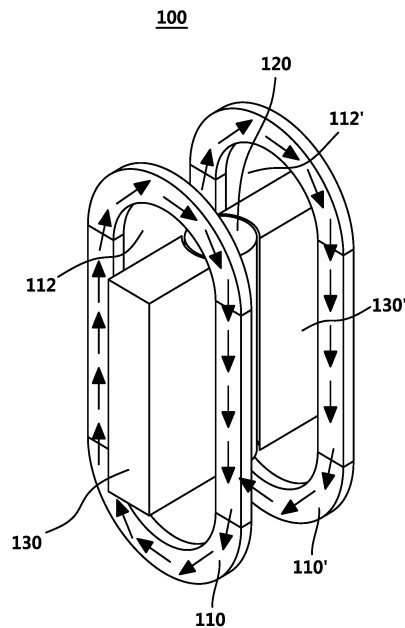
(54) 발명의 명칭 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 장치 및 그의 유도가열장치

(57) 요약

본 발명은 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 장치 및 그의 유도가열장치에 관한 것이다. 초전도 자석 구조는, 한 쌍의 초전도 자석, 상기 초전도 자석 사이에 위치한 가열 대상 제품을 중심으로 서로 대칭되게 위치하면서 일부분이 상기 초전도 자석의 절개부 내를 관통하면서 이동하는 한 쌍의 이동형 철심을 포함하여 구성된다. 그리고

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



상기 한 쌍의 이동형 철심 간의 이격 거리는 상기 가열 대상 제품의 크기에 따라 조정되며, 상기 이격 거리는 상기 가열 대상 제품이 최대 자장을 갖는 거리이다. 또한 본 발명은 상기한 초전도 자석 구조를 이용하여 유도가열 장치를 제조하고 있다. 이와 같은 본 발명에 따르면, 기존의 레이스트랙 형상(예컨대, 이동형 철심이 미 제공된 자석 구조)의 초전도 자석 구조보다 2배 이상의 자기장을 발생시킬 수 있고, 이에 따라 가열 대상 제품을 가열하는 가열 전력을 종래보다 향상시켜서 가열할 수 있다. 따라서 본 발명은 초전도 자석의 재료인 초전도 선재의 구입 비용절감 및 유도 가열 장치를 더 값싸게 제작할 수 있는 이점이 있다.

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

발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)텍스틸

연구기간 2014.12.01 ~ 2015.09.30

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

한 쌍의 초전도 자석; 및

상기 초전도 자석 사이에 위치한 가열 대상 제품을 중심으로 서로 대칭되게 위치하면서 일부분이 상기 초전도 자석의 절개부 내를 관통하면서 이동하는 한 쌍의 이동형 철심을 포함하고,

상기 한 쌍의 이동형 철심 간의 이격 거리는 상기 가열 대상 제품의 크기에 따라 조정되며,

상기 이격 거리는 상기 가열 대상 제품이 최대 자장을 갖는 거리인 것을 특징으로 하는 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 초전도 자석은 원형 형상, 레이스 트랙 형상인 것을 특징으로 하는 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 장치.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 초전도 자석의 임계 전류의 80%인 전류를 운전 전류로 할 경우 상기 가열 대상 제품의 중심자장은 1.18 (T)인 것을 특징으로 하는 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 장치.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 이동형 철심이 미 제공된 초전도 자석 구조보다 상기 가열 대상 제품에서 자기장 값이 2배 이상 더 발생하는 것을 특징으로 하는 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 장치.

#### 청구항 5

이동형 철심이 각각 구비된 한 쌍의 초전도 자석;

상기 초전도 자석 사이에 위치하는 가열 대상 제품; 및

상기 가열 대상 제품을 회전시키는 구동 수단을 포함하는 유도 가열 장치.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 초전도 자석이 내부에 장착되는 극저온 냉동기; 및

서로 다른 외형 사이즈를 가지는 상기 가열 대상 제품을 상기 한 쌍의 초전도 자석 사이에 위치하도록 하는 교체형 치구를 더 포함하고,

상기 극저온 냉동기는 내부 크라이오스탯(inner cryostat)과 외부 크라이오스탯(outer cryostat)으로 구성되는 것을 특징으로 하는 유도 가열 장치.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 초전도 자석과 상기 가열 대상 제품 사이의 거리는 50mm 인 것을 특징으로 하는 유도 가열 장치.

