



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0099052
(43) 공개일자 2009년09월21일

- (51) Int. Cl.
B01F 13/08 (2006.01) *C21C 7/10* (2006.01)
C22B 9/22 (2006.01) *F27D 23/04* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2009-7009488
 (22) 출원일자 2007년11월12일
 심사청구일자 없음
 (85) 번역문제출일자 2009년05월08일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2007/071945
 (87) 국제공개번호 WO 2008/056809
 국제공개일자 2008년05월15일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2006-305359 2006년11월10일 일본(JP)

- (71) 출원인
 도쿠리쓰교세이호징 가가쿠 기주쓰 신코 기코
 일본 사이타마켄 가와구치시 혼쵸 4쵸메 1반 8고
 가부시키가이샤 토호쿠 테크노 아치
 일본 980-0845 미야기켄, 센다이시, 아오바쿠, 아
 라마키, 아자 아오바 468
 가부시키가이샤 나노카스토
 일본 도쿄도 다이토쿠 하나카와도 1-3-6

- (72) 발명자
 다니구치 쇼지
 일본 미야기켄 센다이시 아오바쿠 가타히라 2쵸메
 1방 1고 고쿠리츠다이가쿠호진 도호쿠다이가쿠 나
 이
 안자이 코이치
 일본 미야기켄 센다이시 아오바쿠 가타히라 2쵸메
 1방 1고 고쿠리츠다이가쿠호진 도호쿠다이가쿠 나
 이
 (뒷면에 계속)

- (74) 대리인
 특허법인코리아나

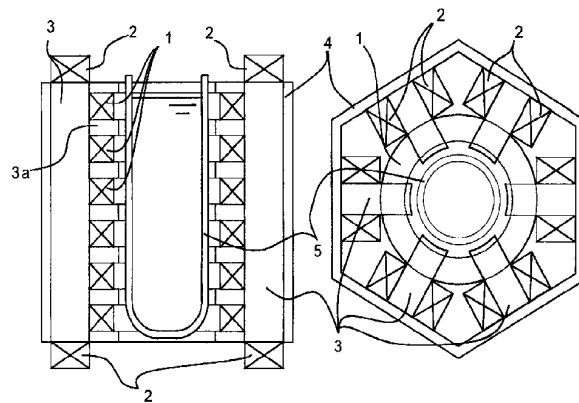
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 전자 교반 장치

(57) 요약

종래보다 우수한 교반력을 제공할 수 있는 전자 교반 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 용기 (5) 의 외
 주에 수직 방향을 따라 형성한 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (1) 과, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (1)
 의 외측에 형성한 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (2) 을 갖고, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (1) 의 내면
 까지 연장되는 빗살 (3a) 을 갖고, 자기 등방성을 갖는 자성 재료로 이루어지는 철심 (3) 을 수직 방향 이동 자
 계 발생용 코일 (1) 사이와 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (2) 사이에 삽입하여 구성되고 있다.

도 1



(72) 발명자

우에노 가즈유키

일본 미야기켄 센다이시 아오바쿠 가타히라 2쵸메
1방 1고 고쿠리츠다이가쿠호진 도호쿠다이가쿠 나
이

이타무라 마사유키

일본 도쿄도 다이토쿠 하나카와도 1-3-6 하나카와
도비루 205 가부시키가이샤 나노카스토 나이

시마사키 신이치

일본 미야기켄 센다이시 아오바쿠 가타히라 2쵸메
1방 1고 고쿠리츠다이가쿠호진 도호쿠다이가쿠 나
이

특허청구의 범위

청구항 1

용기의 외주에 수직 방향을 따라 형성한 수직 방향 이동 자계 발생용 코일과, 상기 수직 방향 이동 자계 발생용 코일의 외측에 형성한 회전 방향 이동 자계 발생용 코일을 갖고, 상기 수직 방향 이동 자계 발생용 코일의 내면 내지는 내측까지 연장되는 빗살을 갖고, 자기 등방성을 갖는 자성 재료로 이루어지는 철심을 갖는 것을 특징으로 하는 전자 교반 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 철심의 비저항이 전류 방향에 상관하지 않고 $0.1\Omega \cdot m$ 이상인 것을 특징으로 하는 전자 교반 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 철심의 복수개를 동심원 상에 방사상으로 늘어놓고, 회전 방향 이동 자계 발생용 코일의 외측에서 계절로 연결하여, 회전 방향 이동 자계의 자속을 가두는 것을 특징으로 하는 전자 교반 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 철심의 내측의 단면과 용기 사이의 거리는, 상기 용기 내경의 30% 이내가 되도록 한 것을 특징으로 하는 전자 교반 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 자성 재료는 페라이트 혹은 절연 코팅한 압분자심 재료인 것을 특징으로 하는 전자 교반 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 페라이트는 망간 아연 페라이트 혹은 니켈 아연 페라이트인 것을 특징으로 하는 전자 교반 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 회전 방향 이동 자계 발생용 코일과 상기 수직 방향 이동 자계 발생용 코일은 인가하는 전류를 각각 독립적으로 설정 혹은 제어할 수 있게 한 것을 특징으로 하는 전자 교반 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,
상기 회전 방향 전자력과 상기 수직 방향 전자력의 비율을 임의로 제어할 수 있게 한 것을 특징으로 하는 전자 교반 장치.

