(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월20일
(11) 등록번호 10-1887917
(24) 등록일자 2018년08월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F25B 21/00 (2006.01) *F25B 49/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0004709
(22) 출원일자 2012년01월16일
심사청구일자 2017년01월04일
(65) 공개번호 10-2013-0084026
(43) 공개일자 2013년07월24일
(56) 선행기술조사문헌
JP2007533949 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
최우혁
경기 용인시 기흥구 중부대로746번길 21, 212동 1501호 (상하동, 진흥더루벤스2단지아파트)
김민수
서울 서초구 고무래로 35, 105동 3001호 (반포동, 반포리체아파트)
문일주
경기 수원시 영통구 매영로310번길 12, 554동 1003호 (영통동, 신나무실5단지아파트)
(74) 대리인
특허법인세림

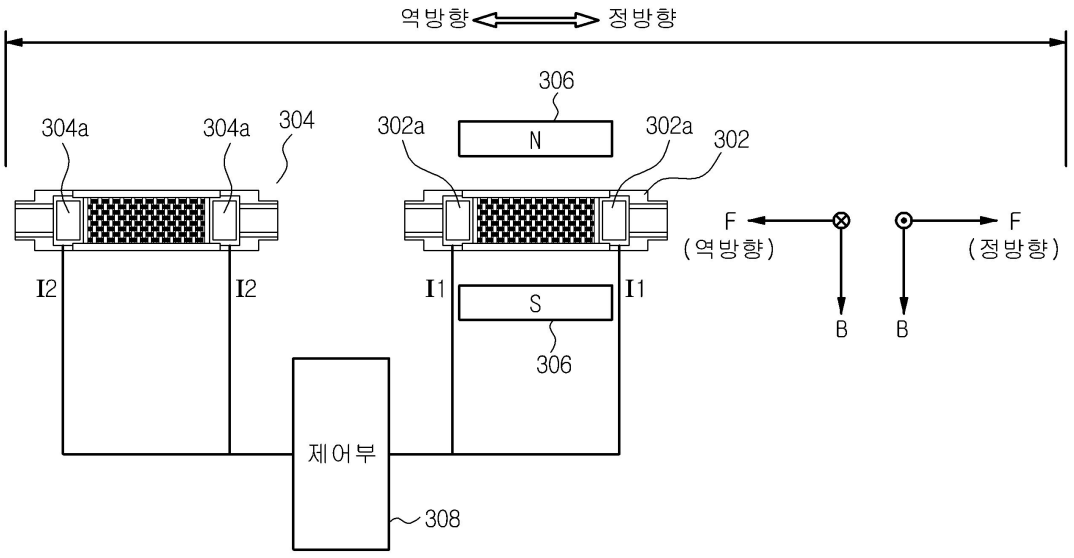
전체 청구항 수 : 총 11 항 심사관 : 오만일

(54) 발명의 명칭 **자기 냉각 장치 및 그 제어 방법**

(57) 요 약

자기 냉각 장치 및 그 제어 방법을 개시한다. 본 발명에 따른 자기 냉각 장치 및 그 제어 방법은, 기존의 왕복형 자기 냉각 장치와 회전형 자기 냉각 장치에서 구동력을 제공하는 모터 및 동력 전달 계통을 더욱 간단한 구조로 대체하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 본 발명에 따른 자기 냉각 장치는, 자기장을 형성하는 자석과; 자기 열량 물질을 갖고 코일이 설치되며 자기장 내에서 코일에 전류가 공급될 때 발생하는 전자기력을 통해 운동 에너지를 얻는 자기 재생기와; 코일에 공급되는 전류를 제어하여 자기 재생기의 이동 속도 및 이동 방향을 제어하는 제어부를 포함한다.

대 표 도



(56) 선행기술조사문헌
US06935121 B2*
JP2005090921 A
JP2010101576 A
US06526759 B2
JP2011519009 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

자기장을 형성하는 자석과;

자기 열량 물질을 갖고 코일이 설치되며 상기 자기장 내에서 상기 코일에 전류가 공급될 때 발생하는 전자기력을 운동 에너지로 이용하여 서로 마주보는 상기 자석들 사이를 이동하여 상기 자기장에 진입하고 상기 자기장으로부터 벗어나도록 이루어지는 자기 재생기와;

상기 자기 재생기의 움직임을 제어하기 위해 상기 자기 재생기의 상기 코일에 공급되는 전류를 제어하여 상기 자기 재생기가 상기 자기장에 진입하면서 자화되도록 하고 상기 자기장을 벗어나면서 탈 자화되도록 하여 상기 자기 재생기의 탈 자화 시 발생하는 온도 저하에 의해 냉각이 이루어지도록 상기 자기 재생기의 이동 속도 및 이동 방향을 제어하는 제어부를 포함하는 자기 냉각 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 코일에 공급되는 전류의 크기를 제어하여 상기 자기 재생기의 이동 속도를 제어하고;

상기 코일에 공급되는 전류의 방향(극성)을 제어하여 상기 자기 재생기의 이동 방향을 제어하는 자기 냉각 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 자기 재생기가 상기 자기장을 벗어날 때 상기 자석의 인력을 극복할 수 있는 크기의 전자기력이 발생하도록 상기 전류의 크기 및 방향을 제어하는 자기 냉각 장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 자기 재생기가 상기 자기장으로 진입할 때 상기 자석의 인력에 상응하는 크기의 제동력이 발생하도록 상기 전류의 크기 및 방향을 제어하는 자기 냉각 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 자기 재생기가 상기 자석의 자기장의 외부와 내부 사이를 직선 왕복 운동하도록 상기 코일에 공급되는 전류의 크기와 방향(극성)을 제어하는 자기 냉각 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 자기 재생기가 상기 자석의 자기장의 외부와 내부 사이를 회전 운동하도록 상기 코일에 공급되는 전류의 크기와 방향(극성)을 제어하는 자기 냉각 장치.

청구항 7

자기장을 형성하는 자석과, 자기 열량 물질을 갖고 코일이 설치되며 상기 자기장 내에서 상기 코일에 전류가 흐를 때 발생하는 전자기력을 운동 에너지로 이용하여 서로 마주보는 상기 자석들 사이를 이동하여 상기 자기장에 진입하고 상기 자기장으로부터 벗어나도록 이루어지는 자기 재생기를 포함하는 자기 냉각 장치의 제어 방법에 있어서,

상기 자기 재생기의 움직임을 제어하기 위해 상기 자기 재생기의 상기 코일에 공급되는 전류를 제어하여 상기 자기 재생기가 상기 자기장에 진입하면서 자화되도록 하고 상기 자기장을 벗어나면서 탈 자화되도록 하여 상기 자기 재생기의 탈 자화 시 발생하는 온도 저하에 의해 냉각이 이루어지도록 하며;

상기 코일에 공급되는 전류의 크기를 제어하여 상기 자기 재생기의 이동 속도를 제어하고;

상기 코일에 공급되는 전류의 방향(극성)을 제어하여 상기 자기 재생기의 이동 방향을 제어하는 자기 냉각 장치의 제어 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 자기 재생기가 상기 자기장을 벗어날 때 상기 자석의 인력을 극복할 수 있는 크기의 전자기력이 발생하도록 상기 전류의 크기 및 방향을 제어하는 자기 냉각 장치의 제어 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 자기 재생기가 상기 자기장으로 진입할 때 상기 자석의 인력에 상응하는 크기의 제동력이 발생하도록 상기 전류의 크기 및 방향을 제어하는 자기 냉각 장치의 제어 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 자기 재생기가 상기 자석의 자기장의 외부와 내부 사이를 직선 왕복 운동하도록 상기 코일에 공급되는 전류의 크기와 방향(극성)을 제어하는 자기 냉각 장치의 제어 방법.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 자기 재생기가 상기 자석의 자기장의 외부와 내부 사이를 회전 운동하도록 상기 코일에 공급되는 전류의 크기와 방향(극성)을 제어하는 자기 냉각 장치의 제어 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 냉각 장치에 관한 것으로, 자기열량 효과(magnetocaloric effect)를 이용한 냉각 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 염화불화탄소(CFC; chloro fluoro carbon)와 같은 가스 냉매를 압축 또는 팽창시켜서 냉각 효과를 얻는 냉각 장치는 가정과 산업 전반에 다양하게 사용되고 있다. 그러나 냉매 가스로 사용되는 염화불화탄소는 오존층을 파괴하여 지구 온난화를 야기하는 환경 파괴의 주범으로 인식되고 있어서, 이 염화불화탄소를 이용한 냉각 장치를 대체할 수 있는 새로운 방식의 냉각 장치가 다양하게 연구되어 왔다.

