



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0005226
(43) 공개일자 2010년01월14일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) Int. Cl.
B22D 11/115 (2006.01) B22D 11/11 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2009-7024475</p> <p>(22) 출원일자 2008년04월17일
심사청구일자 2009년12월15일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2009년11월24일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2008/057510</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2008/149608
국제공개일자 2008년12월11일</p> <p>(30) 우선권주장
JP-P-2007-150627 2007년06월06일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인
수미도모 메탈 인더스트리즈, 리미티드
일본 오사카 541 오사카시 추오-구 기따하마 4-쵸메 5-33</p> <p>(72) 발명자
오카다 노부히로
일본 오사카 오사카시 추오-구 기따하마 4-쵸메 5-33 수미도모 메탈 인더스트리즈, 리미티드 내
다카타니 고지
일본 오사카 오사카시 추오-구 기따하마 4-쵸메 5-33 수미도모 메탈 인더스트리즈, 리미티드 내
가와모토 마사유키
일본 오사카 오사카시 추오-구 기따하마 4-쵸메 5-33 수미도모 메탈 인더스트리즈, 리미티드 내</p> <p>(74) 대리인
한양특허법인</p> |
|--|---|

전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 강의 연속 주조 방법 및 주형 내 용강의 유동 제어 장치

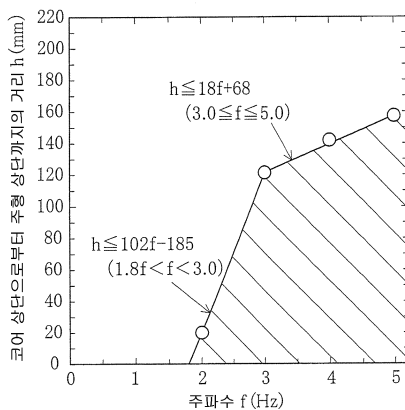
(57) 요약

전자 브레이크 · 전자 교반 겸용 코일에 있어서, 메니스커스 하의 전자 교반 성능도 뛰어난 것으로 한다.

주형 장변의 외주에 배치한 전자 코일에 직류 전류 또는 3상 교류 전류를 통전함으로써, 주형 내 용강에 전자 브레이크 또는 전자 교반을 선택적으로 작용시켜 강을 연속 주조하는 방법이다. 전자 코일(5)은, 각 장변에 2n개의 티스부(5a)를 가지며, 각 티스부(5a)는, 외측에 각각 와인딩(5c)을 행하고, 또한 2개에 대해, 외측에 와인딩(5d)을 행하여 하나로 합친다. 각 티스부(5a)를 갖는 전자 코일(5)의 코어부(5b)를, 메니스커스로부터 침지 노즐(1)의 토출 구멍(1a) 위치까지의 연직 방향의 범위에 배치한다. 주형(3) 내의 용강(2)을 전자 교반할 때에는, 메니스커스 하의 용강(2) 중에 유기되는 전자력을, 침지 노즐(1)의 토출 구멍(1a) 위치에 유기되는 전자력의 2배 이상으로 한다.

메니스커스 하에 있어서도 양호한 교반류를 형성할 수 있다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

주형 장변의 외주에 배치한 전자 코일에 직류 전류 또는 3상 교류 전류를 통전함으로써, 주형 내의 용강에 전자 브레이크 또는 전자 교반을 선택적으로 작용시켜 강을 연속 주조하는 방법으로서,

상기 전자 코일은,

각 장변에 2n개(n은 2 이상의 자연수)의 티스부를 가지며,

이들 각 티스부는, 외측에 각각 와인딩을 행하고, 또한 이들 와인딩을 행한 티스부는, 또한 2개에 대해, 외측에 와인딩을 행해 하나로 합침과 더불어,

이들 각 티스부를 갖는 자성체인 전자 코일의 코어부를, 메니스커스로부터 침지 노즐의 토출 구멍 위치까지의 연직 방향의 범위에 배치하고,

주형 내의 용강을 전자 교반할 때에는, 메니스커스 하의 용강 중에 유기되는 전자력을, 침지 노즐의 토출 구멍 위치에 유기되는 전자력의 2배 이상으로 하는 것을 특징으로 하는 강의 연속 주조 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

주형 내의 용강을 전자 교반할 때,

상기 코어부의 상단으로부터 주형 상단까지의 거리 h(mm)와, 상기 전자 코일에 인가하는 3상 교류 전류의 주파수 f(Hz)의 관계가, 하기 (1)식 및 (2)식을 만족하는 것을 특징으로 하는 강의 연속 주조 방법.

$$1.8 < f < 3.0 \text{ 일 때, } h \leq 102f - 185 \dots (1)$$

$$3.0 \leq f \leq 5.0 \text{ 일 때, } h \leq 18f + 68 \dots (2)$$

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 자연수 n이 2이고,

여자 코일(1~3, 4~6, 7~9, 10~12)이 각각 1개의 전자 코일이고, 여자 코일(1, 4, 7, 10)이 각각 2개의 티스부를 하나로 합치도록 와인딩을 행한 여자 코일이며,

여자 코일(1~3)을 갖는 전자 코일과, 여자 코일(4~6)을 갖는 전자 코일이 한쪽의 장변측에 차례로 배치되고, 다른쪽의 장변측의 여자 코일(7~9, 10~12)을 갖는 전자 코일은, 여자 코일(1~3, 4~6)을 갖는 전자 코일과 마주 보게 배치하는 것으로 했을 경우,

상기 각 전자 코일의 각 티스부에 와인딩을 행한 여자 코일(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 및 12)에,

A, B 및 C가, 3상 교류 전류에 있어서의 120도의 위상차를 갖는 각 위상으로 했을 경우에, 상기 여자 코일의 차례대로, -C, +B, +A, +C, -B, -A, -C, +A, +B, +C, -A 및 -B를 인가하거나,

또는 -C, +B, +A, -B, +A, +C, +B, -C, -A, +C, -A 및 -B를 인가하는 것을 특징으로 하는 강의 연속 주조 방법.

청구항 4

주형 장변의 외주에 배치한 전자 코일에 직류 전류 또는 3상 교류 전류를 통전함으로써, 주형 내의 용강에 전자 브레이크 또는 전자 교반을 선택적으로 작용시켜 강을 연속 주조하는 주형 내 용강의 유동 제어 장치로서,

이 유동 제어 장치는,

전자 코일과 직류 전원과 3상 교류 전원을 가지며,

전자 코일은, 각 장변에 2n개(n은 2 이상의 자연수)의 티스부를 갖고,

이들 각 티스부는, 외측에 각각 와인딩을 행하고, 또한 이들 와인딩을 행한 티스부는, 또한 2개에 대해, 외측에 와인딩을 행해 하나로 합쳐, 각 장변에 n개 배치함과 더불어,

이들 각 티스부를 갖는 자성체인 전자 코일의 코어부를, 메니스커스로부터 침지 노즐의 토출 구멍 위치까지의 연직 방향의 범위에 배치하고,

각 티스부의 폭을 W(mm), 주형폭을 L(mm)로 했을 경우, 2개의 티스부를 하나로 합치도록 와인딩을 행한 전자 코일의 각 장변당의 수 n이, 하기 (3)식을 만족하는 것을 특징으로 하는 주형 내 용강의 유동 제어 장치.

$$(L-80)/(3W+400) \leq n \leq (L+200)/(3W+200) \dots (3)$$

명세서

기술분야

<1> 본 발명은, 전자 브레이크 또는 전자 교반을 선택적으로 작용시키는 것이 가능한 전자 코일을 사용한 강의 연속 주조 방법, 및 이 연속 주조 방법을 실시하기 위한 주형 내 용강의 유동 제어 장치에 관한 것이다.

배경기술

<2> 일반적인 강의 연속 주조에서는, 2개의 토출 구멍을 갖는 침지 노즐을 이용해 주형 내에 용강을 급탕한다. 도 13은, 이 일반적인 연속 주조법에 있어서의 주형 내 용강의 유동 상태를 모식적으로 나타내는 종단면도이다. 침지 노즐(1)의 토출 구멍(1a)으로부터 나온 용강(2)은, 주형(3)의 단면(3a) 상의 응고 셸(2c)에 충돌한 후, 상승류(2a)와 하강류(2b)로 분기한다. 이 중의 상승류(2a)는, 또한 메니스커스(meniscus) 하에 있어서, 침지 노즐(1)을 향하는 수평류가 된다. 또한, 도 13 중의 4는 몰드 파우더를 나타낸다.