평 서

- <1> **기술분야**
- <2> 본 발명은 전자 교반 장치와 관련되어, 보다 상세하게는 비접촉으로 액체 금속을 강력하고 또한 균일하게 교반하는 2 축 이동 자계 교반 장치에 관한 것이다.
- <3> **배경기술**

- <4> 2 축 이동 자계 교반 장치는, 수직 방향 이동 자계와 회전 방향 이동 자계의 2 개를 중첩시켰을 때에, 그 양방의 자속(磁束)을 유효하게 용기 내의 액체 금속에 전달시켜, 액체 금속에 대해 회전 운동과 수직 방향 운동을 발생시킬 수 있는 전자 교반 장치이다. 종래, 2 축 이동 자계 교반 장치로서는, 특허 문헌 1 및 특허 문헌 2 에 기재된 기술이 알려져 있다.
- <5> 이 기술은, 도 8 에 나타내는 바와 같이, 원통형 용기 (11) 의 외주면에서 수직 방향을 따라 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (13) 을 형성함과 함께, 용기 (11) 의 외주면에서, 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (12) 을 형성하고 있다. 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (12) 에 의해 용기 (11) 내에 수용된 액체 금속에 대해 회전 운동이 발생되고, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (13) 에 의해 상기 액체 금속에 대해 수직 방향 운동이 발생된다.
- <6> 그러나, 특허 문헌 1 및 특허 문헌 2 에 기재된 기술에 있어서는, 자속의 누설이 발생하여 그 결과 충분한 교반력이 얻어지지 않는다는 문제를 갖고 있다.
- <7> 한편, 자속의 누설을 방지함으로써 교반력을 크게 하고자 하는 기술로서, 회전 방향 이동 자계 발생용 코일과, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 사이에 철심을 삽입한 기술이 특허 문헌 3 에 기재되어 있다. 특허 문헌 3 의 「도 2」를 도 9 에 나타낸다.
- <8> 이 도면은, 내측에 수직 방향 이동 자계용의 코일 (111) 을 배치하고, 외측에 회전 방향 이동 자계용의 코일 (113) 을 배치한 예를 나타내고 있다. 즉, 액체 금속용 용기 (103) 와, 그 용기 (103) 의 수직 방향을 따라 형성한 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (111) 과, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (111) 의 외주에 둘레 방향을 따라 형성한 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (113) 과, 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (113) 의 중앙에 삽입하고, 또한, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (111) 의 내면까지 연장한 빗살을 갖는 철심 (109) 을 구비하고 있다.
- <9> 특허 문헌 3 의 「도 3」에 나타낸 도면을 도 10 에 나타낸다.
- <10> 이 도면은, 외측에 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (111) 을, 내측에 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (113) 을 배치한 예를 나타내고 있다.
- <11> 그런데, 특허 문헌 3 에 기재된 기술은 철심을 형성하지 않는 기술에 비하면 자속의 누설은 적다. 그러나, 용기 내의 액체 금속에 대한 교반력에 대해 보면, 철심을 형성한 경우에 비해 비약적으로 향상되고 있는 것은 아니다.
- <12> 특허 문헌 1 : 일본 공개특허공보 2003-220323호
- <13> 특허 문헌 2 : 일본 공개특허공보 2007-144501호
- <14> 특허 문헌 3 : 일본 공개특허공보 소54-163729호
- <15> **발명의 개시**
- <16> **발명이 해결하고자 하는 과제**
- <17> 본 발명은 종래보다 우수한 교반력을 부여할 수 있는 2 축 이동 자계 교반 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- <18> **과제를 해결하기 위한 수단**
- <19> 본 발명은, 액체 금속 용기의 외주에 수직 방향을 따라 형성한 수직 방향 이동 자계 발생용 코일과, 그 수직 방향 이동 자계 발생용 코일의 외측에 형성한 회전 방향 이동 자계 발생용 코일과, 그 수직 방향 이동 자계 발생용 코일의 내면까지 연장되는 빗살을 갖고, 자기 등방성을 갖는 자성 재료로 이루어지는 철심을, 그 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 사이와 그 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 사이에 삽입한 것을 특징으로 하는 액체 금속용 전자 교반 장치이다.
- <20> **발명의 효과**
- <21> 본 발명의 작용·효과를 본 발명을 달성함에 있어서 얻은 지견과 함께 설명한다.
- <22> 본 발명자는, 자속 누설을 방지하기 위해서 코일 사이에 철심을 넣은 경우에도 반드시 우수한 교반력이 얻어지지 않는 이유를 예의 탐구하였다.