[0003] 새로운 냉각 장치의 하나로서 자기 냉각 장치의 연구가 진행되고 있다. 자기 냉각 장치란 자기열량 효과(magnetocaloric effect)를 이용한 냉각 장치로서, 자기열량 효과란, 자성 물질에 자기장을 가해주면 자성 물질의 온도가 상승하고, 자성 물질에서 자기장을 제거하면 자성 물질의 온도가 하강하는 것을 말한다. 이와 같은 자기 열량 효과는 엔트로피 보존 법칙에 의한 것으로, 자성 물질에 자기장이 가해질 때 자성 물질의 입자들의 배열이 정렬되면서 자성 물질의 온도가 상승하며, 자기장을 제거하면 입자들의 배열이 다시 무질서해지면서 자성 물질의 온도가 하강한다. 자기 냉각 장치는 이 온도차를 이용하여 냉각 효과를 얻는다.

[0004] 기존의 자기 냉각 장치로는, 자성 물질을 가진 하나 이상의 자기 재생기가 자석의 자기장의 내부와 외부를 왕복 운동함으로써 자기 재생기에서 자기 열량 물질의 온도 변화를 유발시키는 구조의 왕복형 자기 냉각 장치와, 자성 물질을 가진 하나 이상의 자기 재생기가 설치되는 환형 컨테이너의 주위로 자석이 회전 운동함에 따라 자기

재생기에 대한 자장의 변화를 형성함으로써 자기 재생기에서 자기 열량 물질의 온도 변화를 유발시키는 회전형 자기 냉각 장치가 있다.

[0005] 이와 같은 기존의 자기 냉각 장치는, 자기 재생기의 왕복 운동 또는 회전 운동을 구현하기 위한 동력원으로서 모터를 사용하고, 이 모터의 구동력을 자기 재생기의 왕복 운동 또는 회전 운동으로 전환하기 위한 동력 전달 계통이 필요하다. 따라서 자기 냉각 장치의 소형화가 어렵고, 자기 냉각 장치를 구동함에 있어서 에너지 효율이 낮은 문제가 있다.

발명의 내용

[0006] 일 측면에 따르면, 기존의 왕복형 자기 냉각 장치와 회전형 자기 냉각 장치에서 구동력을 제공하는 모터 및 동력 전달 계통을 더욱 간단한 구조로 대체하는데 그 목적이 있다.

[0007] 본 발명에 따른 자기 냉각 장치는, 자기장을 형성하는 자석과; 자기 열량 물질을 갖고 코일이 설치되며 자기장 내에서 코일에 전류가 공급될 때 발생하는 전자기력을 통해 운동 에너지를 얻는 자기 재생기와; 코일에 공급되는 전류를 제어하여 자기 재생기의 이동 속도 및 이동 방향을 제어하는 제어부를 포함한다.

[0008] 또한, 상술한 제어부는, 코일에 공급되는 전류의 크기를 제어하여 자기 재생기의 이동 속도를 제어하고; 코일에 공급되는 전류의 방향(극성)을 제어하여 자기 재생기의 이동 방향을 제어한다.

[0009] 또한, 상술한 제어부는, 자기 재생기가 자기장을 벗어날 때 자석의 인력을 극복할 수 있는 크기의 전자기력이 발생하도록 전류의 크기 및 방향을 제어한다.

[0010] 또한, 상술한 제어부는, 자기 재생기가 자기장으로 진입할 때 자석의 인력에 상응하는 크기의 제동력이 발생하도록 전류의 크기 및 방향을 제어한다.

[0011] 또한, 상술한 제어부는, 자기 재생기가 자석의 자기장의 외부와 내부 사이를 직선 왕복 운동하도록 코일에 공급되는 전류의 크기와 방향(극성)을 제어한다.

[0012] 또한, 상술한 제어부는, 자기 재생기가 자석의 자기장의 외부와 내부 사이를 회전 운동하도록 코일에 공급되는 전류의 크기와 방향(극성)을 제어한다.

[0013] 본 발명에 따른 자기 냉각 장치의 제어 방법은, 자기장을 형성하는 자석과, 자기 열량 물질을 갖고 코일이 설치되며 자기장 내에서 코일에 전류가 흐를 때 발생하는 전자기력을 통해 운동 에너지를 얻는 자기 재생기를 포함하는 자기 냉각 장치의 제어 방법에 있어서, 코일에 공급되는 전류의 크기를 제어하여 자기 재생기의 이동 속도를 제어하고; 코일에 공급되는 전류의 방향(극성)을 제어하여 자기 재생기의 이동 방향을 제어한다.

[0014] 또한, 상술한 자기 냉각 장치의 제어 방법에서, 자기 재생기가 자기장을 벗어날 때 자석의 인력을 극복할 수 있는 크기의 전자기력이 발생하도록 전류의 크기 및 방향을 제어한다.

[0015] 또한, 상술한 자기 냉각 장치의 제어 방법에서, 자기 재생기가 자기장으로 진입할 때 자석의 인력에 상응하는 크기의 제동력이 발생하도록 전류의 크기 및 방향을 제어한다.

[0016] 또한, 상술한 자기 냉각 장치의 제어 방법에서, 자기 재생기가 자석의 자기장의 외부와 내부 사이를 직선 왕복 운동하도록 코일에 공급되는 전류의 크기와 방향(극성)을 제어한다.

[0017] 또한, 상술한 자기 냉각 장치의 제어 방법에서, 자기 재생기가 자석의 자기장의 외부와 내부 사이를 회전 운동하도록 코일에 공급되는 전류의 크기와 방향(극성)을 제어한다.

[0018] 일 측면에 따르면 기존의 왕복형 자기 냉각 장치와 회전형 자기 냉각 장치에서 구동력을 제공하는 모터 및 동력 전달 계통을 더욱 간단한 구조로 대체함으로써, 자기 냉각 장치를 더 소형화할 수 있도록 하고, 자기 냉각 장치의 구동 시 에너지 효율을 높일 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 자기 냉각 장치를 나타낸 도면.

도 2는 도 1에 나타낸 자기 냉각 장치의 냉각 사이클을 나타낸 도면.

도 3은 도 1에 나타낸 자기 냉각 장치의 일 실시 예로서 왕복형 자기 냉각 장치를 나타낸 도면.

도 4는 도 3에 나타낸 왕복형 자기 냉각 장치의 자기 재생기에 공급되는 전류 프로파일을 나타낸 도면.

도 5는 도 4에 나타낸 전류 프로파일에 의해 구동되는 왕복형 자기 냉각 장치의 동작 사이클을 나타낸 도면.

도 6은 도 1에 나타낸 자기 냉각 장치의 또 다른 실시 예로서 회전형 자기 냉각 장치를 나타낸 도면.

도 7은 도 6에 나타낸 회전형 자기 냉각 장치의 자기 재생기에 공급되는 전류 프로파일을 나타낸 도면.

도 8은 도7에 나타낸 전류 프로파일에 의해 구동되는 회전형 자기 냉각 장치의 동작 사이클을 나타낸 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 자기 냉각 장치를 나타낸 도면이다. 도 1의 (A)에 나타낸 바와 같이, 제 1 자기 재생기(102)와 제 2 자기 재생기(104), N극과 S극이 한 쌍을 이루는 자석(106)이 마련된다. 제 1 자기 재생기(102)와 제 2 자기 재생기(104)는 능동 자기 재생기(Active Magnetic Regenerator)로 구현함이 바람직하다. 제 1 자기 재생기(102)와 제 2 자기 재생기(104)는 자석(106)의 N극과 S극 사이에서 만들어지는 자기장에 교대로 진입 및 이탈하도록 제어된다. 자기장 내부에서 제 1 자기 재생기(102)와 제 2 자기 재생기(104)는 자화되며, 자기장을 이탈하면 제 1 자기 재생기(102)와 제 2 자기 재생기(104)는 탈 자화된다. 제 1 자기 재생기(102)가 자기장에 진입하여 자화될 때 제 2 자기 재생기(104)는 자기장으로부터 이탈하여 탈 자화된다. 반대로 제 1 자기 재생기(102)가 자기장을 이탈하여 탈 자화되면 제 2 자기 재생기(104)가 자기장으로 진입하여 자화된다. 제 1 자기 재생기(102) 및 제 2 자기 재생기(104)의 자기장에 대한 진입/이탈을 구현하는 방법으로는 제 1 자기 재생기(102) 및 제 2 자기 재생기(104)를 왕복 운동시키는 방법(왕복형)과 제 1 자기 재생기(102) 및 제 2 자기 재생기(104)를 회전시키는 방법(회전형)이 있다. 이 왕복형과 회전형에 대해서는 뒤에서 더 자세히 설명하고자 한다.