<3> 이 주형 내에 있어서의 용강의 유동 제어는, 조업상 및 주물편의 품질 관리상, 대단히 중요하다. 이 용강의 유동 제어를 실현하는 방법으로서, 침지 노즐의 형상을 고안하는 방법, 주형 내의 용강에 전자력을 작용시키는 방법 등이 있다. 근년은, 이들 방법 중에서, 용강에 전자력을 작용시키는 방법이 널리 이용되도록 되었다. 이 용강에 전자력을 작용시키는 방법에는, 침지 노즐로부터 토출되는 용강류(이후, 토출류라고 한다.)에 제동력을 작용시키는 전자 브레이크와, 용강을 전자력에 의해 교반하는 전자 교반의 2개의 방법이 있다.

<4> 전자 브레이크는, 상기 토출류가 주형 단면상의 응고 셸에 충돌하는 것에 의한 응고 셸의 재용해에 따르는 브레이크 아웃의 발생 방지나 품질 저하의 억제, 또는 메니스커스 하에서의 용강 유속을 억제해 주조 속도를 증가하는 것을 목적으로 하여 이용되고 있다. 한편, 전자 교반은, 품질 개선에 효과가 있는 것이 알려져 있고, 주로 고품질제의 주조에 이용되고 있다.

<5> 이들 전자 브레이크 장치 및 전자 교반 장치는, 각각 자성체 코어에 와인딩을 행한 전자 코일 장치로서 구성되어 있다. 자성체 코어에는, 강자성체인 철재가 이용되는 것이 많으며, 철심으로 불리는 것도 많다. 본 명세서에서는, 이후, 단순히 코어라고 호칭한다. 이 코어는, 전자 브레이크에는 연철이 이용되는 것이 많다. 한편, 교류 전류를 이용하는 전자 교반에서는, 전자 유도에 의한 철손(鐵損)을 경감하기 위해, 전자 강판이 이용된다.

<6> 통상, 이들 전자 코일 장치는, 전자 브레이크 또는 전자 교반의 어느 단독의 기능 밖에 가지지 않는다. 따라서, 이전부터 전자 브레이크와 전자 교반의 양 기능의 겸용화를 가능하게 하는 전자 코일 장치(이후, 겸용 코일이라고 한다.)가 개발되어 있다.

<7> 예를 들면 홀수개(3개 이상)의 티스부 중, 중앙의 티스부를 침지 노즐의 토출부에 위치시켜, 겸용 코일에 직류 전류, 다상 교류 전류, 또는 교직 중첩 전류를 선택적으로 인가하는 방법이 특허 문헌 1에서 개시되어 있다. 이 방법에 의해, 전자 브레이크 또는 전자 교반을 선택적으로 작용시키는 것이 가능하게 된다.

<8> [특허 문헌 1 : 일본 특허공개 소 63-188461호 공보]

<9> 그렇지만, 특허 문헌 1에서 개시된 기술에서는, 전자 브레이크를 작용시켰을 경우에, 침지 노즐을 직접 자속이 투과하므로, 중분열로 불리는 주조 결함이 발생하는 일이 많다. 또, 기본적으로 전자 브레이크를 작용시키는 경우에는, 주형을 두께 방향으로 관통하는 자속의 밀도를 높게 할 필요가 있기 때문에, 티스부의 폭을 짧게 할 필요가 있다.

<10> 한편, 전자 교반을 작용시키는 경우는, 대향하는 주형 벽면 근방의 용강의 흐름이 서로 반대 방향이 되는 흐름, 즉 선회류를 형성하는 것이 품질 개선에 효과적이다. 이 경우, 주형의 두께 방향으로 관통하는 자속은 효과적인

아니기 때문에, 티스부의 폭을 굵게 할 수 없다.

- <11> 이와 같이, 겸용 코일에서는, 전자 브레이크보다 전자 교반을 실현하는 쪽이 어렵기 때문에, 전자 교반 성능을 우선하여 설계된다. 상기 특허 문헌 1에서 개시되어 있는 겸용 코일 형상은, 티스부의 폭이 가는 리니어형 코일이므로, 전자 교반에는 적합하다. 그렇지만, 티스부의 폭이 가늘기 때문에, 전자 브레이크 성능을 충분히 확보할 수 없다.
- <12> 따라서, 출원인은, 이 문제를 해결하기 위해, 티스부 각각 와인딩을 행하고, 또한 2개의 티스부의 외측에 와인딩을 행해 하나로 합치는 전자 교반 코일의 이용을 특허 문헌 2에서 제안했다.
- <13> [특허 문헌 2 : 일본 특허공개 소 60-44157호 공보]
- <14> 이 전자 교반 코일은, 2개의 티스부와 요크부가 그리스 문자의 π (PAI)와 유사하기 때문에, PAI형 전자 교반 코일(이하, PAI형 코일이라고 한다.)로 불리고 있다.
- <15> 또, 발명자들은, 특허 문헌 3에서 PAI형 코일을 이용한 겸용 코일의 기술을 제안하고 있다. 상술한 대로, 이 PAI형 코일은, 2개의 티스부의 외측에 와인딩을 행하여 하나로 합치고 있다. 따라서, 전자 브레이크를 작용시키는 경우에는, 2개의 티스부를 합쳐 자화함으로써, 티스부의 폭이 가늘다고 하는 문제를 해결할 수 있다.
- <16> [특허 문헌 3 : 일본 특허공개 2007-7719호 공보]
- <17> 본 발명의 겸용 코일 형상도 기본적으로 이 특허 문헌 3과 동일하며, 이 겸용 코일 형상을 도 14에 나타낸다.
- <18> 도 14는, 주형(3)의 장변(3b)측에 2개의 PAI형 코일(5)이 연속하고 있는 구조이다.
- <19> 이와 같은 구조의 경우, 목적으로 하는 주형(3)의 사이즈에 따라, 최적인 티스부(5a)의 개수와 폭이 존재한다. 종래, 이들 개수와 폭은, 경험적으로 설정하고, 또한 수치 해석에 의해 성능을 확인한다고 하는 작업을 행하고 있었다. 즉, 이들 티스부(5a)의 개수와 폭을 적절히 선택하려면, 긴 경험과 많은 시간이 필요했다. 또한, 도 14 중의 5b는 코어, 5c는 내측의 와인딩, 5d는 외측의 와인딩을 나타낸다.
- <20> 또, 주물편의 표면 품질을 개선하기 위해서는, 메니스커스 하의 용강을 전자 교반할 필요가 있다. 그렇지만, 메니스커스 하의 용강을 능숙하게 교반하는 것은 곤란한 기술이다. 이것을 실현하기 위해서는, 우선, 전자력이 제어되어 있지 않은 원래의 주형 내 유동 분포를 알아 놓을 필요가 있다.
- <21> 주형 내 용강의 유동 분포의 수직 단면은 도 13에 나타내는 대로이며, 도 15에 메니스커스 하(a도)와 침지 노즐의 토출 구멍 위치(b도)에 있어서의 수평 단면도를 나타낸다. 앞서 도 13에서 설명한 것처럼, 침지 노즐(1)의 토출 구멍(1a)으로부터 분출한 용강(2)은 주형(3)의 단변(3a) 상의 응고 셸(2c)에 충돌한 후에, 메니스커스로 향하는 상승류(2a)와 인발 방향을 향하는 하강류(2b)로 나누어진다.
- <22> 이 때문에, 토출 구멍(1a)의 위치에서는, 도 15(b)에 나타내는 바와 같이, 침지 노즐(1)로부터 상기 단변(3a)으로 향하는 용강류(9b)가 된다. 한편, 메니스커스 하에서는, 도 15(a)에 나타내는 바와 같이, 상기 단변(3a)으로부터 침지 노즐(1)로 향하는 용강류(9a)가 된다.
- <23> 여기서, 도 15에 나타내는 바와 같이, 시계 회전 방향으로 선회류(8)를 형성하도록 전자력을 작용시키면, 원래의 용강류와 순방향의 영역(이후, 순방향 영역이라고 한다.)과 역방향의 영역(이후, 역방향 영역이라고 한다.)이 나타난다.
- <24> 이 중, 역방향 영역에서는, 흐름을 반전시키기 위해 큰 전자력이 필요하게 된다. 그렇지만, 역방향 영역에 필요한 전자력을, 주형 장변 방향으로 한결같이 작용시키면, 순방향 영역에 있어서의 용강류가 더 가속된다고 하는 문제가 생긴다.
- <25> 토출 구멍 위치의 용강류가 과도하게 가속되면, 응고 셸이 얇아져, 이윽고 찢어지고, 브레이크 아웃이 발생한다. 브레이크 아웃이 발생하기에 이르지 않아도, 상승류가 증가하기 때문에, 메니스커스 하에서 주형 단변으로부터 침지 노즐로 향하는 흐름이 강해진다. 그 때문에, 메니스커스 하에서 선회류를 얻는 것이 어려워진다. 게다가, 메니스커스 하에서 흐름을 역전시키기 위해 부여해야 할 전자력의 방향은, 토출 구멍 위치에서는 용강류를 가속하는 방향과 일치한다. 이와 같이, 적절한 전자력의 부여는, 큰 과제이다.
- <26> 이 과제를 해결하기 위해, 주형(3)의 장변(3b) 방향의 전자 교반 코일(6)을, EMS-A와 EMS-B, EMS-C와 EMS-D의 각각 2개로 분할하고, 또한 분할된 코일마다의 인가 전류를 조정하는 기술이, 특허 문헌 4에서 개시되어 있다(도 16 참조).