- <23> 그 결과 다음의 지건을 얻었다.
- <24> 도 9 에서는, 내측에 수직 방향 이동 자계용의 철심 (109) 을, 외측에 회전 방향 이동 자계용의 철심 (108) 을 배치하고 있다. 철심 (108, 109) 은, 판이 적층체에 의해 구성되어 있다. 그리고, 수직 방향 이동 자계용의 철심 (109) 은 적층 방향을 둘레 방향으로 하고, 회전 방향 이동 자계용의 철심 (108) 은 적층 방향을 수직 방향으로 하여 배치하고 있다. 즉, 자속의 누설을 확실하게 폐쇄하기 위해서, 철심 (108, 109) 은 자기 이방성을 부여되어 있다.
- <25> 그런데, 철심 (108, 109) 은 이방성을 갖고 있기 때문에, 수직 방향 이동 자계에 의해 외측의 철심 (108) 에 와전류가, 회전 방향 이동 자계에 의해 내측의 철심 (109) 에 와전류가 흘러 손실이 발생한다.
- <26> 도 10 은, 외측에 수직 방향 이동 자계용의 철심을, 내측에 회전 방향 이동 자계용의 철심을 배치한 예이지만, 도 9 와 동일하게 와전류가 흘러 손실이 발생하는 것은 동일하다.
- <27> 즉, 2 축 이동 자계에 있어서는, 타축의 영향을 받아 철심에서의 와전류의 발생을 초래하여 그것이, 교반력에 한계를 제공하는 원인일 것이라는 지건을 얻었다.
- <28> 이와 같이, 2 축 이동 자계의 경우에는, 타축 이동 자계로부터의 영향도 방지하는 것이 중요하다는 상기 견지에 기초하여, 자기 등방성의 재료에 의해 철심을 구성하는 것을 시도한 바, 우수한 교반력을 얻을 수 있게 되었다.
- <29> 또한, 도 10 에 있어서는, 상기 이외의 이유로서 수직 방향 이동 자계 발생용 코일이 액체 금속으로부터 먼 위치에 배치되어 있기 때문에, 수직 방향의 교반 능력은 거의 기대할 수 없어, 교반력이 작은 원인이 되고 있다. 본 발명에서는, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일을 내측에 배치하고 있다.
- <30> 또한, 도 9, 도 10 의 장치에서의 와전류 손실은, 단순히 교반력의 저하에 머무르지 않고, 철심의 온도 상승을 초래하며 특히 고온의 액체 금속을 교반할 때에는 그 냉각이 필요하다. 그에 반해, 본원 발명에서는, 와전류의 발생에 의한 온도 상승은 없기 때문에 냉각을 반드시 실시할 필요는 없다. 또, 자기 등방성 재료로 철심을 구성하고 있는 경우에도, 전자 교반 장치의 외부에 대한 자속 누설은 방지할 수 있다.
- <31> (발명의 효과)
- <32> 본 발명에서는, 2 축 이동 자계 교반의 2 개의 자속의 방향에 대응하기 위해, 이방성이 없고 무방향성의 (즉 등방성의) 철심 재료를 사용하여 철심을 구성하고 있다. 종래보다 현격히 강력한 2 축 이동 자계 교반을, 와전류의 손실을 억제한 상태로 실시할 수 있다.
- <33> 와전류의 손실이 억제된 결과, 철심의 발열을 저감시킬 수 있다. 이것은 또, 철심 내측의 단면과 액체 금속 사이의 거리 (갭) 를 작게 하여, 수직 방향 전자력을 유효하게 작용시킬 수 있게 된다.
- <34> 그 결과, 보다 큰 교반력을 용체에 부여할 수 있게 된다.
- <35> **도면의 간단한 설명**
- <36> 도 1 은 철심을 갖는 2 축 이동 자계 교반 장치의 구성예로서, 수직 방향 이동 자계, 회전 방향 이동 자계의 양방의 자속에 대응한 철심이기 때문에, 와전류에 의한 손실이 없다.
- <37> 도 2 는 2 축 이동 자계 교반 장치에서의 수직 방향 이동 자계의 자력선도 (철심 있음) 로서, 철심이 있는 경우의 자력선도의 일례.
- <38> 도 3 은 2 축 이동 자계 교반 장치에서의 수직 방향 이동 자계의 자력선도 (철심 없음) 로서, 철심이 없는 경우의 자력선도의 일례.
- <39> 도 4 는 2 축 이동 자계 교반 장치에서의 수직 방향 이동 자계의 자속밀도 (철심 있음) 로서, 철심이 있는 경우의 자속밀도의 일례.
- <40> 도 5 는 2 축 이동 자계 교반 장치에서의 수직 방향 이동 자계의 자속밀도 (철심 없음) 로서, 철심이 없는 경우의 자속밀도의 일례.
- <41> 도 6 은 2 축 이동 자계 교반 장치에서의 회전 방향 이동 자계의 자력선 도 면 (철심 있음) 으로서, 철심이 있는 경우의 자력축 도면의 일례.
- <42> 도 7 은 철심 내측의 단면과 액체 금속 사이의 거리 (갭) 의 크기에 의한 전자력의 차이를 나타내는

그래프이다.

- <43> 도 8 은 종래의 2 축 이동 자계 교반 장치의 사시도이다.
- <44> 도 9 는 종래의 2 축 이동 자계 교반 장치로서, (a) 는 종단면도, (b) 는 횡단면도이다.
- <45> 도 10 은 종래의 2 축 이동 자계 교반 장치로서, (a) 는 종단면도, (b) 는 횡단면도이다.
- <46> **부호의 설명**
- <47> 1 수직 방향 이동 자계 발생용 코일
- <48> 2 회전 방향 이동 자계 발생용 코일
- <49> 3 수직 및 회전 방향 이동 자계용 철심
- <50> 4 회전 방향 이동 자계용 계철
- <51> 5 용기
- <52> 11 용기
- <53> 12 회전 방향 이동 자계 발생용 코일
- <54> 13 수직 방향 이동 자계 발생용 코일
- <55> S 액체 금속
- <56> 108 회전 방향 이동 자계용 철심
- <57> 109 수직 방향 이동 자계용 철심
- <58> 111 수직 방향 이동 자계 발생용 코일
- <59> 113 회전 방향 이동 자계 발생용 코일
- <60> **발명을 실시하기 위한 최선의 형태**
- <61> 본 발명에 있어서는, 상기 철심의 비저항이 전류 방향에 상관없이 $0.1\Omega \cdot m$ 이상인 것이 바람직하다.
- <62> $0.1\Omega \cdot m$ 미만을 경계로 하여 철심을 흐르는 와전류에 의한 손실이 급격하게 커진다. 따라서, $0.1\Omega \cdot m$ 이상이 바람직하다. $0.1 - 1000\Omega \cdot m$ 이 바람직하다.
- <63> 또한, 재료로서는, 페라이트, 절연 코팅한 압분자심(壓粉磁心) 재료, 철계 아모르퍼스 등도 사용할 수 있다.
- <64> 페라이트는 자기 등방성 재료이다. 철심으로서 사용되는 연자성 재료로서는, Ni-Zn 계, Mn-Zn 계, Cu-Zn 계 등을 들 수 있다. 또, 페라이트 이외에도, 자기 등방성이고 연자성 재료로서, 무방향성 규소강 (Fe-Si 합금), 퍼멀로이 (Fe-Ni 합금), 샌더스트 (Fe-Si-Al 합금), 퍼넨듀어 (Fe-Co 합금), 아모르퍼스 금속, 기타 (금속 분말을 소결한 것 등) 를 들 수 있다.
- <65> 본 발명에 있어서는, 상기 철심의 복수개를 동심원 상에 방사상으로 늘어놓고, 회전 방향 이동 자계 발생용 코일의 외측에서 계철로 연결하여, 회전 방향 이동 자계의 자속을 가두는 것이 바람직하다.
- <66> 이로써, 자속의 누설을 한층 더 방지할 수 있고, 그것에 의해, 한층 더 우수한 교반력을 얻을 수 있게 된다.
- <67> 본 발명에 있어서는, 상기 철심의 내측의 단면과 액체 금속 용기 사이의 거리를 용기 내경의 30% 이내로 유지하는 것이 바람직하다.
- <68> 특히 문헌 3 에 기재된 기술에 있어서는, 와전류의 발생에 의해 철심의 온도 상승을 초래한다. 그 이상의 온도의 상승을 방지하기 위해서는, 철심은 고온인 용기에 접근시키는 것에 한계가 있었다. 즉, 도 9, 도 10 에 나타내는 장치에 있어서는, 철심을 용기에 접근하는 것에 저해 인자가 있었다. 그 때문에, 도 9, 도 10 에 있어서는, 그 도면이 나타내는 바와 같이, 용기 내경의 약 100% 가까운 갭을 취하고 있다.
- <69> 그런데, 본 발명에 있어서는, 와전류에 의한 발열을 방지하고 있기 때문에 용기 바로 옆까지 근접시킬 수 있다.
- <70> 액체 금속 용기 내경의 30% 이내로 한 경우에는, 갭이 없는 경우의 힘과 비교하여, 그 전자력은 40% 정도가 된