[0021] 제 1 자기 재생기(102)는 고온 측 유로(108) 상에 마련되고, 제 2 자기 재생기(104)는 저온 측 유로(110) 상에 마련된다. 물론 제 2 자기 재생기(104)를 고온 측 유로(108) 상에 배치하고, 제 1 자기 재생기(102)를 저온 측 유로(110) 상에 배치할 수도 있다. 고온 측 유로(108) 상에는 제 1 자기 재생기(102)와 함께 고온 측 밸브(112)와 고온 측 열 교환기(114), 고온 측 펌프(116)가 마련된다. 저온 측 유로(110) 상에도, 고온 측 유로(108)와 유사하게, 제 2 자기 재생기(104)와 함께 저온 측 밸브(118)와 저온 측 열 교환기(120), 저온 측 펌프(122)가 마련된다. 고온 측 밸브(112)와 저온 측 밸브(118)는 제 1 자기 재생기(102)와 제 2 자기 재생기(104) 각각의 자화 및 탈 자화 시점에 맞추어 고온 측 유로(108)와 저온 측 유로(110)를 상호 교차시킨다. 즉, 도 1의 (A)에 나타낸 것처럼 제 1 자기 재생기(102)가 자화되고 제 2 자기 재생기(104)가 탈 자화되는 경우에는, 자화되는 제 1 자기 재생기(102)를 통해 고온 측 유로(108)가 형성되어 유체가 흐르도록 하고, 탈 자화되는 제 2 자기 재생기(104)를 통해 저온 측 유로(110)가 형성되어 유체가 흐르도록 한다. 반대로, 도 1의 (B)에 나타낸 것처럼 제 1 자기 재생기(102)가 탈 자화되고 제 2 자기 재생기(104)가 자화되는 경우에는, 탈 자화되는 제 1 자기 재생기(102)를 통해 저온 측 유로(110)가 형성되어 유체가 흐르도록 하고, 자화되는 제 2 자기 재생기(104)를 통해 고온 측 유로(108)가 형성되어 유체가 흐르도록 한다. 이처럼 고온 측 밸브(112)와 저온 측 밸브(118)의 작용에 의해, 자화되는 자기 재생기에는 항상 고온 측 유로(108)가 형성되고 탈 자화되는 자기 재생기에는 항상 저온 측 유로(110)가 형성됨으로써, 냉각 시(탈 자화 시)의 유체의 유동 방향과 발열 시(자화 시)의 유체의 유동 방향이 고온 측 열 교환기(114)와 저온 측 열 교환기(120)에서 항상 일정하게 된다. 고온 측 열 교환기(114)와 저온 측 열 교환기(120)는 제 1 자기 재생기(102) 및 제 2 자기 재생기(104)의 자화 및 탈 자화 시 발생하는 냉각 효과와 발열 효과를 가열(난방) 및 냉각(냉방)에 이용할 수 있도록 한다. 고온 측 펌프(116)와 저온 측 펌프(122)는 펌핑 작용을 통해 각각 고온 측 유로(108)와 저온 측 유로(110)에서 강제로 유체를 순환시킨다. 이처럼, 자기 냉각 장치는 제 1 자기 재생기(102) 및 제 2 자기 재생기(104) 각각의 발열/냉각 작용을 이용하여 고온/저온을 얻을 수 있다.

[0022] 도 2는 도 1에 나타낸 자기 냉각 장치의 냉각 사이클을 나타낸 도면이다. 도 2에 나타낸 바와 같이, 제 1 자기 재생기(102)를 예로 들면, (A)와 같이 제 1 자기 재생기(102)가 자화되지 않은 상태에서, (B)와 같이 N극과 S극의 자석(106)을 이용하여 자기장을 형성시켜서 제 1 자기 재생기(102)를 자화시키면 발열이 일어나고, (B)의 상태에서 제 1 자기 재생기(102)의 열을 방출시키면 제 1 자기 재생기(102)의 온도가 다소 하강하여 (C)의 상태로 되며, 자기장을 제거하여 제 1 자기 재생기(102)를 탈 자화시키면 (D)와 같이 온도가 급격히 하강하여 목적하는 저온을 얻을 수 있다. 이 저온을 이용하여 열 부하(202)를 냉각시킨다. (A)-(D)의 과정을 연속하여 반복함으로써 지속적으로 저온을 얻을 수 있다.

[0023] 도 3은 도 1에 나타낸 자기 냉각 장치의 일 실시 예로서 왕복형 자기 냉각 장치를 나타낸 도면이다. 도 3에 나

타낸 왕복형 자기 냉각 장치는 제 1 자기 재생기(302)와 제 2 자기 재생기(304)가 일정 구간의 직선상을 왕복 운동하면서 서로 교대로 자석(306)에 의해 생성되는 자기장에 대해 진입과 이탈을 반복하는 구조이다. 즉, 제 1 자기 재생기(302)와 제 2 자기 재생기(304)가 도면의 오른쪽(정방향으로 정함)으로 이동하면 제 1 자기 재생기(302)는 자기장으로부터 이탈하게 되고(탈 자화) 제 2 자기 재생기(304)는 자기장에 진입하게 된다(자화). 반대로 제 1 자기 재생기(302)와 제 2 자기 재생기(304)가 도면의 왼쪽(역방향으로 정함)으로 이동하면 이번에는 제 2 자기 재생기(304)가 자기장으로부터 이탈하게 되고(탈 자화) 제 1 자기 재생기(302)는 자기장에 진입하게 된다(자화). 도 3에 나타낸 제 1 자기 재생기(302)와 제 2 자기 재생기(304)는 도 1에 나타낸 제 1 자기 재생기(102)와 제 2 자기 재생기(104)에 해당된다.

[0024] 도 3에서, 제 1 자기 재생기(302)의 양 측에는 제 1 코일(302a)이 설치되고, 제 2 자기 재생기(304)의 양 측에는 제 2 코일(304a)이 설치된다. 제 1 자기 재생기(302)의 제 1 코일(302a)과 제 2 자기 재생기(304)의 제 2 코일(304a)은 제 1 자기 재생기(302)와 제 2 자기 재생기(304)를 정방향 및 역방향으로 직선 왕복 운동하도록 하기 위한 것이다. 제 1 자기 재생기(302) 또는 제 2 자기 재생기(304)가 자기장 내에 진입했을 때 제 1 코일(302a) 또는 제 2 코일(304a)에 전류 I1 및 I2를 공급하면, 전류의 공급에 의해 생성되는 전자기력과 자석(306)에 의해 생성되는 자기력의 작용에 의해 제 1 자기 재생기(302) 또는 제 2 자기 재생기(304)가 정방향 또는 역방향으로 이동하려는 힘이 발생한다. 이 때 발생하는 힘을 이용하여 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)를 정방향 또는 역방향으로 직선상을 왕복 운동할 수 있도록 한다. 자기장 내에서 제 1 코일(302a)과 제 2 코일(304a)에 전류 I1 및 I2를 공급할 때 발생하는 힘에 의해 제 1 자기 재생기(302)와 제 2 자기 재생기(304)가 직선상을 왕복 운동할 수 있도록 하기 위해 제 1 코일(302a)을 제 1 자기 재생기(302)에 고정 설치하고, 제 2 코일(304a)을 제 2 자기 재생기(304)에 고정 설치하여 일체로 구성한다. 또한, 제 1 자기 재생기(302)와 제 2 자기 재생기(304) 가운데 어느 하나가 이동할 때 다른 하나도 함께 이동하도록 제 1 자기 재생기(302)와 제 2 자기 재생기(304)를 기계적으로 결합한다.

[0025] 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)의 이동 방향은 자기장의 방향이 동일할 때 제 1 코일(302a) 및 제 2 코일(304a)에 공급되는 전류 I1 및 I2의 방향(극성)에 따라 결정된다. 또한 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)의 이동 속도는 전류 I1 및 I2의 크기에 따라 결정된다. 제어부(308)는, 제 1 코일(302a) 및 제 2 코일(304a)에 공급되는 전류 I1 및 I2의 방향(극성)을 제어하여 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)의 이동 방향을 제어하고, 전류 I1 및 I2의 크기 제어를 통해 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)의 이동 속도를 제어한다.