- <27> [특허 문헌 4 : 일본 특허 제2965438호 공보]
- <28> 또, 특허 문헌 5에서는, 침지 노즐(1)로부터 주형(3)의 단변(3a) 방향을 향하는 전자력(도 16의 EMS-B와 EMS-C)을 상기 단변(3a)으로부터 침지 노즐(1)로 향하는 전자력(EMS-A와 EMS-D)보다 크게 하는 기술이 개시되어 있다. 그렇지만, 이 기술은, 메니스커스 하에 있어서의 선회류를 형성하는 전자력을 우선하고 있으므로, 토출 구멍 위치의 용강 유속을 가속한다고 하는 문제가 있다.
- <29> [특허 문헌 5 : 일본 특허 제2948443호 공보]
- <30> 또한, 특허 문헌 6에서는, 토출 구멍 위치에 있어서의 주형 장변 방향의 1/4 장변폭점에 있어서의 기점측의 장변 방향의 유속을 V_s , 종점측의 장변 방향의 유속을 V_e 로 했을 경우에, $V_s \geq V_e$ 가 되는 전자력을 용융 금속에 주는 기술이 개시되어 있다(도 16 참조).
- <31> [특허 문헌 6 : 일본 특허 제3577389호 공보]
- <32> 이 특허 문헌 6의 기술은, 도 16에 나타내는 EMS-B와 EMS-C에 인가하는 전류를, EMS-A와 EMS-D보다 0.5배 이하로 함으로써 실현할 수 있다(특허 문헌 6의 청구항 5). 이 방법은, 상기의 특허 문헌 4와는 반대로, 토출 구멍 위치에 있어서의 용강류의 가속을 억제하는 것을 우선하고 있다. 그 결과, 메니스커스 하에 있어서의 역방향 영역의 전자력이 부족해, 주형의 구석부까지 충분히 교환할 수 없다고 하는 문제가 있다.
- <33> 또, 특허 문헌 7에서는, 전자 교반 코일의 코어를 메니스커스 부근에만 설치하는 기술이 개시되어 있다. 이 기술에서는, 메니스커스 하에 밖에 전자력을 주지 않기 때문에, 토출류를 가속하는 문제는 회피할 수 있다. 그렇지만, 전자 브레이크는 토출 구멍 위치에 가속을 발생시킬 필요가 있으므로, 이 기술을 겸용 코일에 적용할 수는 없다.
- <34> [특허 문헌 7 : 일본 특허공개 평 07-314104호 공보]

발명의 상세한 설명

- <35> <발명이 해결하고자 하는 과제>
- <36> 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 종래의 전자 브레이크와 전자 교반의 양 기능의 겸용을 가능하게 하는 전자 코일 장치를 사용한 연속 주조에서는, 전자 브레이크 성능을 우선하므로, 메니스커스 하의 전자 교반 성능에 개선의 필요성이 있다고 하는 점이다.
- <37> <과제를 해결하기 위한 수단>
- <38> 본 발명의 강의 연속 주조 방법은,
- <39> 메니스커스 하의 전자 교반 성능도 뛰어난 것으로 하기 위해서,
- <40> 주형 장변의 외주에 배치한 전자 코일에 직류 전류 또는 3상 교류 전류를 통전함으로써, 주형 내의 용강에 전자 브레이크 또는 전자 교반을 선택적으로 작용시켜 강을 연속 주조하는 방법으로서,
- <41> 상기 전자 코일은,
- <42> 각 장변에 2n개(n은 2 이상의 자연수)의 티스부를 가지며,
- <43> 이들 각 티스부는, 외측에 각각 와인딩을 행하고, 또한 이들 와인딩을 행한 티스부는, 또한 2개에 대해, 외측에 와인딩을 행해 하나로 합침과 더불어,
- <44> 이들 각 티스부를 갖는 자성체인 전자 코일의 코어부를, 메니스커스로부터 침지 노즐의 토출 구멍 위치까지의 연직 방향의 범위에 배치하고,
- <45> 주형 내의 용강을 전자 교반할 때에는, 메니스커스 하의 용강 중에 유기되는 전자력을, 침지 노즐의 토출 구멍 위치에 유기되는 전자력의 2배 이상으로 하는 것을 가장 주요한 특징으로 하고 있다.
- <46> 이 본 발명의 강의 연속 주조 방법은,
- <47> 주형 장변의 외주에 배치한 전자 코일에 직류 전류 또는 3상 교류 전류를 통전함으로써, 주형 내의 용강에 전자 브레이크 또는 전자 교반을 선택적으로 작용시켜 강을 연속 주조하는 주형 내 용강의 유동 제어 장치로서,
- <48> 이 유동 제어 장치는,

- <49> 전자 코일과 직류 전원과 3상 교류 전원을 가지며,
- <50> 전자 코일은, 각 장변에 2n개(n은 2 이상의 자연수)의 티스부를 갖고,
- <51> 이들 각 티스부는, 외측에 각각 와인딩을 행하고, 또한 이들 와인딩을 행한 티스부는, 또한 2개에 대해, 외측에 와인딩을 행해 하나로 합쳐, 각 장변에 n개 배치함과 더불어,
- <52> 이들 각 티스부를 갖는 자성체인 전자 코일의 코어부를, 메니스커스로부터 침지 노즐의 토출 구멍 위치까지의 연직 방향의 범위에 배치하고,
- <53> 각 티스부의 폭을 W(mm), 주형폭을 L(mm)로 했을 경우에, 2개의 티스부를 하나로 합치도록 와인딩을 행한 전자 코일의 각 장변당의 수 n가, 하기 (3)식을 만족하는 것을 가장 주요한 특징으로 하는 본 발명의 주형 내 용강의 유동 제어 장치를 사용함으로써 실시할 수 있다.
- <54> $(L - 80)/(3W + 400) \leq n \leq (L + 200)/(3W + 200) \cdots (3)$
- <55> <발명의 효과>
- <56> 본 발명에서는, 전자 브레이크와 전자 교반의 겸용화가 가능한 겸용 코일에 있어서, 전자 교반시의 메니스커스 하의 전자력을, 침지 노즐 토출 구멍 위치의 전자력보다 크게 한다. 따라서, 메니스커스 하에 있어서, 양호한 용강의 교반류를 형성할 수 있다. 또, 겸용 코일의 기본 형상을 간편하게 결정할 수 있어, 겸용 코일의 설계에 필요한 시간을 큰폭으로 단축할 수 있다.