다. 즉 전자력의 대략 40% 이상을 유효하게 작용시킨다는 이유로부터 30% 이내가 바람직하다.

- <71> 고온의 금속 용체를 코일·철심에 근접시키면, 코일·철심의 온도에 영향을 준다. 코일·철심은 내열 온도에 상한이 있기 때문에, 이 내열 온도를 웃돌지 않게 열 설계를 실시하면 된다.
- <72> 예를 들어, 코일·철심의 강제 냉각 (공냉·수냉) 을 실시하거나, 금속 용체와 코일·철심 사이의 단열 기구를 형성하면 된다.
- <73> 예를 들어, 고온의 금속 용체의 바로 근처에서 초전도 코일 (액체 헬륨으로 냉각시키기 때문에 극저온) 을 가동시켜도 된다. 이와 같은 단열 기구를 사용하면, 상당한 정도까지 금속 용체와 코일/철심을 근접시킬 수 있게 된다.
- <74> 이상과 같은 이유에서, 단면 용기 사이 거리에 하한은 없다.
- <75> 본 발명에 있어서는, 상기 철심의 재료 특성이 방향성을 갖지 않는 자성 재료를 사용한다. 이러한 재료로서는, 페라이트, 절연 코팅한 압분 자성 재료가 바람직하게 사용된다.
- <76> 또, 페라이트로서는, 비저항율이 낮다는 이유에서 망간 아연 페라이트 혹은 니켈 아연 페라이트가 바람직하다.
- <77> 본 발명에 있어서는, 상기 회전 방향 이동 자계 발생용 코일과 상기 수직 방향 이동 자계 발생용 코일은, 각각 독립적으로 제어할 수 있게 하는 것이 바람직하다.
- <78> 독립적으로 제어할 수 있게 함으로써, 상기 액체 금속에 대해 회전 운동 및 수직 방향 운동을 독립적으로 제어하여 인가할 수 있고, 상기 액체 금속의 교반 정도를 자유롭게 설정할 수 있다. 또, 회전 방향과 수직 방향의 양방의 전자력을 동시에 인가하면, 회전 운동을 손상시키지 않고 수직 방향 운동이 중첩된다. 회전 방향 전자력과 상기 수직 방향 전자력의 비율을 임의로 제어할 수 있게 하면, 그 비율을 제어함으로써 회전 운동과 수직 방향 운동의 비율도 제어할 수 있다. 또, 상기 용기의 수직 방향에서의 리니어 교반에서 회전 교반까지, 교반 모드를 자유롭게 변화시킬 수 있다. 또한, 이와 같은 독자적인 제어에 의해 상기 액체 금속의, 상기 용기 내의 외주부 및 중앙부에서 하강류 및 상승류를 간단하고 쉽게 생성시킬 수 있으며, 상기 액체 금속의 액면을 평탄하게 유지할 수 있다.
- <79> 금속 정련 프로세스를 예로 든다. 예를 들어, 금속 정련 프로세스에서는, (1) 반응 속도의 상승이나, (2) 온도·성분의 균일화, (3) 개재물 응집의 촉진등을 목적으로 하여, 여러가지 교반이 사용된다. 기본적으로 교반 강도가 강하면 강할수록, 상기 목적에 있어서는 형편상 좋다.
- <80> 한편으로, 교반을 강하게 하면, 필연적으로 액면의 혼란이 커진다. 금속 정련 프로세스에서는, 액면에 슬래그나 파우더 등을 뜨게 하고 있는 경우가 많고, 또, 슬래그나 파우더 등을 사용하지 않는 경우에도, 액면에는 금속 산화물이 있다. 액면이 흐트러지면 이들 이물질 (개재물) 을 액내로 포함되게 하여, 제품 품질에 악영향을 준다. 즉, 교반을 강하게 하고 싶지만, 액면은 평탄하면서 평온하게 유지하고자 하는 요구가 있다.
- <81> 실제로, 이 상반되는 성질을 달성하기 위해서, 교반을 가하면서, 액면 근방에 전자 브레이크를 적용하여 액의 속도를 저하시키는 등의 여러가지 연구가 집중되어 왔다. 2 축 이동 자계 교반의 최대의 특징은, 액면을 평탄하면서 평온하게 유지한 채로, 액내부에 강력한 교반을 인가할 수 있다.
- <82> **실시예 1**
- <83> 본 발명의 실시예를 도 1, 도 2 에 기초하여 설명한다.
- <84> 본 예의 장치는, 용기 (5) 의 외주에 수직 방향을 따라 형성한 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (1) 과, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (1) 의 외측에 형성한 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (2) 을 갖고, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (1) 의 내면까지 연장되는 빗살 (3a) 을 갖고, 자기 등방성을 갖는 자성 재료로 이루어지는 철심 (3) 을, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (1) 사이와 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (2) 의 사이에 삽입하여 구성되어 있다.
- <85> 이하에 본 실시예를 보다 상세하게 설명한다.
- <86> 용기 (5) 에는, 예를 들어, 내경 55mm, 높이 150mm 의 금속제 용기를 사용한다. 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (2) 에는, 예를 들어, 직사각형상의 코일 피스를 사용한다. 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (1)