[0026] 도 4는 도 3에 나타낸 왕복형 자기 냉각 장치의 자기 재생기에 공급되는 전류 프로파일을 나타낸 도면이다. 또한, 도 5는 도 4에 나타낸 전류 프로파일에 의해 구동되는 왕복형 자기 냉각 장치의 동작 사이클을 나타낸 도면이다. 즉, 도 3에 나타낸 제어부(308)는 도 4에 나타낸 것과 같은 전류 프로파일에 따라 전류 I1 및 I2의 방향(극성)과 크기를 제어함으로써 도 5에 나타낸 것과 같은 자기 냉각 장치의 동작을 구현한다. 도 4 및 도 5를 참조하여 본 발명의 실시 예에 따른 왕복형 자기 냉각 장치의 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)의 직선 왕복 운동을 설명하면 다음과 같다.

[0027] <t0 : 초기 상태 및 정방향 기동>

[0028] 초기 상태는, 도 5의 (A)와 같이, 제 1 자기 재생기(302)가 자석(306)에 의해 형성되는 자기장 내에 위치한 상태이고 제 2 자기 재생기(304)는 자석(306)의 자기장 외부에 위치한 상태이다. 이 초기 상태에서 먼저 제 1 자기 재생기(302)의 제 1 코일(302a)에 도 4의 t0-t1 구간의 전류 I1을 공급하면 전자기력에 의해 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)가 정방향으로 이동을 시작한다. 이 정방향 이동에 의해 제 1 자기 재생기(302)는 자석(306)의 자기장을 벗어나게 되고 제 2 자기 재생기(304)는 자석(306)의 자기장 내부로 진입하게 된다. 이 때 제 1 코일(302a)에 공급되는 전류는, 제 1 자기 재생기(302)가 자석(306)의 인력을 극복하고 자기장을 벗어날 수 있는 크기로 하고, 제 1 자기 재생기(302)를 정방향으로 이동시켜서 제 2 자기 재생기(304)가 자기장 내부로 진입할 수 있는 방향(극성)으로 한다.

[0029] <t1 : 정방향 제동>

[0030] 도 5의 (B)와 같이, 제 1 자기 재생기(302)가 자기장을 이탈할 즈음에 제 2 자기 재생기(304)가 자기장 내부로 진입하게 된다. 제 2 자기 재생기(304)가 자기장 내부로 진입할 즈음에는 자석(306)의 인력에 의해 제 2 자기 재생기(304)의 정방향 이동 속도가 급격히 빨라질 수 있는데, 제 2 자기 재생기(304)에 역방향으로 향하는 힘을 발생시켜서 자석(306)의 인력의 영향을 상쇄시킴으로써 제 2 자기 재생기(304)가 자석(306)의 인력에 이끌리지 않고 본래의 속도를 유지하면서 자기장 내에 진입할 수 있도록 하는 정방향 제동력을 발생시킨다. 이를 위해,

도 4의 t1-t2 구간에 나타낸 것처럼, 제 2 자기 재생기(304)가 정방향으로 계속 이동하되 자기장 내부에서 자석(306)의 인력의 영향을 받지 않고 본래 의도한 속도로 자석(306)의 자기장 내부로 진입할 수 있도록 하기 위한 크기와 방향(극성)의 전류 I2를 제 2 자기 재생기(304)에 공급한다.

[0031] <t2 : 정지 및 역방향 기동>

[0032] 도 4의 t2 시점의 전후 일정 구간에서는 제 2 자기 재생기(304)에 공급되는 전류 I2의 크기가 매우 작은 것을 알 수 있다(거의 0에 수렴). 이는 제 2 자기 재생기(304)가 정방향으로 이동하면서 자기장을 지나쳐 벗어나지 않도록 하기 위한 것이다. 이로 인해 제 2 자기 재생기(304)는 자석(306)의 중앙 부분에서 정지할 수 있게 된다. 도 5의 (C)와 같이, 자기장 내부로 이동한 제 2 자기 재생기(304)가 자석(306)의 중앙 부분에 위치하면, 제 2 자기 재생기(304)의 제 2 코일(304a)에 공급되는 전류 I2의 크기를 증가시켜서(도 4의 t2-t3) 제 2 자기 재생기(304)가 역방향으로 이동할 수 있도록 한다. 도 4에서, t1-t2 구간의 전류 I2는 제 2 자기 재생기(304)의 제동을 위한 것이지만, t2-t3 구간의 전류 I2는 제 2 자기 재생기(304)의 역방향 기동(즉 이동 방향의 전환)을 위한 것이다.

[0033] <t3 : 역방향 제동>

[0034] 도 5의 (D)와 같이, 제 2 자기 재생기(304)가 역방향으로 이동하여 자석(306)의 자기장을 이탈할 즈음에 제 1 자기 재생기(302)가 자기장 내부로 진입하게 된다. 제 1 자기 재생기(302)가 자기장 내부로 진입할 즈음에는 자석(306)의 인력에 의해 제 1 자기 재생기(302)의 역방향 이동 속도가 급격히 빨라질 수 있는데, 제 1 자기 재생기(302)에 정방향으로 이동하려는 힘을 발생시켜서 자석(306)의 인력의 영향을 상쇄시킴으로써 제 1 자기 재생기(302)가 자석(306)의 인력에 이끌리지 않고 본래의 속도를 유지하면서 자기장 내에 진입할 수 있도록 하는 정방향 제동력을 발생시킨다. 이를 위해, 도 4의 t3-t4 구간에 나타낸 것처럼, 제 1 자기 재생기(302)에 공급되는 전류는, 제 1 자기 재생기(302)가 역방향으로 이동하되 자기장 내부에서 자석(306)의 인력의 영향을 받지 않고 본래의 의도한 속도로 자석(306)의 자기장 내부로 진입할 수 있도록 하기 위한 크기와 방향(극성)의 I1을 제 1 자기 재생기(302)에 공급한다.

[0035] <t4 : 정지>

[0036] 도 4의 t3-t4 구간의 후반부 구간에서는 제 1 자기 재생기(304)에 공급되는 전류 I1의 크기가 감소하여 거의 0에 근접하는 것을 알 수 있다. 이는 제 1 자기 재생기(302)가 역방향으로 이동하면서 자기장을 지나쳐 벗어나지 않도록 하기 위한 것이다. 이로 인해, 도 5의 (E)와 같이, 제 1 자기 재생기(302)는 자석(306)의 중앙 부분에서 정지함으로써 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)의 직선 왕복 운동의 한 사이클이 완료된다. 만약 도 5의 (A)-(E)와 같은 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)의 직선 왕복 운동을 계속하고자 하는 경우에는 도 4의 t0-t4 구간과 같은 전류 공급을 계속 반복한다.

[0037] 도 4 및 도 5에 나타낸 것과 같은 일련의 직선 왕복 운동을 통해 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)가 자석(306)에 의해 형성되는 자기장에 대해 서로 교대로 진입 및 이탈을 반복하면서 자화 및 탈 자화됨으로써 발열과 냉각이 이루어진다. 본 발명의 실시 예에서는, 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)의 직선 왕복 운동을 위해 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304) 각각에 제 1 코일(302a) 및 제 2 코일(304a)을 설치하고 제 1 코일(302a) 및 제 2 코일(304a)에 공급되는 전류의 방향(극성) 및 크기를 제어하는 것만으로도 제 1 자기 재생기(302) 및 제 2 자기 재생기(304)의 직선 왕복 운동을 구현하기 때문에, 기존의 자기 재생기의 왕복 운동의 동력원으로 사용되던 모터 및 동력 전달 계통을 효과적으로 대체할 수 있고, 이로써 자기 냉각 장치를 더 소형화할 수 있도록 하고, 자기 냉각 장치의 구동 시 에너지 효율을 높일 수 있다.

[0038] 도 6은 도 1에 나타낸 자기 냉각 장치의 또 다른 실시 예로서 회전형 자기 냉각 장치를 나타낸 도면이다. 도 6에 나타낸 회전형 자기 냉각 장치는 제 1 자기 재생기(602)와 제 2 자기 재생기(604)가 회전축(600)을 중심으로 반 시계 방향(CCW)(정방향으로 정함)으로 회전 운동하면서 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)에 의해 생성되는 자기장에 대해 진입과 이탈을 반복하는 구조이다. 즉, 제 1 자기 재생기(602)와 제 2 자기 재생기(604)가 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)에 의해 형성되는 자기장 내에 진입하면 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 자화가 이루어지고, 제 1 자기 재생기(602)와 제 2 자기 재생기(604)가 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)에 의해 형성되는 자기장으로부터 이탈하면 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 탈 자화가 이루어진다. 도 5에 나타낸 제 1 자기 재생기(602)와 제 2 자기 재생기(604)는 도 1에 나타낸 제 1 자기 재생기(102)와 제 2 자기 재생기(104)에 해당된다.