## 청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 이동형 철심이 미 제공되는 초전도 자석 구조가 적용된 유도가열장치보다 상기 가열 대상 제품에 가해지는 가열전력이 4배 이상인 것을 특징으로 하는 유도 가열 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 유도가열장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 이동형 철심이 적용된 초전도 자석을 적용함으로써, 가열대상제품의 외형 사이즈에 따라 이동형 철심을 이동시켜서 최고 전력으로 그 가열대상제품을 가열할 수 있도록 하는 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 장치 및 그의 유도가열장치에 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, 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 통상 초전도 자석의 재료가 되는 초전도 선재는 교류전류의 통전 하에서 자화손실이 발생하는 단점이 있다. 이는 극저온 운전환경에서 초전도 상태를 유지하기 위한 냉각이 반드시 필요함을 의미하고, 그렇기 때문에 냉각장치의 설비 비용과 함께 운전비용이 증대되는 문제점을 안고 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 1에는 이러한 레이스 트랙 타입의 초전도 코일을 설명하기 위한 도면이 도시되어 있다.

[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 크기에 서도 많은 자기장을 발생시키도록 형상을 특징하는 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 유도가열장치에 대한 요구가 많았다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-1468312호 (2014. 11. 26. 초전도 코일 및 그의 유도가열장치)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0015] 따라서 본 발명의 목적은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 초전도 자석에 이동형 철심을 적용함으로써 가열 대상 제품의 자기장이 더 크게 발생할 수 있도록 한 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 장치를 제공하는 것이다.

[0016] 본 발명의 다른 목적은, 가열 대상 제품의 외형 사이즈가 상이하더라도 최고 전력으로 가열대상제품을 가열할 수 있도록 상기 초전도 자석 장치가 적용되어 제조된 이동형 유도 가열 장치를 제공하는 것이다.

[0017] 즉, 이러한 기술적 과제에 따라 본 발명은 가격이 비싼 초전도 자석을 더 적게 사용하여 원하는 용량의 유도 가열장치를 제공할 수 있어, 초전도 자석의 재료인 초전도 선재 구입 비용을 절감할 수 있도록 한다.

### 과제의 해결 수단

[0018] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따르면, 한 쌍의 초전도 자석; 및 상기 초전도 자석 사이에 위치한 가열 대상 제품을 중심으로 서로 대칭되게 위치하면서 일부분이 상기 초전도 자석의 절개부 내를 관통하면서 이동하는 한 쌍의 이동형 철심을 포함하고, 상기 한 쌍의 이동형 철심 간의 이격 거리는 상기 가열 대상 제품의 크기에 따라 조정되며, 상기 이격 거리는 상기 가열 대상 제품이 최대 자장을 갖는 거리인 것을 특징으로 하는 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 장치를 제공한다.

[0019] 상기 초전도 자석은 원형 형상, 레이스 트랙 형상인 것을 특징으로 한다.

[0020] 상기 초전도 자석의 임계 전류의 80%인 전류를 운전 전류로 할 경우 상기 가열 대상 제품의 중심자장은 1.18 (T)인 것을 특징으로 한다.

[0021] 본 발명의 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 구조는 이동형 철심이 미 제공된 초전도 자석 구조보다 상기 가열 대상 제품에서 2배 이상의 자기장 값이 발생하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 이동형 철심이 각각 구비된 한 쌍의 초전도 자석; 상기 초전도 자석 사이에 위치하는 가열 대상 제품; 및 상기 가열 대상 제품을 회전시키는 구동 수단을 포함하는 유도 가열 장치를 제공한다.

[0023] 상기 초전도 자석이 내부에 장착되는 극저온 냉동기; 및 서로 다른 외형 사이즈를 가지는 상기 가열 대상 제품을 상기 한 쌍의 초전도 자석 사이에 위치하도록 하는 교체형 치구를 더 포함하고, 상기 극저온 냉동기는 내부 크라이오스탯(inner cryostat)과 외부 크라이오스탯(outer cryostat)으로 구성된다.