에는, 예를 들어, 원형 모양의 코일 피스를 사용한다.

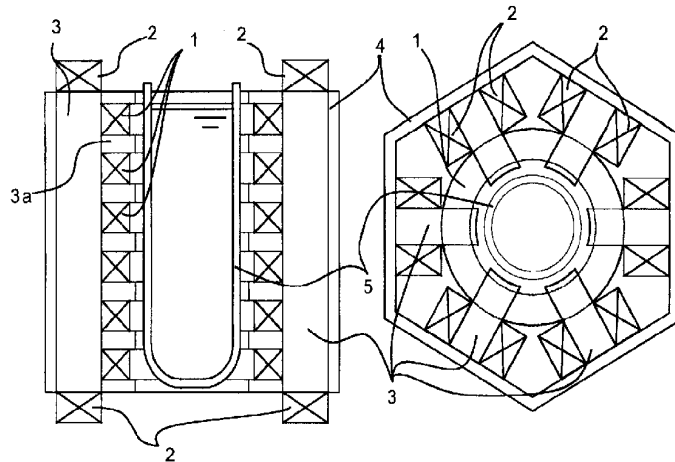
- <87> 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (2) 에는, 예를 들어, 50Hz 의 3 상 교류 전원으로부터 전압 조정기를 거쳐 통전하고, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (3) 에는 주파수 가변의 인버터를 거쳐 임의 주파수의 3 상 교류를 통전한다.
- <88> 또한, 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (2) 및 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (1) 의 수는 특별히 한정되지 않고, 용기 (5) 내에 수용되어 교반해야 할 액체 금속의 종류 및 양, 그리고 교반 모드 및 강도 등에 따라 임의로 설정한다. 도 1 에 나타내는 예에서는, 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (2) 및 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (1) 의 수는, 각각 6 개로 하고 있다.
- <89> 또한, 코일의 수를 6 개에 한정할 필요는 없다. 그러나 전원으로서 3 상 교류를 사용한 경우에는, 코일의 수는 3 의 배수개로 한다.
- <90> 회전 방향 이동 자계 발생용 코일은, 서로 대향한 1 쌍 2 개의 코일이 관통 자장을 만들어 내기 때문에, $3 \times 2 = 6$ 개가 바람직하다. 3 개인 경우에는, 자장이 관통하지 않기 때문에, 교반력은 약해진다. 12 개인 경우에는, 실장하는 스페이스를 취할 수 없을 우려가 있다. 따라서, 6 개가 최적이다.
- <91> 수직 방향 이동 자계 발생용 코일에 대해서도 동일하게 3 개, 6 개, 12 개, 18 개, 24 개 등의 구성도 가능하다. 단, 3 개의 구성에서는 교반력이 너무 약하고, 18 개 이상은 불필요하게 장치가 커진다. 따라서, 6 개가 최적이고, 12 개가 다음으로 바람직하다.
- <92> 한편, 본 예에서는, 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 및 수직 방향 이동 자계 발생용 코일의 수에 대응시켜, 종단면에 있어서는 7 개의 빗살 (3a) 을 형성하고 있다. 빗살 (3a) 은 용기 (5) 측에 연장되어 있고, 그 선단은 수직 방향 이동 자계 발생용 코일 (1) 의 내면까지 연장되어 있다. 도 1 에 나타내는 예에서는, 내면으로부터 다시 용기 (5) 측으로 연장되어, 용기 (5) 의 외벽 바로 옆까지 연장되어 있다.
- <93> 철심 (3) 은, 둘레 방향으로 등간격으로 6 개 형성되어 있고, 각각의 철심은 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (2) 사이에 삽입시키고 있다. 또, 6 개의 철심은, 회전 방향 이동 자계 발생용 코일 (2) 의 외측에 있어서 계철 (4) 에 의해 연결되어 있다. 또한, 철심 및 계철 (4) 은, 모두 2 축 이동 자계 교반 장치에 의해 발생한 자속으로 포화되지 않도록 충분히 큰 단면을 갖도록 설정하는 것이 바람직하다.
- <94> (실험 1)
- <95> 다음으로, 구체적으로 다음의 값으로 설정하여 실험을 실시하였다.
- <96> 철심
- <97> 재질 : Ni-Zn 페라이트
- <98> 비저항 : $3\Omega \cdot m$
- <99> 용기
- <100> 재질 스테인리스 (SUS304)
- <101> 내경 140mm
- <102> 두께 8mm
- <103> 액체 금속의 액높이 : 690mm
- <104> 갭 : 21mm (갭과 용기 내경의 비 : 약 13%)
- <105> 전류 조건
- <106> 수직 방향 이동 자계 :
- <107> 상간 전압 : 400V
- <108> 선전류 : 30A
- <109> 회전 방향 이동 자계 :