[0039] 도 6에서, 제 1 자기 재생기(602)의 양 측에는 제 1 코일(602a)이 설치되고, 제 2 자기 재생기(604)의 양 측에

는 제 2 코일(604a)이 설치된다. 제 1 자기 재생기(602)의 제 1 코일(602a)과 제 2 자기 재생기(604)의 제 2 코일(604a)은 제 1 자기 재생기(602)와 제 2 자기 재생기(604)가 정방향(CCW)으로 회전 운동하도록 하기 위한 것이다. 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 자기장 내에 진입했을 때 제 1 코일(602a) 또는 제 2 코일(604a)에 전류를 공급하면, 전류의 공급에 의해 생성되는 전자기력과 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)에 의해 생성되는 자기력의 작용에 의해 정방향(CCW)으로 이동하려는 힘이 발생한다. 이 때 발생하는 힘을 이용하여 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)를 정방향(CCW)으로 회전 운동할 수 있도록 한다. 물론 전류의 방향(극성)을 반대로 바꾸면 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 시계 방향(CW)(역방향으로 정함)으로 이동하려는 힘을 발생시킬 수도 있다. 자기장 내에서 제 1 코일(602a)과 제 2 코일(604a)에 전류 I1 및 I2를 공급할 때 발생하는 힘에 의해 제 1 자기 재생기(602)와 제 2 자기 재생기(604)가 회전 운동할 수 있도록 하기 위해 제 1 코일(602a)을 제 1 자기 재생기(602)에 고정 설치하고, 제 2 코일(604a)을 제 2 자기 재생기(604)에 고정 설치하여 일체로 구성한다.

[0040] 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 이동 방향은 자기장의 방향이 동일할 때 제 1 코일(602a) 및 제 2 코일(604a)에 공급되는 전류 I1 및 I2의 방향(극성)에 따라 결정된다. 또한 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 이동 속도는 전류 I1 및 I2의 크기에 따라 결정된다. 제어부(608)는, 제 1 코일(602a) 및 제 2 코일(604a)에 공급되는 전류 I1 및 I2의 방향(극성)을 제어하여 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 이동 방향을 제어하고, 전류 I1 및 I2의 크기 제어를 통해 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 이동 속도를 제어한다.

[0041] 도 7은 도 6에 나타낸 회전형 자기 냉각 장치의 자기 재생기에 공급되는 전류 프로파일을 나타낸 도면이다. 또한, 도 8은 도7에 나타낸 전류 프로파일에 의해 구동되는 회전형 자기 냉각 장치의 동작 사이클을 나타낸 도면이다. 즉, 도 6에 나타낸 제어부(608)는 도 7에 나타낸 것과 같은 전류 프로파일에 따라 전류 I1 및 I2의 방향(극성)과 크기를 제어함으로써 도 8에 나타낸 것과 같은 자기 냉각 장치의 동작을 구현한다. 앞서 설명한 도 6에서, 제 1 자석(606a)과 제 2 자석(606b)은 회전축(600)을 중심으로 서로 마주보도록 배치되기 때문에 각각의 N극과 S극의 위치가 서로 반대로 배치된다. 이 때문에, 제 1 자석(606a)의 자기장의 방향과 제 2 자석(606b)의 자기장의 방향 역시 회전축(600)을 중심으로 서로 반대이다. 따라서 제 1 자석(606a)의 자기장 내에 있는 자기 재생기(예를 들면 제 1 자기 재생기(602))와 제 2 자석(606b)의 자기장 내에 있는 자기 재생기(예를 들면 제 2 자기 재생기(604)) 각각에 공급되는 전류의 방향(극성) 역시 서로 반대여야 한다. 또한 제 1 자기 재생기(602)와 제 2 자기 재생기(604)가 회전할 때 편심이 발생하지 않도록 하기 위해 제 1 자기 재생기(602)와 제 2 자기 재생기(604) 각각에 공급되는 전류의 크기는 오차가 작을수록 좋다. 이와 같은 이유로, 도 7의 전류 프로파일에 나타낸 것처럼, 제 1 자기 재생기(602)의 제 1 코일(602a)에 공급되는 전류의 방향(극성)과 제 2 자기 재생기(604)의 제 2 코일(604a)에 공급되는 전류의 방향(극성)은 서로 반대이고 그 크기는 서로 동일하다. 도 7 및 도 8을 참조하여 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 회전형 자기 냉각 장치의 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 회전 운동을 설명하면 다음과 같다.

[0042] <t0 : 초기 상태 및 제 1 정방향 기동>

[0043] 초기 상태는, 도 8의 (A)와 같이, 제 1 자기 재생기(602)가 제 1 자석(606a)의 자기장 내에 위치하고, 제 2 자기 재생기(604)는 제 2 자석(606b)의 자기장 내에 위치한 상태이다. 이 상태에서 제 1 자기 재생기(602)의 제 1 코일(602a)에 도 7의 t0-t1 구간의 전류 I1을 공급하고 제 2 자기 재생기(604)의 제 2 코일(604a)에 도 7의 t0-t1 구간의 전류 I2를 공급하면 전자기력에 의해 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 정방향(CCW)으로 회전하기 시작한다. 이 때 제 1 코일(602a) 및 제 2 코일(604a)에 공급되는 전류는, 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)의 인력을 극복하고 자기장을 벗어날 수 있는 크기로 한다. 이 회전에 의해 제 1 자기 재생기(602)는 제 1 자석(606a)의 자기장을 벗어나 제 2 자석(606b)을 향해 회전하고, 제 2 자기 재생기(604)는 제 2 자석(606b)의 자기장을 벗어나 제 1 자석(606a)을 향해 회전한다.

[0044] <t1 : 제 1 정방향 제동>

[0045] 도 8의 (B)와 같이, 제 1 자기 재생기(602)가 제 2 자석(606b)에 접근하고 제 2 자기 재생기(604)가 제 1 자석(606a)에 접근할 즈음에 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 전류 공급을 잠시 끊었다가 도 7의 t1-t2 구간의 전류 I1, I2를 각각 다시 공급한다. 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 제 2 자석(606b) 및 제 1 자석(606a)의 자기장 내부로 진입할 즈음에 제 2 자석(606b) 및 제 1 자석(606a)의 인력에 의해 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 정방향 회전 속도가 급격히 빨라질 수 있는데, 도 7의

t1-t2 구간과 같은 전류 공급에 의해 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 역방향으로 회전하려는 힘이 발생하여 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)의 인력의 영향을 상쇄시킴으로써 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 제 2 자석(606b) 및 제 1 자석(606a)의 인력에 이끌리지 않고 본래의 속도를 유지하면서 자기장 내에 진입할 수 있도록 하는 정방향 제동력이 발생한다. 도 7에서, t0-t1 구간에서의 전류 I1 및 I2와 t1-t2 구간에서의 전류 I1 및 I2는 비록 방향(극성)은 동일하지만, t0-t1 구간에서 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 가해지는 자기장의 방향과 t1-t2 구간에서의 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 가해지는 자기장의 방향이 서로 반대이므로, t0-t1 구간에서 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 가해지는 힘의 방향과 t1-t2 구간에서의 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 가해지는 힘의 방향 역시 서로 반대가 되어 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)의 인력의 영향을 상쇄시키기 위한 제동력이 발생한다. 따라서 이 때 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 공급되는 전류 I1과 I2는, 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 정방향으로 회전하되 새롭게 진입하는 자기장 내부에서 제 1 자석(606a) 또는 제 2 자석(606b)의 인력의 영향을 받지 않고 본래 의도한 속도로 새로운(다른) 자기장 내부로 진입할 수 있는 크기와 방향(극성)의 전류이다.