[0024] 상기 초전도 자석과 상기 가열 대상 제품 사이의 거리는 50mm 이다.

[0025] 상기 이동형 철심이 미 제공되는 초전도 자석 구조가 적용된 유도가열장치보다 상기 가열 대상 제품에 가해지는 가열전력이 4배 이상이다.

### 발명의 효과

[0026] 이와 같은 구성을 가지는 본 발명의 실시 예에 따른 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 구조 및 그의 유도가열 장치에 따르면 다음과 같은 효과가 있다.

[0027] 본 발명은 유도 가열 장치에 이동형 철심을 적용한 초전도 자석을 적용하였다. 이에 따라 가열 대상 제품의 외

형 사이즈에 따라 이동형 철심을 이동시킬 수 있어 그 가열 대상 제품과 이동형 철심과의 거리를 항상 최적 거리가 유지되게 할 수 있다. 그 결과 가열 대상 제품은 항상 가장 높은 자장 값을 발생하기 때문에, 가열 대상 제품을 가열하는 가열 전력을 종래보다 향상시켜서 가열할 수 있다. 즉, 기존의 레이스트랙 형상(예컨대, 이동형 철심이 미 제공된 자석 구조)의 초전도 자석 구조보다 2배 이상의 자기장을 발생시킬 수 있다.

[0028] 따라서 본 실시 예는 초전도 선재를 적게 사용하더라도 기존보다 더 향상된 용량의 유도 가열 장치를 제작할 수 있게 됨으로써, 초전도 선재의 구입 비용절감 및 유도 가열 장치를 더 값싸게 제작할 수 있는 효과를 제공할 수 있는 이점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 일반적인 레이스 트랙 타입의 초전도 자석을 설명하는 도면

도 2는 본 발명의 실시 예에 따라 이동형 철심을 적용한 초전도 자석을 보인 도면

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 유도가열장치를 보인 평면도

도 4a 및 도 4b는 서로 다른 외형 사이즈를 가지는 가열대상제품을 가열하기 위해 교체형 치구에 장착된 예를 보인 도면

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명은 이동형 철심을 적용한 초전도 자석 구조 및 그 초전도 자석 구조를 유도가열장치에 적용함으로써 가열 대상 제품과 이동형 철심과의 거리가 항상 최적 거리가 되게 조정할 수 있고, 따라서 가열 대상 제품의 중심 자장이 항상 가장 높은 자장 값을 유지하도록 하면서 가열대상제품을 가열하는 가열 전력을 종래보다 더 향상시켜 가열할 수 있도록 하는데 기술적 특징이 있다.

[0031] 그리고 본 발명에 따른 유도 가열 장치는 직류(DC) 유도 가열 장치를 말하고 있다. 유도 가열 장치는 균일한 자장 내에서 가열 대상 제품을 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 제품과의 거리에 반비례하여 감소한다. 따라서 초전도 자석과 가열 대상 제품과의 거리가 가까울수록 더 큰 자기장을 얻을 수 있고 전달 가능한 에너지가 크게 되는 것이다. 이에 본 발명은 가열 대상 제품이 항상 가장 높은 자장 값을 유지하면서 최고 전력을 가열할 수 있도록 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 및 그의 유도가열장치를 제안하는 것이다.

[0032] 또한 본 발명에서는 초전도 자석의 형상이 레이스 트랙 형상에 한정되지 않고, 원형 형상 등 다른 형상의 초전도 자석이 적용될 수 있다.

[0033] 이하 본 발명에 의한 이동형 철심을 이용한 초전도 자석 구조 및 그의 유도가열장치의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0034] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따라 이동형 철심을 적용한 초전도 자석 구조를 보인 도면이다.