- <110> 상간 전압 : 315V
- <111> 선전류 : 30A
- <112> 상기 조건으로 자력선, 자속밀도를 측정하였다.
- <113> 도 2 에 본 예에 관련된 장치에 있어서의 수직 방향 이동 자계의 자력선도를, 도 4 에 수직 방향 이동 자계의 자속밀도를, 도 6 에 회전 방향 이동 자계의 자력선도를 나타낸다.
- <114> <비교예 1>
- <115> 본 예에서는, 실시예 1 에 있어서 철심을 사용하지 않고 동일한 실험을 실시하였다.
- <116> 철심을 사용하지 않는 것 이외에는 실시예 1 과 동일한 조건이다. 실험 결과를 도 3, 도 5 에 나타낸다.
- <117> 도 4 는 철심이 있는 경우, 도 5 는 철심이 없는 경우의 자력선도이다. 철심에 따라 자속밀도의 분포가 크게 상이한 것을 알 수 있다.
- <118> 도 6 은 철심이 있는 경우, 도 7 은 철심이 없는 경우의 자속밀도를 나타내고 있다. 동일한 전원을 사용한 경우, 철심의 유무에 따라 그 자속밀도는 대략 2 배 정도 상이하다.
- <119> 교반 전자력은 자속밀도의 제곱으로 작용하고 있으므로, 결과적으로 교반력은 약 4 배로 향상되어 있다.
- <120> 도 8 은 철심이 있는 경우의 회전 방향 이동 자계의 자력선도이다. 수직 방향과 동일하게, 철심이 있는 것에 의해 자속이 중앙의 액체 금속부까지 도달하고 있는 것을 알 수 있다.
- <121> 실시예 2
- <122> 본 예에서는, 철심 내측의 단면 (즉, 빗살의 단면) 과 액체 금속 사이의 거리 (갭) (도 2 에 L로 도시함) 와 교반력의 관계를 다음과 같이 하여 조사하였다.
- <123> 액체 금속의 표면 ($r = D/2$, 여기에서 D 는 용기 내경) 에 있어서 수직 방향 이동 자계에 의해 발생하는 수직 방향의 전자력
- <124>
$$F_z \Big|_{r=D/2}$$
- <125> 은, 일반적으로 이하의 식으로 나타낼 수 있다 (사단법인 일본 철강 협회 재료 전자 프로세싱 연구 그룹 편 : 재료 전자 프로세싱, 토호쿠대학 출판회, (1999)).
- <126>
$$F_z \Big|_{r=D/2} = \frac{\sigma \omega}{2K} \left(B_r \Big|_{r=D/2} \right)^2$$
- <127> 여기에서 ω 는 액체 금속의 도전율 (S/m), σ 는 인가 전류의 각 주파수 (rad/s), K 는 수직 방향 이동 자장의 파수 (1/m),
- <128>
$$B_r \Big|_{r=D/2}$$
- <129> 는 액체 금속의 표면에서의 자속의 반경 방향 성분 (T) 이다.
- <130>
$$B_r \Big|_{r=D/2}$$
- <131> 를 실험적으로 가우스 미터로 측정함으로써,
- <132>
$$F_z \Big|_{r=D/2}$$
- <133> 를 평가할 수 있게 된다. 이 전자력은 액체 금속을 구동하는 힘으로서, 교반력과 직접 관계되는 파라미터이다.
- <134> 용기 내경 (D) 을 변화시킨 경우의 전자력을 계산한 것을 도 7 에 나타낸다.

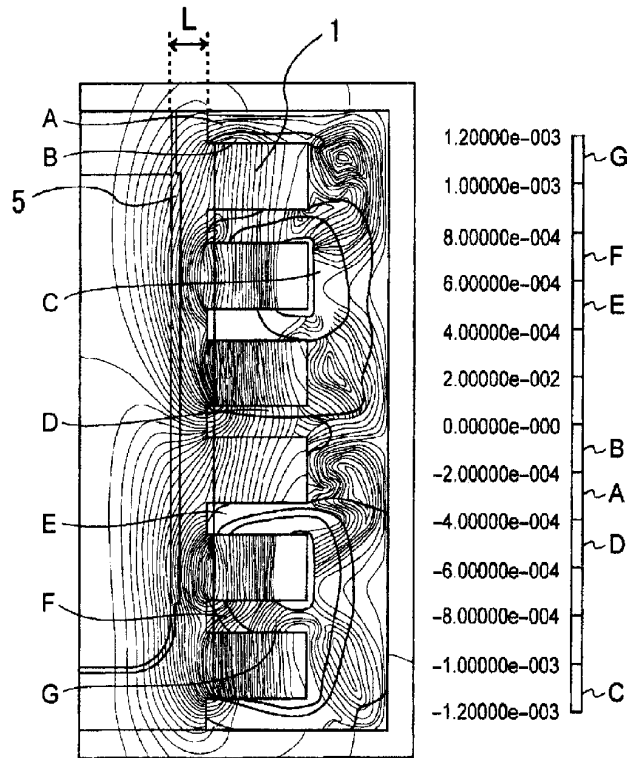
- <135> 도 7 은 동일한 수직 방향 이동 자계 발생용 코일을 사용하여, 용기 내경을 변경한 경우의 액체 금속 표면에 작용하는 수직 방향 전자력의 크기를 나타내고 있다. 가로축은 갭과 용기 내경의 비 (L/D), 세로축은 갭이 없는 경우로 규격화한 수직 방향 전자력이다.
- <136> 도 7 에 나타내는 바와 같이, 갭과 용기 내경의 비 (L/D) 가 커지면, 수직 방향 전자력이 작아지는 것을 알 수 있다.
- <137> L/D 를 작게 해 나가면, 30% 를 경계로 하여 전자력은 급격하게 상승하기 시작한다. 즉, L/D = 30% 에 임계점이 있는 것을 알 수 있다. 따라서, L/D 를 30% 이하로 하는 것이 바람직하다.
- <138> 그래서 본 발명에서는, 수직 방향 이동 자계 발생용 코일에 의해 발생한 자속을 효율적으로 액체 금속까지 유도하기 위해, 철심 내측의 단면을 수직 방향 이동 자계 발생용 코일보다 더욱 내측으로 연장된 철심 형상으로 하고 있다 (도 1 참조). 철심 내측의 단면과 액체 금속의 거리 (갭) 를 가능한 한 작게 함으로써, 고효율적인 교반을 가능하게 하고 있다.
- <139> **산업상이용가능성**
- <140> 본 발명은, 주로 금속 제조 분야에서 사용할 수 있다. 액체 금속에 종래보다 강한 교반을 부여할 수 있기 때문에 성분 농도나 온도의 균일화, 액체 금속 중의 개재물 입자의 응집 및 비대화 등에 적용할 수 있다.
- <141> 이상, 발명의 실시형태에 따라 본 발명을 설명했는데, 본 발명의 내용은 상기에 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 범주를 일탈하지 않는 한, 모든 변형이나 변경이 가능하다.