[0046] <t2 : 제 2 정방향 기동>

[0047] 도 4의 t2 시점의 전후 일정 구간에서는 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 공급되는 전류 I1 및 I2의 크기가 매우 작은 것을 알 수 있다(거의 0에 수렴). 이는 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 정방향으로 회전하면서 자기장을 너무 빠른 속도로 통과하지 않도록(즉 균일한 속도가 유지되도록) 하기 위한 것이다. 도 8의 (C)와 같이, 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 각각 제 2 자석(606b) 및 제 1 자석(606a)의 중앙 부분에 위치하면, 이 상태에서 제 1 자기 재생기(602)의 제 1 코일(602a)에 도 7의 t2-t3 구간의 전류 I1을 공급하고 제 2 자기 재생기(604)의 제 2 코일(604a)에 도 7의 t2-t3 구간의 전류 I2를 공급하면 전자기력에 의해 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 정방향으로 계속하여 회전하고, 이 회전에 의해 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)는 각각 제 2 자석(606b)의 자기장 및 제 1 자석(606a)의 자기장을 벗어날 수 있도록 한다. 이 때 제 1 코일(602a) 및 제 2 코일(604a)에 공급되는 전류는, 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 제 2 자석(606b) 및 제 1 자석(606a)의 인력을 극복하고 자기장을 벗어날 수 있는 크기로 하고, 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)를 정방향으로 계속 회전시킬 수 있는 방향(극성)으로 한다.

[0048] <t3 : 제 2 정방향 제동>

[0049] 도 8의 (D)와 같이, 제 1 자기 재생기(602)가 제 2 자석(606b)의 자기장을 이탈하여 다시 제 1 자석(606a)에 접근하고 제 2 자기 재생기(604)가 제 1 자석(606a)의 자기장을 이탈하여 다시 제 2 자석(606b)에 접근할 즈음에 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 전류 공급을 잠시 끊었다가 도 7의 t3-t4 구간의 전류 I1, I2를 각각 공급한다. 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)의 자기장 내부로 진입할 즈음에 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)의 인력의 영향으로 인해 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 정방향 회전 속도가 급격히 빨라질 수 있는데, 도 7의 t3-t4 구간과 같은 전류 공급에 의해 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 역방향으로 회전하려는 힘이 발생하여 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)의 인력의 영향을 상쇄시킴으로써 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)의 인력에 이끌리지 않고 본래의 속도를 유지하면서 자기장 내에 진입할 수 있도록 하는 정방향 제동력이 발생한다. 도 7에서, t2-t3 구간에서의 전류 I1 및 I2와 t3-t4 구간에서의 전류 I1 및 I2는 비록 방향(극성)은 동일하지만, t2-t3 구간에서 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 가해지는 자기장의 방향과 t3-t4 구간에서의 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 가해지는 자기장의 방향이 서로 반대이므로, t2-t3 구간에서 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 가해지는 힘의 방향과 t3-t4 구간에서의 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 가해지는 힘의 방향 역시 서로 반대가 되어 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606b)의 인력의 영향을 상쇄시키기 위한 제동력이 발생한다. 따라서 이 때 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 공급되는 전류 I1과 I2는, 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 정방향으로 회전하되 새롭게 진입하는 자기장 내부에서 제 1 자석(606a) 또는 제 2 자석(606b)의 인력을 극복하고 원래 의도한 속도로 새로운 자기장 내부로 진입할 수 있는 크기와 방향(극성)의 전류이다.

[0050] <t4 : 정지>

[0051] 도 7의 t3-t4 구간의 후반부 구간에서는 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)에 공급되는 전류 I1

및 I2의 크기가 감소하여 거의 0에 수렴하는 것을 알 수 있다. 이는 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 회전하면서 자기장을 지나쳐 벗어나지 않도록 하기 위한 것이다. 이로 인해, 도 8의 (A)와 같이, 제 1 자기 재생기(602)는 자석(606)의 중앙 부분에서 정지함으로써 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 회전 운동의 한 사이클이 완료된다. 만약 도 8의 (A)-(D)와 같은 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 회전 운동을 계속하고자 하는 경우에는 도 7의 t0-t4 구간과 같은 전류 공급을 계속 반복한다.

[0052] 도 7 및 도 8에 나타낸 것과 같은 일련의 회전 운동을 통해 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)가 제 1 자석(606a) 및 제 2 자석(606)에 의해 형성되는 자기장에 대해 서로 교대로 진입 및 이탈을 반복하면서 자화 및 탈 자화됨으로써 발열과 냉각이 이루어진다. 이 과정에서 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604)의 회전 운동을 위해 제 1 자기 재생기(602) 및 제 2 자기 재생기(604) 각각에 제 1 코일(602a) 및 제 2 코일(604a)을 설치하고 제 1 코일(602a) 및 제 2 코일(604a)에 공급되는 전류의 방향(극성) 및 크기를 제어하는 것만으로도 제 1 코일(602a) 및 제 2 코일(604a)의 직선 왕복 운동을 구현하기 때문에, 기존의 자기 재생기의 왕복 운동의 동력원으로 사용되던 모터 및 동력 전달 계통을 효과적으로 대체할 수 있고, 이로써 자기 냉각 장치를 더 소형화할 수 있도록 하고, 자기 냉각 장치의 구동 시 에너지 효율을 높일 수 있다.