[0035] 이를 설명하면, 초전도 자석 구조(100)에는 한 쌍의 초전도 자석(110)(110')이 마련된다. 초전도 자석(110)(110')은 레이스 트랙 타입 형상이다. 물론, 초전도 자석의 타입은 앞서 설명한 바와 같이 레이스 트랙 형상 이외에도 원형 등으로 형성된 초전도 자석이 적용될 수 있다. 이하에서는 한 쌍의 초전도 자석을 제1 초전도 자석(110)과 제2 초전도 자석(110')으로 설명한다.

[0036] 제1 초전도 자석(110)과 제2 초전도 자석(110')은 일정 간격 떨어진 채로 위치한다.

[0037] 제1 초전도 자석(110)과 제2 초전도 자석(110') 사이에는 가열 대상 제품(120)이 위치한다. 가열 대상 제품(120)은 비 자성체로서 알루미늄, 구리 등이 된다. 실시 예에 따르면 상기 가열 대상 제품(120)은 원통형으로 형성되며, 금속 빌렛이라 칭하여 설명할 수도 있다.

[0038] 가열 대상 제품(120)을 중심으로 서로 대칭되게 이동형 철심(130)(130')이 제공된다. 이동형 철심 역시 한 쌍으로 마련되며, 제1 초전도 자석(110) 측에 제1 이동형 철심(130), 제2 초전도 자석(110') 측에 제2 이동형 철심(130')이 위치하는 것으로 설명한다. 제1 이동형 철심(130) 및 제2 초전도 철심(130')은 서로 동일한 형상 및 사이즈로 형성되며, 실시 예에서는 육면체로 구성됨을 예시하고 있다. 그리고 제1 이동형 철심(130)과 제2 이동

형 철심(130')은 상기 가열 대상 제품(120)을 중앙에 두고 서로 대칭되게 위치한다. 또한 제1 이동형 철심(130)과 제2 이동형 철심(130')의 일부는 제1 초전도 자석(110) 및 제2 초전도 자석(110')의 절개부(112)(112')를 관통하여 위치된다. 또한, 제1 이동형 철심(130)과 제2 이동형 철심(130')은 상기 가열 대상 제품(120)과 접촉된 상태로 도시되고 있지만, 상기 제1 이동형 철심(130)과 제2 이동형 철심(130')은 일 방향으로 이동 가능하게 설치되기 때문에 가열 대상 제품(120)과는 이격 거리가 조정된다. 바람직하게는 상기 이격 거리는 가열 대상 제품(120)의 외형 사이즈에 따라 그 가열 대상 제품(120)이 항상 가장 높은 자장 값을 유지할 수 있는 거리가 된다.

[0039] 도 3은 도 2에 도시하고 있는 구조가 적용된 본 발명의 유도가열장치를 보인 평면도이다.

[0040] 유도 가열 장치(200)는, 외부로부터 열 침입을 차단하기 위하여 2개의 극저온 냉동기(210)(220)가 가열 대상 제품을 중심으로 서로 대칭되게 제공된다. 극저온 냉동기(210)(220)는 제1 초전도 자석(110) 및 제2 초전도 자석(110')이 초전도 성질을 유지하기 위한 최소한의 조건을 제공하기 위한 것으로서 일반적으로 저온환경을 만들고 유지하기 위한 장치이다. 이를 위해 극저온 냉동기(201)(220)의 각각은 내부 크라이오스탯(inner cryostat)(212)(222)과 외부 크라이오스탯(outer cryostat)(214)(224)의 조합으로 이루어진다.

[0041] 극저온 냉동기(210)(220) 사이에는 가열 대상 제품(120)이 위치한다.

[0042] 그리고 가열 대상 제품(120)은 일 측이 구동 모터(230)의 모터 축과 연결되고, 구동 모터(230)의 구동에 의해 일정 속도로 회전하게 된다. 물론 가열 대상 제품(120)은 별도의 브라켓(122) 등에 의해 설치되어야 할 것이다.

[0043] 또한 가열 대상 제품(120)의 일정 거리(d)만큼 이격되게 제1 이동형 철심(130)과 제2 이동형 철심(130')이 위치한다. 제1 이동형 철심(130)과 제2 이동형 철심(130')은 제1 초전도 자석(110)과 제2 초전도 자석(110')의 절개부(112, 도 2 참조)를 통해 일 방향으로 이동 가능한 구조이다. 따라서 가열 대상 제품(120)의 외형 사이즈에 따라 가열 대상 제품(120)과의 거리(d)는 조정이 가능하다.