실시예

- <81> 전자 브레이크와 전자 교반의 양 기능의 겸용을 가능하게 하는 겸용 코일을 이용한 연속 주조에서는, 침지 노즐의 토출 구멍 위치의 용강류는 가속하지 않고, 메니스커스 하에서는 양호한 용강의 교반류를 얻고자 하는 과제가 있었다. 본 발명은, 이 과제를, 메니스커스 하의 전자력이 토출 구멍 위치의 전자력보다 커지는 전자력 분포를 줌으로써 실현했다.
- <82> 실시예
- <83> 이하, 본 발명의 착상으로부터 과제 해결에 이르기까지의 과정과 함께, 본 발명을 실시하기 위한 최선의 형태에 대해, 도 1~도 12를 이용해 설명한다.
- <84> 앞서 설명한 것처럼, 종래의 겸용 코일에서는, 침지 노즐의 토출 구멍 위치의 용강류는 가속하고 싶지 않지만, 메니스커스 하의 용강류에는 큰 전자력을 주어 양호한 용강의 교반류를 얻고 싶은 과제를 해결할 수 없다.
- <85> 과제를 해결할 수 없는 이유는, 종래의 겸용 코일에 의해 발생하는 전자력이 수직 방향으로 한결같다는 것이 원인이다. 즉, 메니스커스 하의 전자력이 토출 구멍 위치의 전자력보다 커지는 전자력 분포를 줄 수 있는 겸용 코일이면, 이 과제를 해결할 수 있다.
- <86> 따라서, 발명자들은, 메니스커스 하의 전자력을 토출 구멍 위치의 전자력보다 크게 할 수 있는 겸용 코일을 생각했다. 또, 종래는 경험에 의해 결정해 온 겸용 코일의 티스부의 개수와 폭을, 목적으로 하는 주형폭을 고려한 수식에 의해 구하는 것을 생각했다.
- <87> 발명자들은, 전자장 해석의 수치 해석으로부터, 메니스커스 하의 전자력이, 토출 구멍 위치의 전자력보다 커지는 조건을 모색했다. 그 결과, 발명자들은, 코어 상단부부터 상방의 구리 주형 상단까지의 길이와 전류 주파수를 조정함으로써, 메니스커스 하의 전자력이 토출 구멍 위치의 전자력의 2배 이상이 되는 전자력 분포를 실현할 수 있는 것을 찾아냈다.
- <88> 도 1에 전자장 해석의 계산 모델을 나타낸다. 도 1(a)가 전체상을 나타내고, 도 1(b)가 수평 단면도, 도 1(c)가 수직 단면도를 나타낸다. 구리 주형(3)의 외측에 비자성 스테인레스를 백업 플레이트(7)로서 설치하고, 코어(5b)의 상단을 메니스커스와 동일한 높이로 했다. 와인딩(5c, 5d)의 폭은 50mm이다.
- <89> 본원 발명에 있어서의 전자 코일은, 상술한 대로, 구리 주형(3)의 각 장변(3b)에 2n개(n은 2 이상의 자연수)의 티스부(5a)를 가지고 있다. 그리고, 이들 각 티스부(5a)는, 외측에 각각 와인딩(5c)을 행하고, 또한 이들 와인딩(5c)을 행한 티스부(5a)는, 또한 2개에 대해, 외측에 와인딩(5d)을 행해 하나로 합치고 있다.
- <90> 각 티스부(5a)는, 외측에 각각 와인딩(5c)이 행해져 있지만, 이 와인딩(5c)인 코일을, 여자 코일이라고 칭한다. 또, 이들 와인딩(5c)을 행한 티스부(5a)는, 또한 2개에 대해, 외측에 와인딩(5d)이 행해져 있지만, 이것도 여자

코일이라고 칭한다. 따라서, 이들 3개의 여자 코일을 하나로 합친 것이, 1개의 전자 코일, 즉 PAI형 코일(5)을 의미한다.

<91> 와인딩(5c, 5d)의 각 여자 코일에 45000ampere turn(이하, AT라고 한다.)의 전류를 인가하고, 코어(5b)는 전자 강관을 적층한 것으로 하여 수치 해석을 행했다. 이후의 전자 교반의 수치 해석 조건은, 이 조건을 기본으로 하고, 변경 개소만 기술한다.

<92> 도 1(c)에 나타내는 코어(5b)의 상단으로부터 구리 주형(3)의 상단까지의 거리를 h(mm)로 한다. 또, 전류 주파수를 f(Hz)로 한다. 이들 h와 f를 변화시켰을 경우의 토출 구멍 위치의 전자력에 대한 메니스커스 하의 전자력의 비(이후의 전자력비는 이 비를 의미한다.)를 도 2에 나타낸다. 여기서, 전자력은, 메니스커스 하 또는 토출 구멍 위치의 각각의 면 내에 있어서, 주형 장변 벽면의 장변 방향의 전자력 성분을 평가했다. 또, 침지 노즐 토출 구멍 위치는 메니스커스로부터 270mm 하류측의 위치로 했다.

<93> 도 2로부터, h가 작고, f가 큰 만큼 토출 구멍 위치의 전자력에 대한 메니스커스 하의 전자력의 비가 커지는 것을 알 수 있다. 그리고, 이 전자력비가 2배가 되는 h와 f의 관계를 조사한 결과, 도 3에 나타내는 관계가 얻어졌다. 도 3의 사선부의 영역이면, 메니스커스 하의 전자력을 침지 노즐의 토출 구멍 위치의 전자력의 2배 이상으로 할 수 있다. 이 영역을 하기 (1)식, (2)식의 2개의 직선으로 정의했다.

<94> $1.8 < f < 3.0$ 일 때, $h \leq 102f - 185 \dots (1)$

<95> $3.0 \leq f \leq 5.0$ 일 때, $h \leq 18f + 68 \dots (2)$

<96> 다음으로 검용 코일의 티스부의 폭과 PAI형 코일의 개수의 결정 방법에 대해 설명한다.

<97> 일반적으로 연속 구조용 주형은, 주형 단변이 주물편 폭방향으로 가동이며, 구조중도 주형 장변 길이(이후, 주형폭이라고 한다.)를 조정 가능한 구조로 되어 있다. 따라서, 구조중이어도 상이한 슬라브폭의 주물편을 구조할 수 있다. 이 주형폭의 변화는 500mm 정도이며, 검용 코일이, 주형폭의 변화에 적응할 수 있는 것이 바람직하다.

<98> 검용 코일을 설계하는 경우, 종래는, 대상의 주형의 폭, 두께, 높이 등에서 경험적으로 티스부의 개수와 폭을 선택하고, 수치 해석에 의해 타당한지 여부의 검증을 행하고 있었다. 그렇지만, 이 수치 해석에는 장시간의 계산이 필요하고, 또한, 주형폭이 변화하는 일도 있음으로 인해, 검용 코일의 최적 설계에는 장시간에 걸치는 검토가 필요했다.

<99> 발명자들은, 검용 코일의 개발을 거듭함으로써, 목적으로 하는 주형 사이즈에 최적인 티스부의 개수와 폭을 하기 (3)식으로 정리할 수 있는 것을 찾아냈다.

<100> $(L - 80) / (3W + 400) \leq n \leq (L + 200) / (3W + 200) \dots (3)$

<101> 여기서, L은 주형폭(mm), W는 티스부의 폭(mm), n은 PAI형 코일의 수이다. 티스부의 폭 W는 80~200mm 정도, 바람직하게는 120~170mm이다.

<102> 도 4에 검용 코일의 설계로 결정해야 할 인자인 형상 파라미터를 나타낸다. 이하에, 상기 (3)식이 도출된 과정을 설명한다.

<103> 우선, 전자 브레이크 성능을 확보하기 위해서는, 어느 정도의 티스부의 폭이 필요하다. 티스부의 폭과 주형 두께 방향의 중앙에 있어서의 자속 밀도의 관계를 도 5에 나타낸다.