부호의 설명

[0053] 102, 302, 602 : 제 1 자기 재생기

104, 304, 604 : 제 2 자기 재생기

106, 306, 606a, 606b : 자석

108 : 고온 측 유로

110 : 저온 측 유로

112 : 고온 측 밸브

114 : 고온 측 열 교환기

116 : 고온 측 펌프

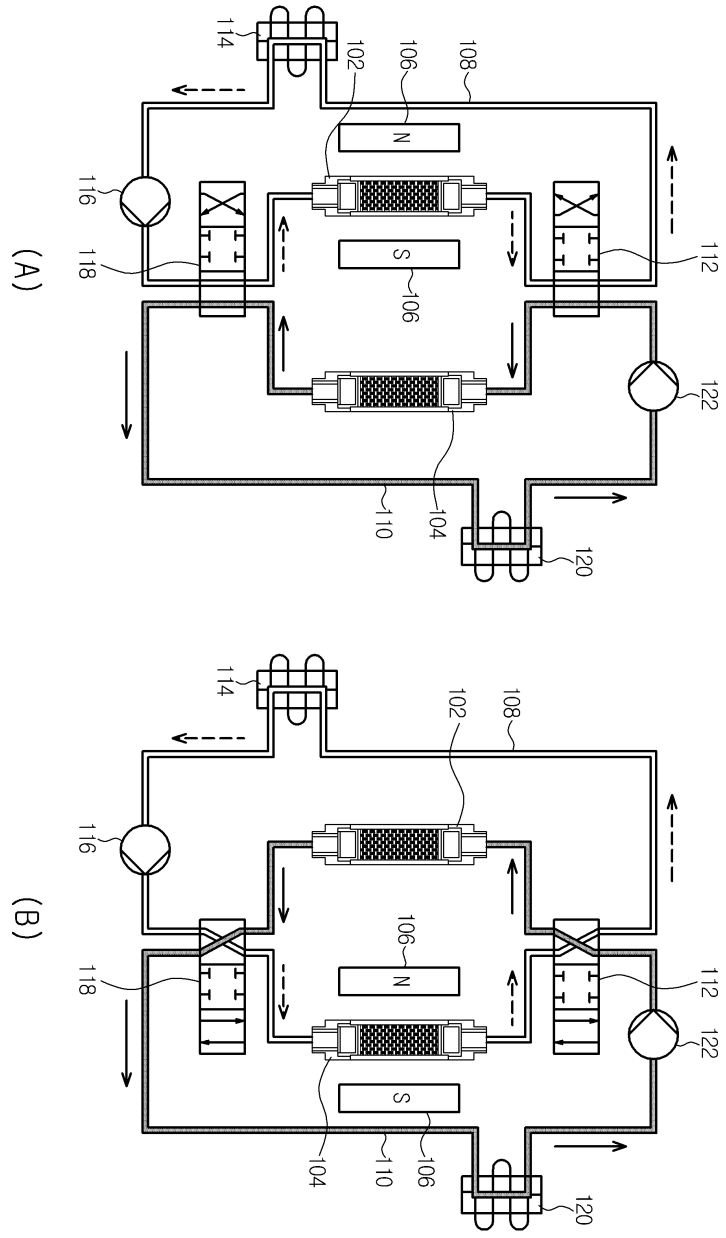
118 : 저온 측 밸브

120 : 저온 측 열 교환기

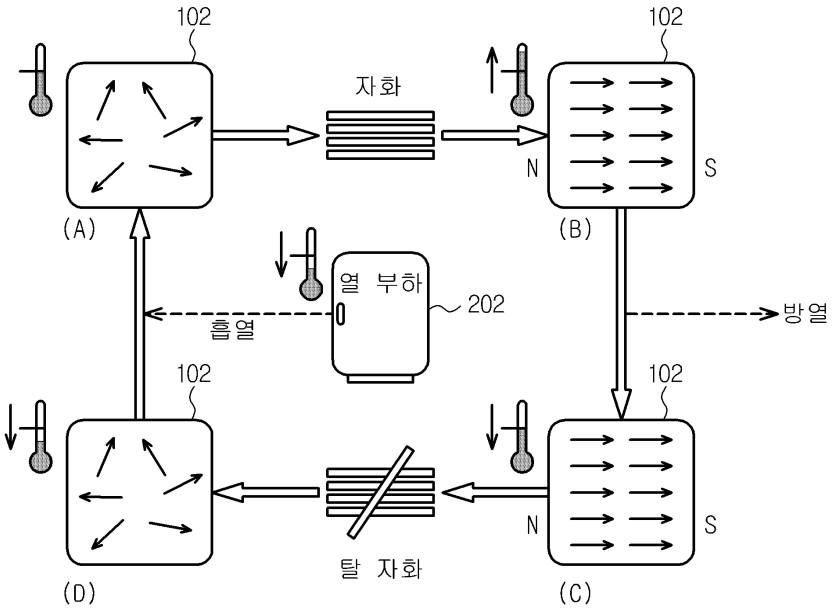
122 : 저온 측 펌프

도면

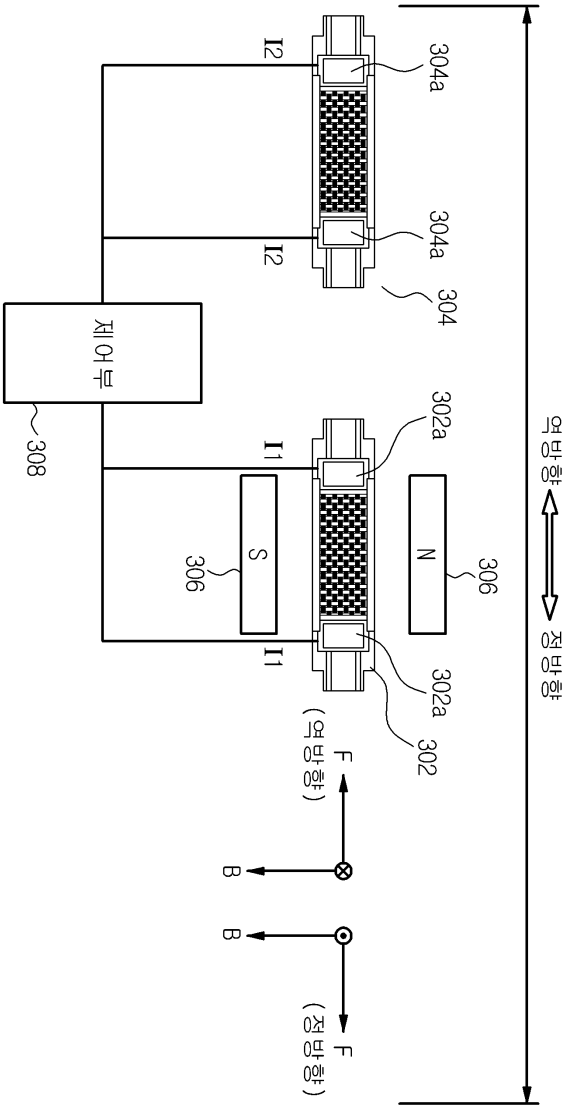
도면1


(A)
114
102
106
108
N
116
118
S
106
112
122
110
104
120
(B)
114
102
108
116
106
N
118
112
122
S
104
110
106
120

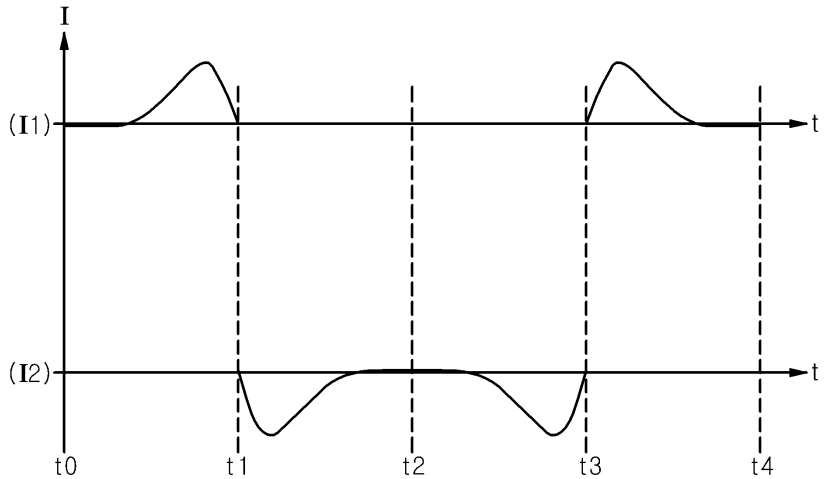
도면2



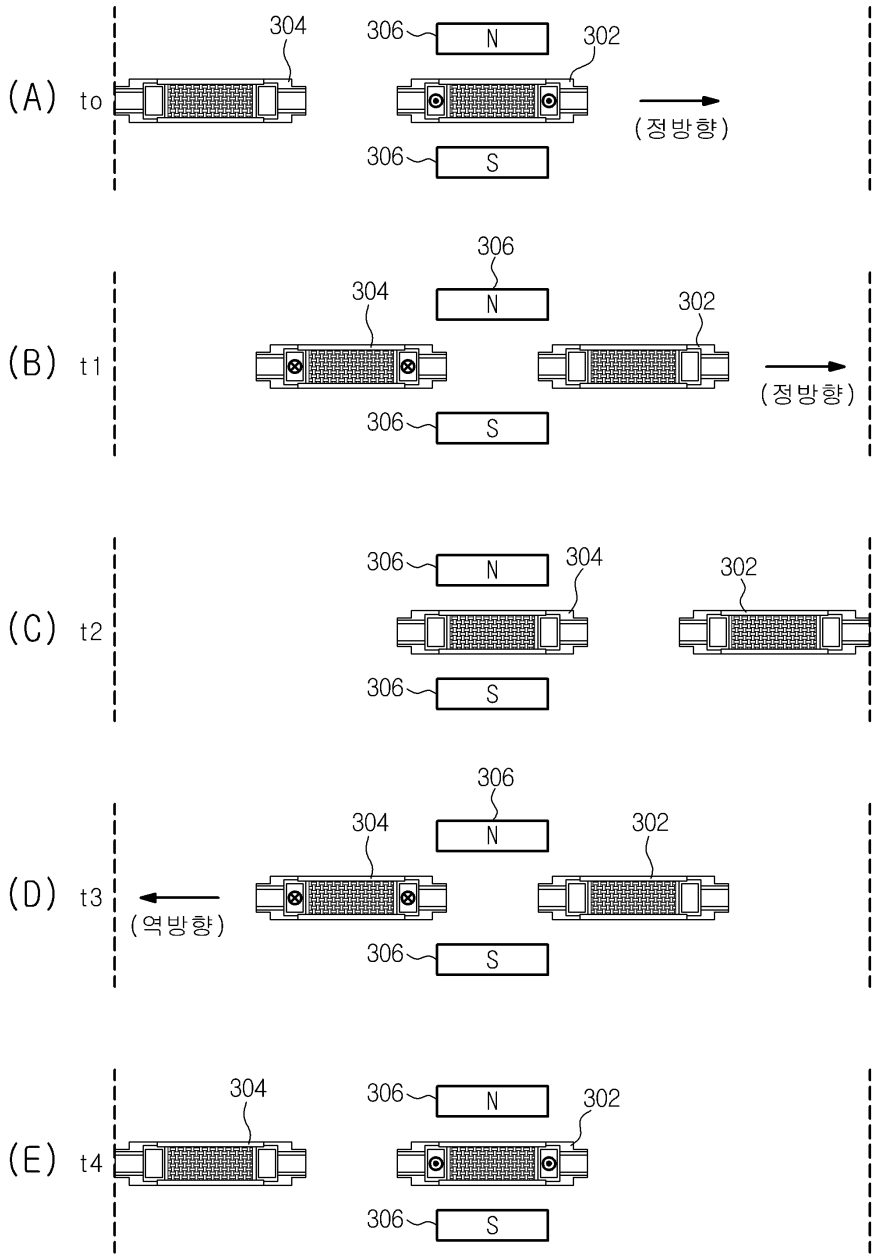
도면3


I2
304a
304a
I2
304
제어부
308
302a
I1
S
306
N
306
I1
302a
302
역방향
정방향
F
(역방향)
B
B
F
(정방향)