[0044] 가열 대상 제품(120)의 외형 사이즈에 따라 그 가열 대상 제품을 설치하는 예는 도 4를 참조하면 알 수 있다. 도 4a 및 도 4b는 서로 다른 외형 사이즈를 가지는 가열대상제품을 가열하기 위해 교체형 치구에 장착된 예를 보인 도면이다.

[0045] 이를 보면, 가열 대상 제품(120)의 외형 사이즈에 따라 이를 설치하기 위해 서로 다른 사이즈를 가지는 교체형 치구(250)가 제공됨을 알 수 있다. 그리고 교체형 치구(250) 내에 가열 대상 제품(130)이 장착된 상태에서 제1 이동형 철심(130) 및 제2 이동형 철심(130')을 이동시켜 이격 거리를 조정하게 된다. 거리는 가열 대상 제품(120)이 가장 높은 자장 값을 유지할 수 있는 거리가 된다.

[0046] 본 발명에 따른 이동형 철심이 제공된 유도가열장치를 종래 이동형 철심이 없는 유도가열장치와 실험을 통해 그 성능을 비교하였다.

[0047] 실험 조건은 본 발명의 유도가열장치와 종래 유도가열장치에 적용되는 초전도 자석은 그 크기와 사용량을 동일하게 하여 설계하였다. 그리고 초전도 자석의 임계 전류의 80%인 전류를 운전전류로 하였다. 또한 가열 대상 제품과 초전도자석 사이의 거리는 50mm로 모델링 하였다.

[0048] 실험 결과는 아래 표 1과 같이 종래 가열 대상 제품의 중심 자장은 0.58(T)이고, 본 발명의 가열 대상 제품의 중심 자장은 1.18(T)이었다. 즉 이는 동일한 초전도 자석의 길이와 외형 사이즈를 적용할 때 가열 대상 제품에는 두 배의 자장 값이 발생하는 것을 알 수 있고, 이는 가열 전력을 4배 이상 향상시킬 수 있는 결과를 가져오게 된다.

표 1

| 초전도 자석 구조                                     | 최대 자기장 [T] |
|-----------------------------------------------|------------|
| 이동형 철심이 없는 초전도 자석이 적용된 가열 대상 제품의 자기장 값(종래기술)  | 0.58       |
| 이동형 철심이 적용된 초전도 자석이 적용된 가열 대상 제품의 자기장 값(본원발명) | 1.18       |

[0050] 이와 같이 이동형 철심이 적용된 초전도 자석으로 유도 가열장치를 제조하면, 가열 대상 제품과 초전도 자석 사이의 거리를 항상 최적 거리로 할 수 있어 가열 대상 제품을 최고 전력으로 가열할 수 있다.

[0051] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따르면 초전도 자석에 이동형 철심을 적용함으로써 이동형 철심이 미 제공된 초전도 자석보다 약 4배 이상의 가열 전력을 확보할 수 있고, 또한 가열 대상 제품의 사이즈에 상관없이 모든 사양에서 최고 출력을 유지할 수 있음을 알 수 있다. 더욱이 실험을 통해 확인한 결과 동일한 조건에서 가열 대상 제품의 자장 값이 종래보다 약 2배 이상 발생하고 있음이 확인되었다. 이는 초전도 선재의 구입 비용을 절감할 수 있고 이에 유도 가열 장치의 제조 비용도 절감할 수 있음을 객관적으로 확인할 수 있는 것이다.