<104> 도 5에서는, 구리 주형(3)의 두께를 40mm, 백업 플레이트(7)의 두께를 70mm로 하여, 주형의 두께 방향 길이 t(도 4 참조)를 270mm 또는 300mm로 했을 경우의 수치 해석 결과를 나타낸다.

<105> 전자 브레이크 성능을 확보하기 위해서는, 적어도 2000Gauss 이상, 바람직하게는 2500Gauss 이상의 자속 밀도가 필요하다. 따라서, 도 5로부터 검용 코일의 티스부의 폭 W는, 적어도 80mm 이상, 바람직하게는 120mm 이상으로 하는 것이 적절한 것을 알 수 있다.

<106> 다음으로, 전자 교반 성능으로부터, 검용 코일의 형상을 정리한다.

<107> 검용 코일에서는, n개의 PAI형 코일을 장변측에 요크부가 연속하도록 병렬로 설치한다. PAI형 코일의 티스부의 간격 D는, 티스부의 폭 W와 동일한 경우에 전자 브레이크 성능과 전자 교반 성능의 밸런스가 좋다.

<108> 따라서, 주형 장변에 있어서, n개의 PAI형 코일이 차지하는 폭은 3Wn이다. 이 3Wn에, PAI형 코일간의 거리 M과, 가장 외측의 티스부 끝단으로부터 주형 단변까지의 거리 S를 가산한 값이, 주형폭 L과 동일해지고, 하기 (4)식

이 얻어진다.

<109> $3Wn + M(n - 1) + 2S = L \dots (4)$

<110> 이 (4)식을 n에 대해 정리하면, 하기 (5)식이 된다.

<111> $n = (L + M - 2S) / (3W + M) \dots (5)$

<112> 전자 교반이 충분히 기능하는 W, M, S의 범위를 알기 위해, 발명자들은, 하기 표 1에 나타내는 8개의 케이스의 유동 해석을 행했다. 유동 해석은, 주조 속도를 1.6m/min로 하여 계산했다. 전자 교반 때의 여자 코일 전류 위상을 몇 개 검토한 결과, 하기 표 2, 3에 나타내는 조합이 양호했다. 표 2를 전류 위상 패턴 X로 하고, 표 3을 전류 위상 패턴 Y로 칭한다.

<113> 하기 표 2, 3 중의 A, B, C는, 서로 위상차가 120도인 3상 교류 전류의 각 위상을 나타낸다. 이 표 2, 3에서는, 도 4 중에 나타내는 여자 코일 번호에 상당하는 각 여자 코일에 인가하는 전류 위상의 조합을 나타낸다. 형상 파라미터의 검토 계산에는, 표 2에 나타내는 전류 위상 패턴 X를 이용했다. 전류 주파수 f는 4.0Hz, 전자 코일의 코어 상단으로부터 구리 주형 상단까지의 거리 h는 100mm로 했다.

<114> [표 1]

케이스 No.	티스부의 폭 W (mm)	PAI형 코일간 거리 M (mm)	가장 외측의 티스부 끝단으로부터 주형 단변까지의 거리 S (mm)
1	120	200	350
2	140	200	290
3	140	300	240
4	140	400	190
5	140	500	140
6	140	600	90
7	170	400	100
8	170	500	90

<115>

<116> [표 2]

코일 번호	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
전류 위상	-C	+A	+B	+C	-A	-B
코일 번호	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
전류 위상	-C	+B	+A	+C	-B	-A

<117>

<118> [표 3]

코일 번호	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
전류 위상	+B	-C	-A	+C	-A	-B
코일 번호	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
전류 위상	-C	+B	+A	-B	+A	+C

<119>

<120> 유동 해석의 결과로서, 메니스커스 하에 있어서의 주형 장변 근방의 유속 분포를 도 6에 나타낸다. 도 6으로부터, 케이스 1부터 케이스 8의 어느 것도, 주형 장변 근방의 용강이 유동하고 있는 것이 확인된다. 따라서, 티스부의 폭 W가 120mm~170mm인 경우에, 주형 내 용강의 전자 교반이 가능하다고 말할 수 있다.

<121> 그렇지만, 주물편의 품질을 향상시키기 위해서는, 주형의 구성부에서 유속이 반전하는 것이나(케이스 1, 2), 침지 노즐 부근의 유속이 10cm/s 이하가 되는(케이스 6, 8) 것은 바람직하지 않다.

<122> 따라서, 표 1 중의 부적절한 코일 형상(케이스 1, 2, 6, 8)을 제외하면, S는 240mm 이하, M은 400mm 이하가 적합하다. 여기서, 케이스 5에서는 M은 500mm로 적합하지만, 케이스 8에서는 M은 500mm로 적합하지 않기 때문에, M은 400mm 이하로 했다. 또, PAI형 코일간에는 와인딩을 위한 공간이 필요하고, 이 공간은 최저 200mm 필요하기 때문에, M의 범위는 200mm부터 400mm가 된다. 이들 값을 상기 (5)식에 대입하여 상기 (3)식을 얻었다.

<123> 본 발명에 의거해 검용 코일의 설계를 행한 사례를 이하에 설명한다.

<124> 대상으로 하는 주형의 두께 t 는 270mm, 주형폭 L 은 1100mm와 1620mm이다. 상기 (3)식과 (4)식에 적당한 W , M , S 의 값을 대입하면, $S \leq 200$, $200 \leq M \leq 400$ 이 되는 조건은 하기 표 4와 같이 간단하게 좁힐 수 있다. 표 4의 판정란에 있어서, 기호 ○는 적절한 판정 결과를, 기호 ×는 부적절의 판정 결과를 의미한다.

<125> [표 4]

L (mm)	W (mm)	n (개)	M (mm)	S (mm)	판정
1620	100	3	320	200	○
1620	120	3	140	200	×
1620	130	2	440	200	×
1620	140	2	380	200	○
1620	150	2	320	200	○
1620	160	2	260	200	○
1620	170	2	200	200	×
1620	180	2	140	200	×
1620	190	2	80	200	×
1100	100	2	500	0	×
1100	120	2	380	0	○
1100	130	2	320	0	○
1100	140	2	260	0	○
1100	150	1	650	0	×
1100	160	1	620	0	×
1100	170	1	590	0	×
1100	180	1	560	0	×
1100	190	1	530	0	×

<126>

<127> 표 4로부터, $L=1620\text{mm}$, 1100mm 의 어느쪽의 경우도, 양호한 판정 결과가 얻어진 검용 코일의 형상 파라미터는, $n=2$ 개, $W=140\text{mm}$ 이며, 그 경우의 M 은 $260\text{mm} \sim 380\text{mm}$ 가 적절하다는 것을 알 수 있다.

<128> 그 후, 수치 해석에 의한 상세한 검토로부터, 검용 코일의 최적인 형상 파라미터를, $n=2$, $W=140\text{mm}$, $M=320\text{mm}$, $h=100\text{mm}$ 로 결정했다. 이 검용 코일을 이용해, 주조 속도 1.6m/min 로 주형 내 용강을 전자 교반했을 경우의 유동 해석 결과를 도 7, 도 8에 나타낸다.

<129> PAI형 코일의 코어 상단으로부터 구리 주형 상단의 거리 h 및 주파수 f 를, 청구항 2를 만족하는 조건의 $h=100\text{mm}$, $f=4.0\text{Hz}$ 로 하고, 표 2, 3에 나타낸 전류 위상 패턴 X, Y로 유동 해석을 행한 결과를 도 7에 나타낸다.

<130> 도 7(a)가 전류 위상 패턴 X의 조건에 있어서의 메니스커스 하의 유속 분포를 나타내고, 도 7(b)가 전류 위상 패턴 X의 조건에 있어서의 침지 노즐 토출 구멍 위치의 유속 분포를 나타낸다. 또, 도 7(c)가 전류 위상 패턴 Y의 조건에 있어서의 메니스커스 하의 유속 분포를 나타내고, 도 7(d)가 전류 위상 패턴 Y의 조건에 있어서의 침지 노즐 토출 구멍 위치의 유속 분포를 나타낸다.