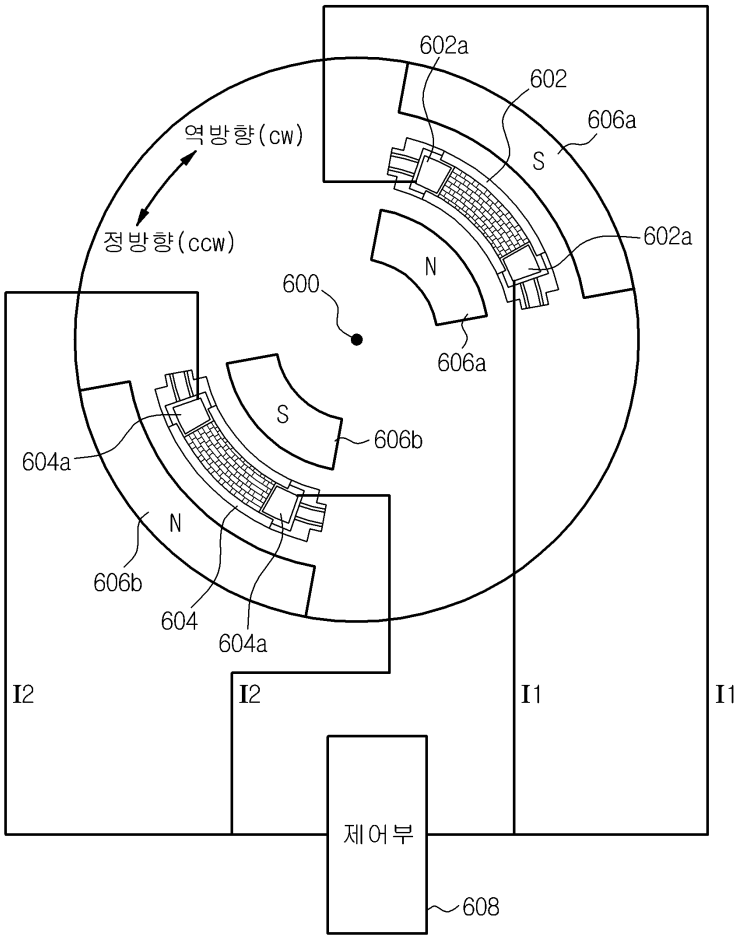
도면4


I
(I1)
t
(I2)
t
t0
t1
t2
t3
t4

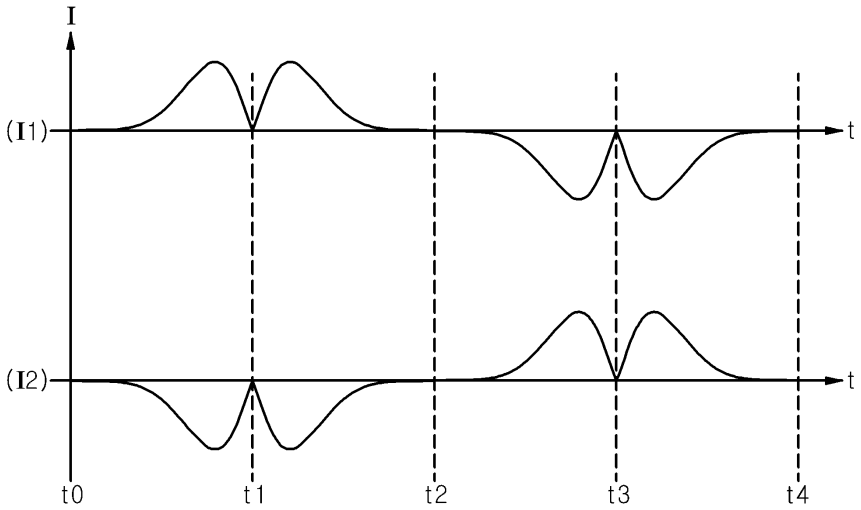
도면5


(A) to
304
306
N
302
306
S
(정방향)
(B) t1
306
304
N
302
306
S
(정방향)
(C) t2
306
N
304
302
306
S
(D) t3
306
304
N
302
(역방향)
306
S
(E) t4
304
306
N
302
306
S

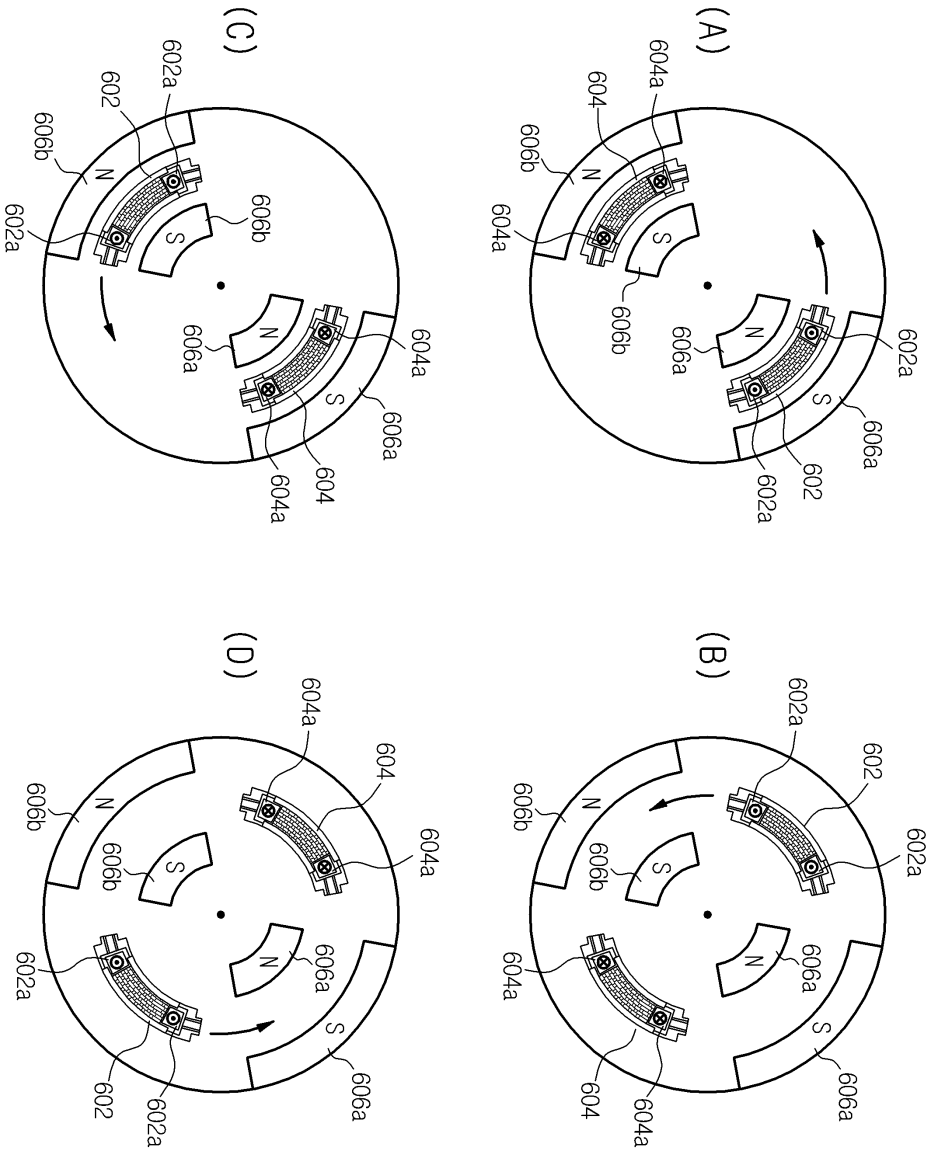
도면6


602a
602
606a
역방향(cw)
S
정방향(ccw)
602a
N
600
606a
S
606b
604a
N
606b
604
604a
I2
I2
I1
I1
제어부
608

도면7


I
(I1)
t
(I2)
t
t0
t1
t2
t3
t4

도면8



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 7의 3줄

【변경전】

상기 서로 마주보는 자석들

【변경후】

서로 마주보는 상기 자석들

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1의 3줄

【변경전】

상기 서로 마주보는 자석들

【변경후】

서로 마주보는 상기 자석들