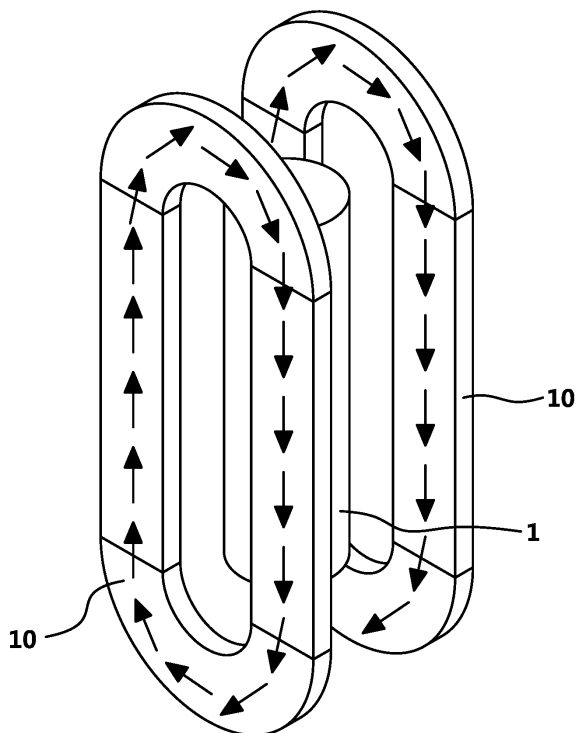
[0052] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

### 부호의 설명

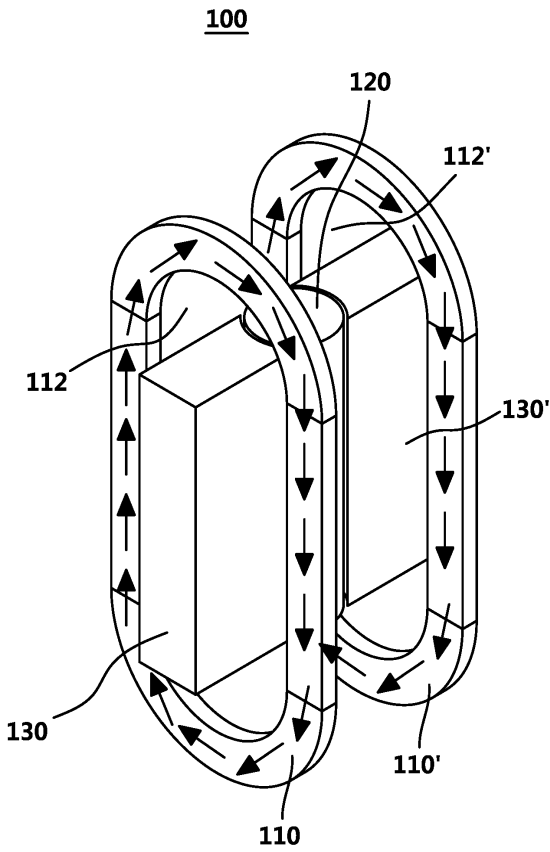
[0053] 110, 110' : 제1 및 제2 초전도 자석  
120 : 가열 대상 제품  
130, 130' : 제1 및 제2 이동형 철심  
200 : 유도가열장치  
210, 220 : 극저온 냉동기  
230 : 구동 모터  
250 : 교체용 치구