<131> 또, 도 8(a), (b)는, 도 7(a) 중에 A-A' 선, 및 도 7(b) 중에 B-B' 선으로서 나타내는 주형 장변 벽면으로부터 10mm 떨어진 위치의 수평 방향의 유속 분포를 나타낸다. 도 8(a)가 전류 위상 패턴 X의 조건에 있어서의 수평 방향의 유속 분포를 나타내고, 도 8(b)가 전류 패턴 Y에 있어서의 수평 방향의 유속 분포를 나타낸다.

<132> 도 7(a)~(d)로부터, 전류 위상 패턴 X와 전류 위상 패턴 Y는, 어느쪽도 메니스커스 하에서 선회류를 형성할 수 있다. 그렇지만, 전류 위상 패턴 Y(도 7(d))가, 역방향 영역의 흐름이 양호했다. 이것은, 인접한 PAI형 코일끼리의 간섭에 의해 발생하는 전자력이, 전류 위상 패턴 Y의 경우가 전자 교반에 적합했기 때문이다.

<133> 도 8(a), (b)로부터, 본 발명에서는, 대부분의 영역에 있어서, 메니스커스 하에 있어서의 유속이, 침지 노즐의 토출 구멍 위치에 있어서의 유속보다 크고, 주형의 구석부까지 교반할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

<134> 본 발명과의 비교로서, 상기 특허 문헌 6 등에 개시되어 있는 리니어형 코일을 적용한 경우의 유동 해석 결과도 도 9에 나타낸다. 단, 특허 문헌 6에 개시되어 있는 좌우의 전자 코일의 전자력에 차등을 준다고 하는 기술은 적용하지 않고, 좌우의 전자 코일의 전류값은 동일한 값으로 하여 계산했다.

<135> 도 7, 도 8에 나타낸 본 발명의 계산 결과와 비교하기 위해, 메니스커스 하에 있어서의 주형 장변 근방의 유속

이, 도 7, 도 8과 동일한 정도의 55cm/s 정도가 되도록, 리니어형 코일의 전류 조건으로서, 전류는 4000AT, 주파수는 3.0Hz로 했다.

- <136> 도 9(c)로부터, 리니어형 코일의 경우에는, 침지 노즐 토출 구멍 위치에 있어서의 순방향 영역의 유속이 크게 가속되어 있고, 또한 메니스커스 하에 있어서의 주형의 구석부에서 유속이 반전하고 있는 것을 확인할 수 있다.
- <137> 이와 같이, 리니어형 코일의 경우는, 좌우의 전자 코일의 전류를 조정하는 등의 처치를 행하지 않으면, 토출류가 너무 가속됨으로써 브레이크 아웃이 발생하고, 또, 메니스커스 하에서 주형의 구석부까지 교반할 수 없기 때문에 품질이 열화한다고 하는 문제가 있다.
- <138> 또, 본 발명의 전류 위상 패턴 Y의 조건으로, 전류 주파수 f를 1.0Hz, 2.0Hz, 3.0Hz로 했을 경우의 주형 장변근방의 유속 분포를 도 10에 나타낸다.
- <139> 본 발명의 청구항 2를 만족하는 주파수가 3.0Hz인 경우는, 메니스커스 하의 전자력이 침지 노즐의 토출 구멍 위치의 전자력의 2배 이상이 되어 있다(도 3 참조). 따라서, 도 10(c)에 나타내는 바와 같이, 주형의 구석부까지 유속이 반전하지 않고, 메니스커스 하를 교반할 수 있다.
- <140> 이것에 대해, 도 10(a)에 나타내는 주파수 f가 1.0Hz인 경우, 및 도 10(b)에 나타내는 주파수가 2.0Hz인 경우는, 본 발명의 청구항 2를 만족하지 않는 조건의 경우이다. 따라서, 메니스커스 하의 전자력이 침지 노즐의 토출 구멍 위치의 전자력의 2배 이상이 되어 있지 않기 때문에(도 3 참조), 메니스커스 하의 주형의 구석부에서는 유속이 반전하고, 교반이 불충분하게 되어 품질이 열화했다.
- <141> 즉, 본 발명에서는, 메니스커스 하의 전자력을 침지 노즐의 토출 구멍 위치의 전자력의 2배 이상으로 함으로써, 좌우의 전자 코일의 전류를 조정하지 않아도, 토출 구멍 위치의 유속을 너무 가속한다고 하는 일이 없다. 또, 메니스커스 하에 있어서도 주형의 구석부까지 유속을 반전시키지 않고 교반할 수 있다.
- <142> 도 1에 나타난 본 발명의 겸용 코일을, 주형폭 L가 1100mm, 주조 속도가 2.0m/min인 전자 교반에 적용했을 경우의 유동 해석 결과를 도 11에 나타낸다.
- <143> 도 11(a)은 메니스커스 하, (b)는 침지 노즐 토출 구멍 위치에 있어서의 유속 분포를 나타내고, (c)는 메니스커스 하와 침지 노즐 토출 구멍 위치에 있어서의 주형 장변면으로부터 10mm의 위치의 수평 방향 유속을 나타내는 도면이다.
- <144> 도 11(a)로부터, 주형폭이 1100mm인 경우에도, 메니스커스 하에 있어서 선회류가 얻어지고 있는 것을 확인할 수 있다. 또, 도 11(c)로부터, 주형폭이 1620mm인 경우와 마찬가지로, 침지 노즐 토출 구멍 위치의 유속을 과분하게 가속하지 않고, 메니스커스 하를 주형의 구석부까지 교반할 수 있는 것을 확인할 수 있다.
- <145> 본 발명의 겸용 코일을 전자 브레이크로서, 주형폭이 1620mm와 1100mm에 적용했을 경우의 실시예를 하기 표 5에 나타낸다. 전자 브레이크 성능은, 전자 브레이크를 작용시키지 않는 경우와 비교해, 메니스커스 하에 있어서의 최대 유속과 유속 변동이 어느 정도 작게 되어 있는지로 평가할 수 있다. 이 최대 유속이 5cm/s 이상, 유속 변동이 10cm/s 이상 작게 되어 있으므로, 전자 브레이크로서 충분한 성능이 있다고 할 수 있다.

<146> [표 5]

주형 폭 L (mm)	주조 속도 (m/min)	자화 방법	최대 유속 (cm/s)	유속 변동 (cm/s)
1620	1.8	전자 브레이크 없음	37.3	29.2
		NNSS	32.3	13.0
		NSNS	29.6	17.8
1100	2.0	전자 브레이크 없음	37.3	29.2
		NNSS	32.3	13.0

- <147>
- <148> 도 1의 겸용 코일에 있어서의 전자 브레이크시의 자속 밀도 발생 방법은, 기본적으로 도 12(a)에 나타내는 NNSS 방식이지만, 도 12(b)에 나타내는, 자속 밀도 발생 방향을 교대로 하는 NSNS 방식도 가능하다.
- <149> 발명자들은, 상기 특허 문헌 3에서, 동일한 정도의 자속 밀도가 얻어지면, 전자 브레이크 성능으로서는, 유속 변동 억제에 있어서의 점에서 뛰어난 NNSS 방식보다, 최대 유속을 보다 효과적으로 억제하는 것이 가능한, NSNS 방식이 좋은 것을 개시하고 있다.