도면

도면1

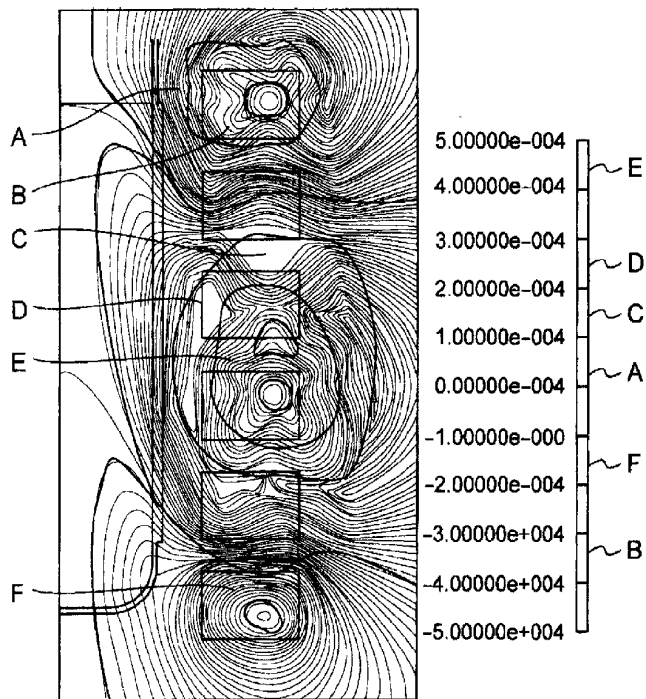


도면2



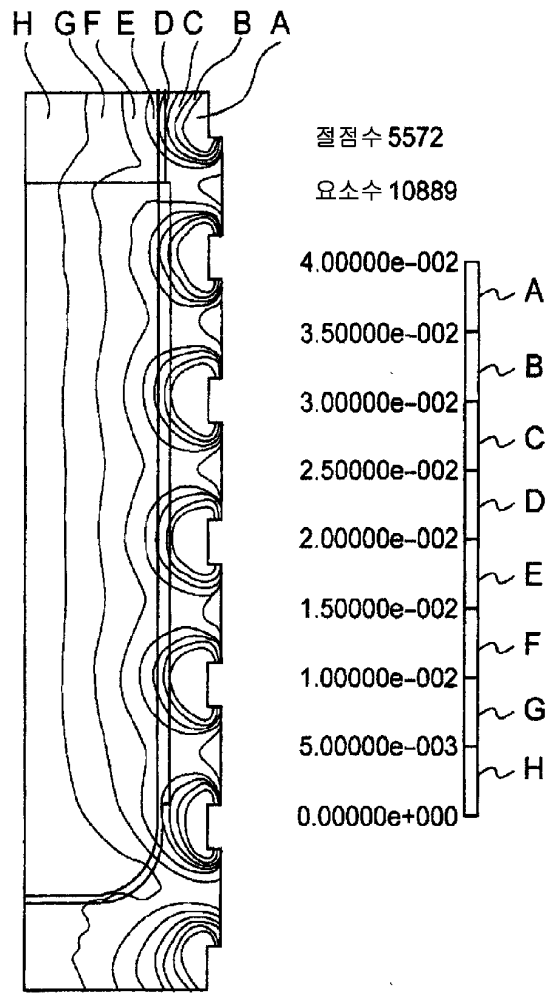
벡터포텐셜 (Z)[Wb/m]

도면3



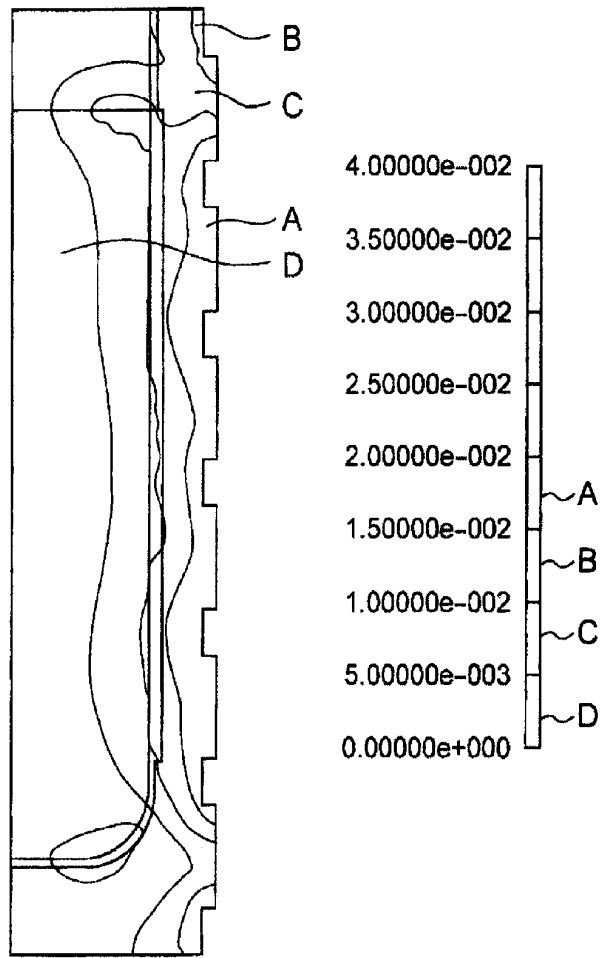
벡터포텐셜 (Z)[Wb/m]