### 도면

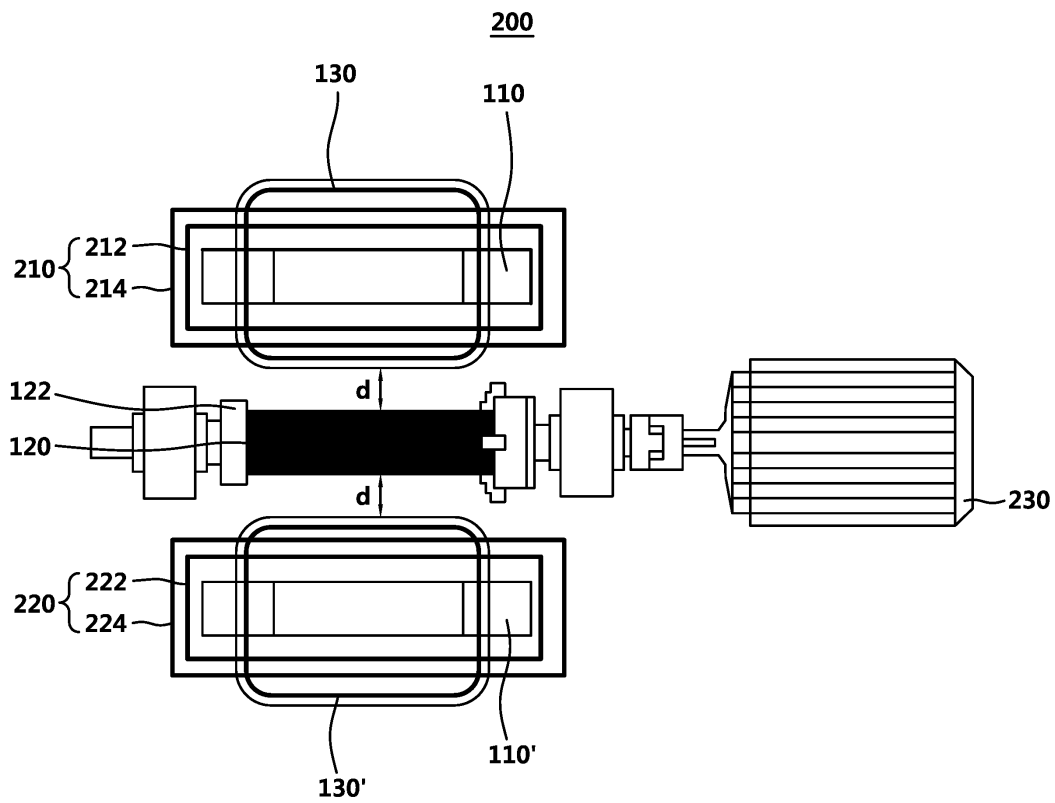
#### 도면1



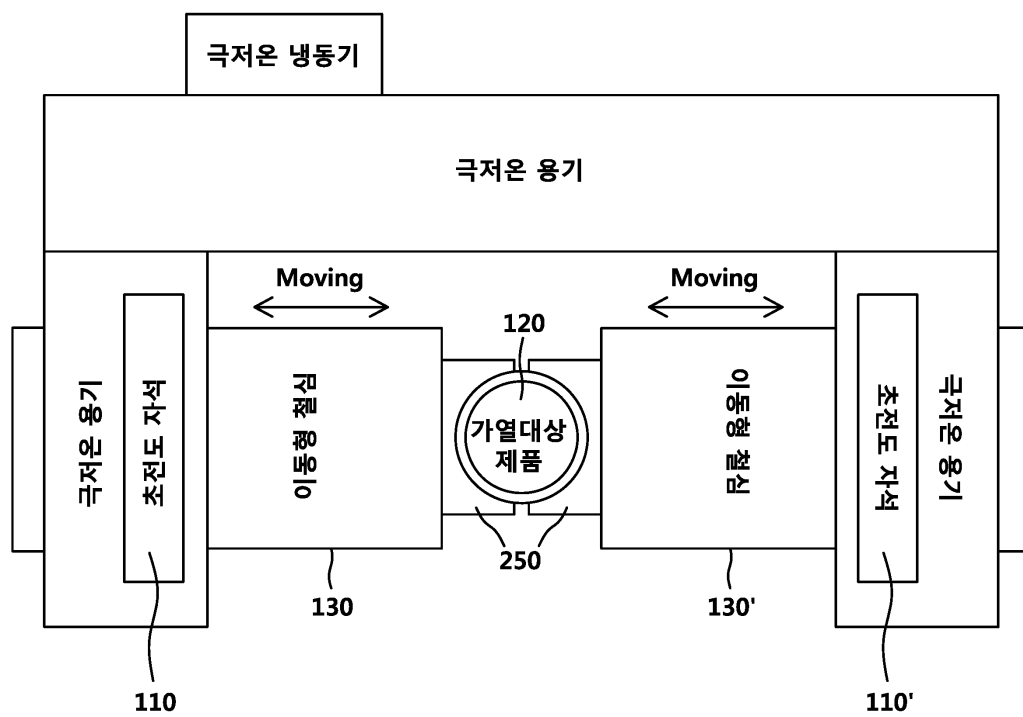
도면2



도면3



도면4a



도면4b