- <150> PAI형 코일의 수 n 가 4 이상의 경우에는, 2개의 티스부를 하나로 합쳐 자화함으로써, 큰 자속 밀도를 교대로 발생하는 것이 가능하다. 그렇지만, 도 1에 나타낸 $n=2$ 인 경우에 있어서, 자속 밀도를 교대로 발생하는 NSNS 방식을 실시하려면, 티스부 1개만을 자화하기 때문에, 2개의 티스부를 하나로 합쳐 자화하는 경우보다 자속 밀도가 현저하게 저하한다.
- <151> 덧붙여서, NNSS 방식으로는, $n=2$ 인 경우에, 54000AT의 전류를 인가해, 3000Gauss 이상의 자속 밀도를 얻을 수 있다. 그렇지만, NSNS 방식으로는, 54000AT의 전류를 인가해도, 1060Gauss의 자속 밀도 밖에 얻을 수 없었다.
- <152> 표 5로부터, NNSS 방식의 경우에는, 전자 브레이크를 작용시키지 않는 경우보다 최대 유속이 5cm/s 정도, 유속 변동이 16cm/s 정도 저하하고 있다. 한편, NSNS 방식의 경우에는, 자속 밀도가 작음에도 불구하고, 최대 유속이 8cm/s 정도, 유속 변동이 12cm/s 정도 저하하고 있다. 따라서, 본 발명에 있어서의 겸용형 코일의 전자 브레이크는, 자화 방식이 NNSS 방식, NSNS 방식의 어느쪽이라도 충분한 성능이 있는 것을 확인할 수 있었다.
- <153> 본 발명은 상기한 예에 한정되지 않는 것은 물론이며, 각 청구항에 기재된 기술적 사상의 범주이면, 적절한 실시 형태를 변경해도 되는 것은 말할 필요도 없다.
- <154> 예를 들면, a) 상기의 본 발명에서는, 침지 노즐이 주형 중심에 위치하는 경우에 대해 설명했지만, 반드시 침지 노즐이 주형 중심에 위치하지 않아도 되는, b) 교류 전류는 3상이 아니어도, 전류 위상차가 90도부터 120도이면 그 이상의 다상 교류이어도 된다.

산업상 이용 가능성

- <155> 이상의 본 발명은, 침지 노즐을 사용하는 연속 주조이면, 만곡형, 수직형 등, 어떠한 형식을 이용해 연속 주조할 때에도 적용할 수 있다. 또, 슬래브의 연속 주조뿐만 아니라 프레임의 연속 주조에도 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- <57> 도 1은 본 발명의 전자장 해석의 계산 모델을 나타내는 도면이며, (a)는 전체상을 나타내는 도면, (b)는 수평 단면도, (c)는 수직 단면도이다.
- <58> 도 2는 본 발명의, 토출 구멍 위치의 전자력에 대한 메니스커스 하의 전자력의 비(전자력비)와 코어 상단으로부터 구리 주형 상단까지의 거리의 관계를 나타낸 도면이다.
- <59> 도 3은 본 발명의, 전자력비가 2.0배 이상이 되는 코어 상단으로부터 구리 주형 상단까지의 거리와 주파수의 관계를 나타낸 도면이다.
- <60> 도 4는 본 발명의 겸용 코일의 형상 파라미터를 나타낸 도면이다.
- <61> 도 5는 티스부의 폭과 주형 두께 방향의 중앙에 있어서의, 본 발명에 의한 자속 밀도의 관계를 나타낸 도면이다.
- <62> 도 6은 메니스커스 하에 있어서의 주형 장변 근방의, 본 발명에 의한 유속 분포를 나타낸 도면이다.
- <63> 도 7은 본 발명의 전류 위상 패턴 X 또는 Y의 경우에 있어서의 메니스커스 하 또는 침지 노즐 토출 구멍 위치에 있어서의 유속 분포를 나타내는 도면이다.
- <64> 도 8은 메니스커스 하와 침지 노즐 토출 구멍 위치에 있어서의 주형 장변 벽면으로부터 10mm의 위치의, 본 발명에 의한 수평 방향 유속을 나타내는 도면이다.
- <65> 도 9는 리니어형 코일을 적용했을 경우의 유동 해석 결과를 나타내는 도면이다.
- <66> 도 10은 본 발명의 전류 위상 패턴 Y에 있어서의 장변 근방의 유속 분포를 나타내는 도면이다.
- <67> 도 11은 본 발명의 겸용 코일을, 주형폭이 1100mm, 주조 속도가 2.0m/min인 전자 교반에 적용했을 경우의 유동 해석 결과를 나타낸 도면이다.
- <68> 도 12는 본 발명의 전자 브레이크시의 자화 방식을 나타내는 도면이며, (a)는 NNSS 방식, (b)는 NSNS 방식을 나타낸다.
- <69> 도 13은 일반적인 연속 주조법에 있어서의 주형 내 용강의 유동 상태를 모식적으로 나타내는 종단면도이다.
- <70> 도 14는 본 발명의 겸용 코일의 형상을 설명하는 도면이며, (a)는 수평 단면도, (b)는 수직 단면도이다.

<71> 도 15(a)는 메니스커스 하의, (b)는 침지 노즐 토출 구멍 위치의 유동 분포를 설명하는 도면이다.

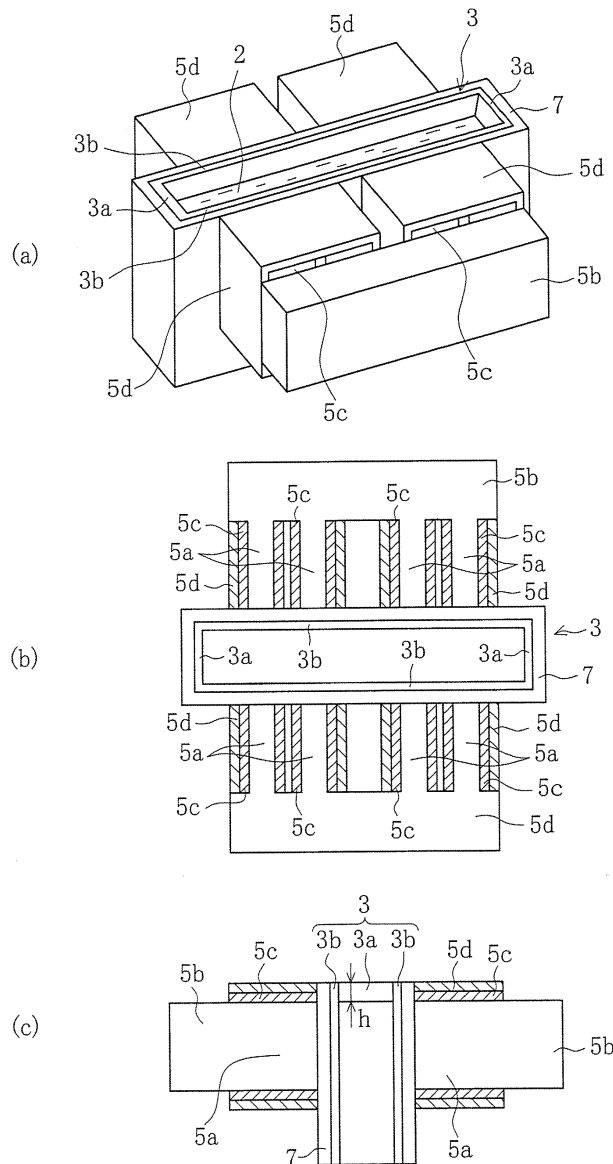
<72> 도 16은 장변 방향으로 전자 교환 코일을 2개로 분할했을 경우의 설명도이다.

<73> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

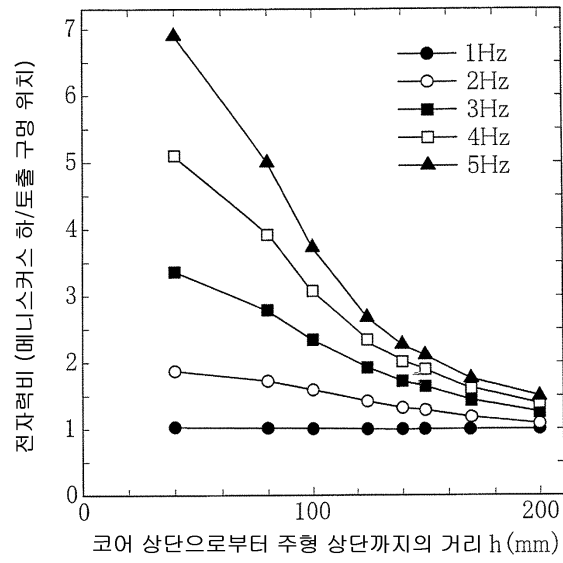
- <74> 1 : 침지 노즐 1a : 토출 구멍
- <75> 2 : 용강 2a : 상승류
- <76> 2b : 하강류 3 : 주형
- <77> 3a : 단변 3b : 장변
- <78> 5 : PAI형 코일 5a : 티스부
- <79> 5b : 코어 5c : 내측 와인딩
- <80> 5d : 외측 와인딩