도 4



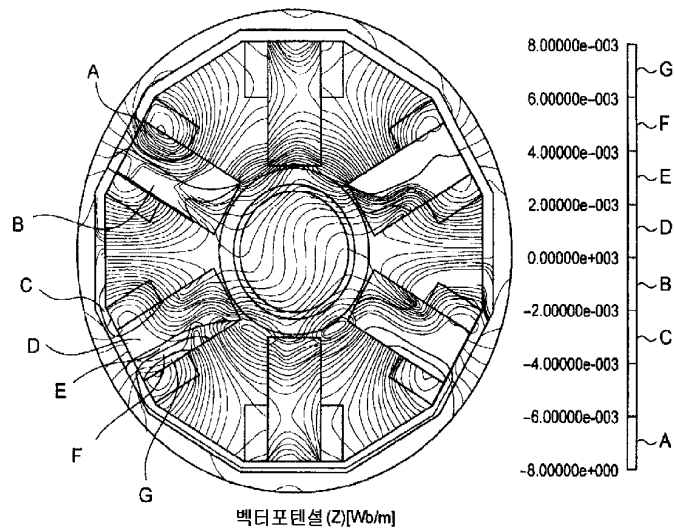
자속밀도(X)-강도(T) [Wb/m]

도면5



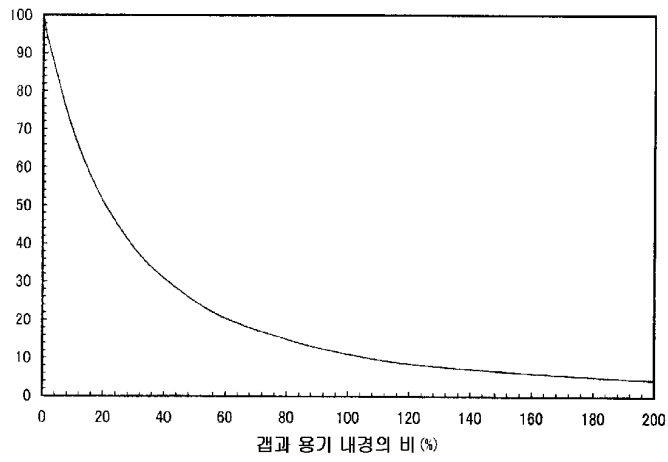
자속밀도(X)-강도[T]

도면6

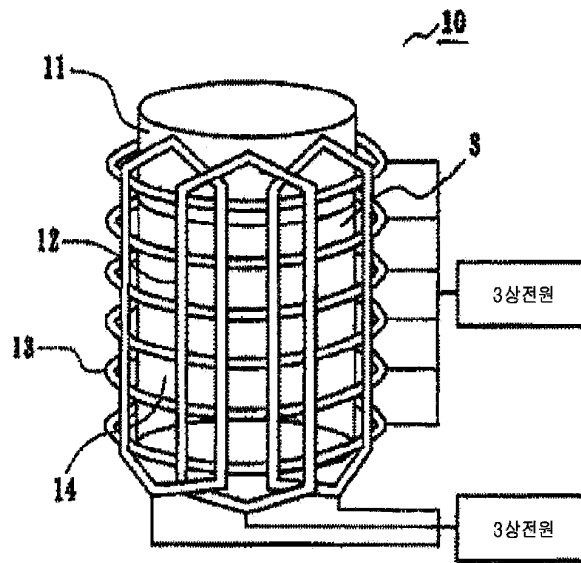


벡터포텐셜(Z)[Wb/m]

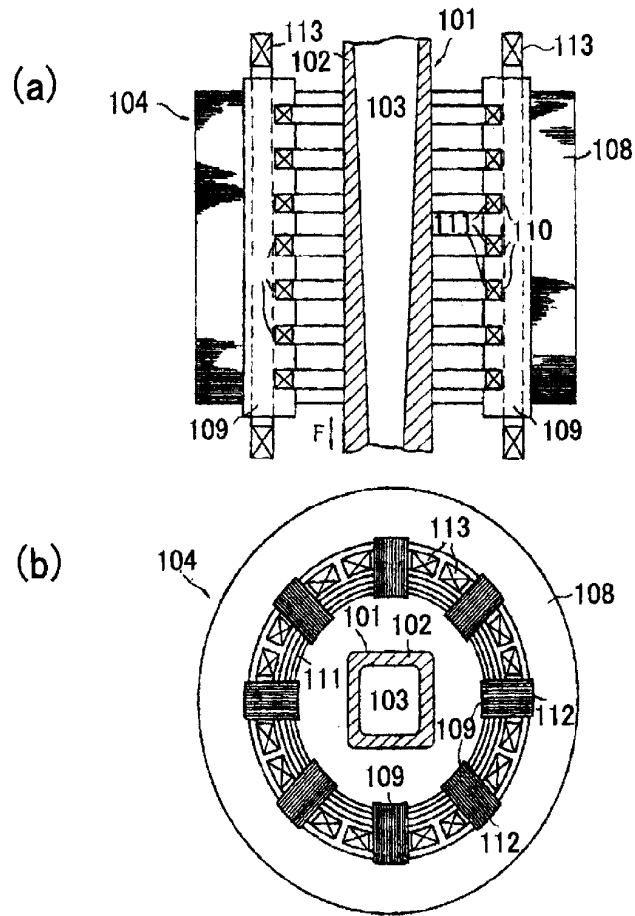
도 7



도 8



도면9



도면10