도면

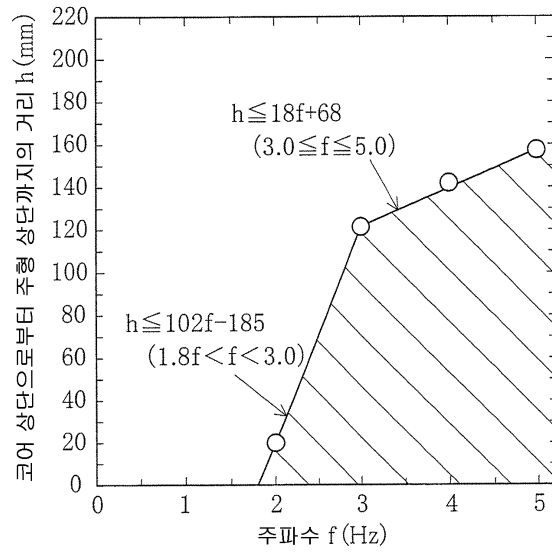
도면1



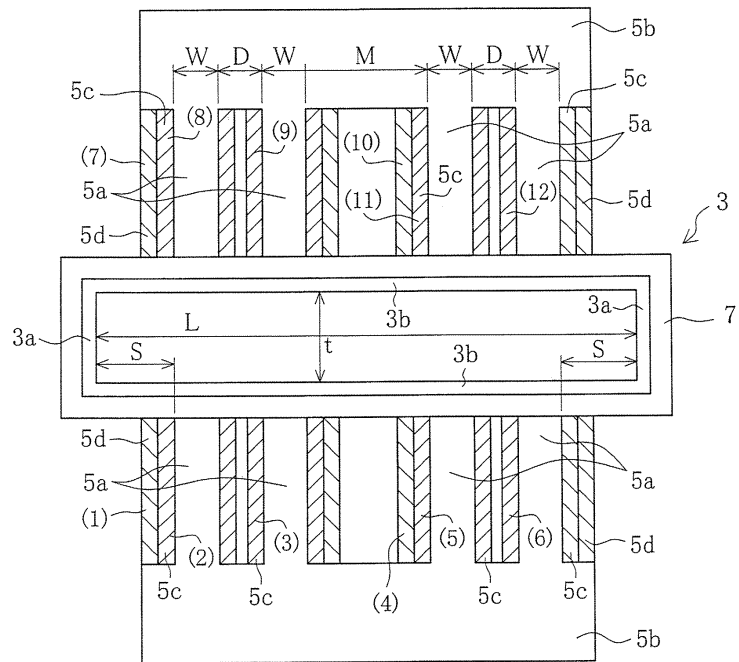
도면2



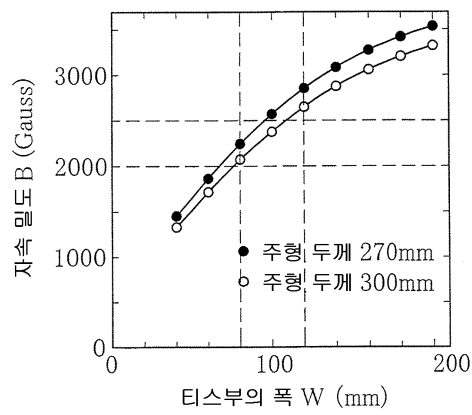
도면3



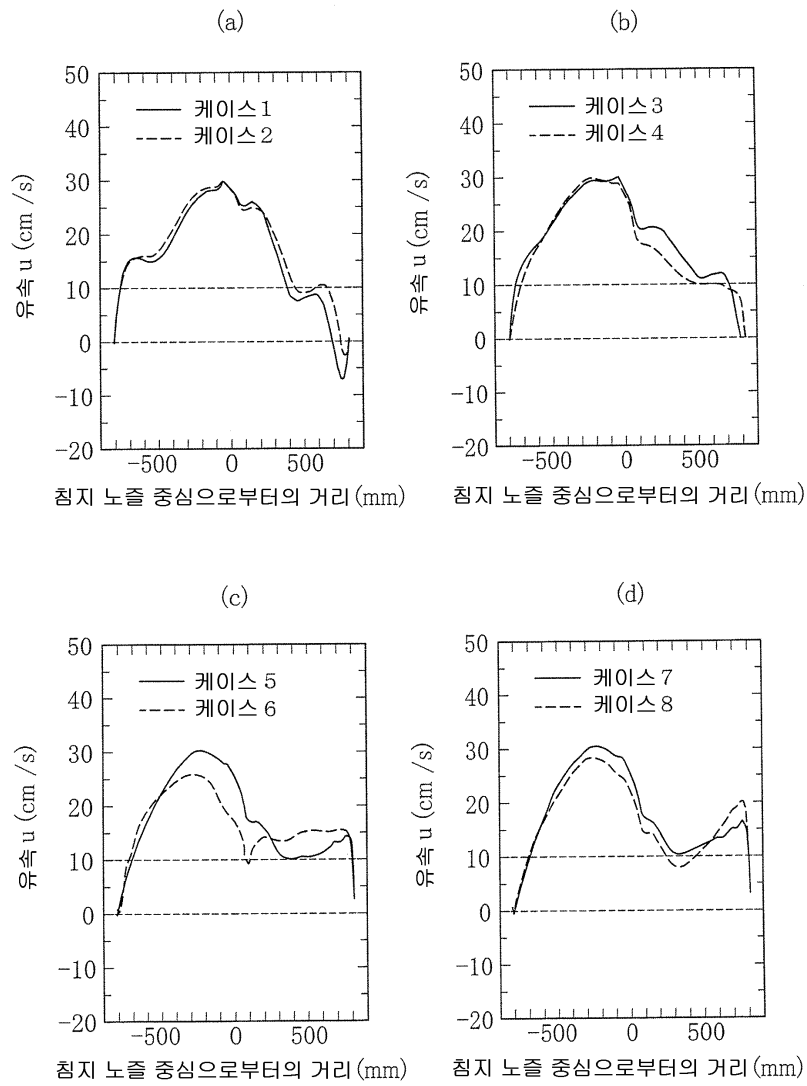
도면4



도면5

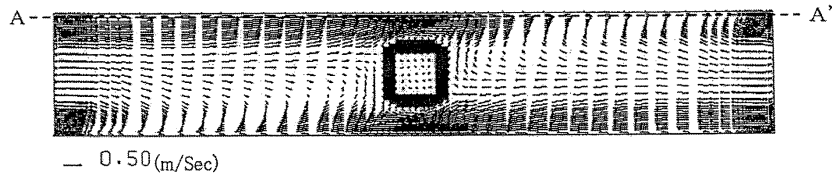


도면6

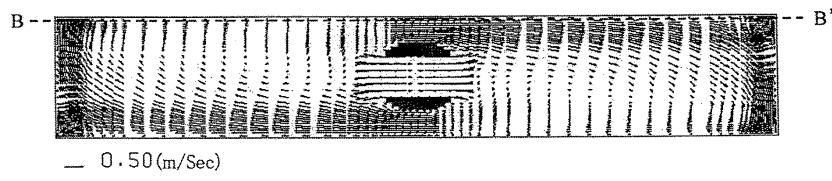


도면7

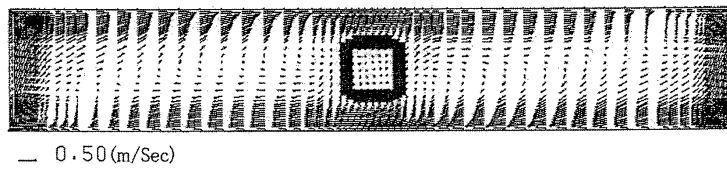
(a)



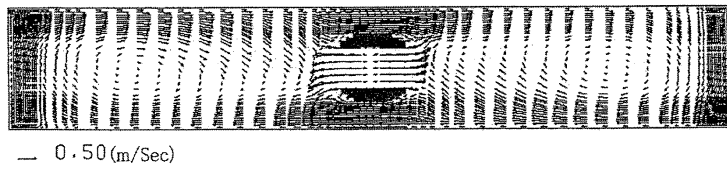
(b)



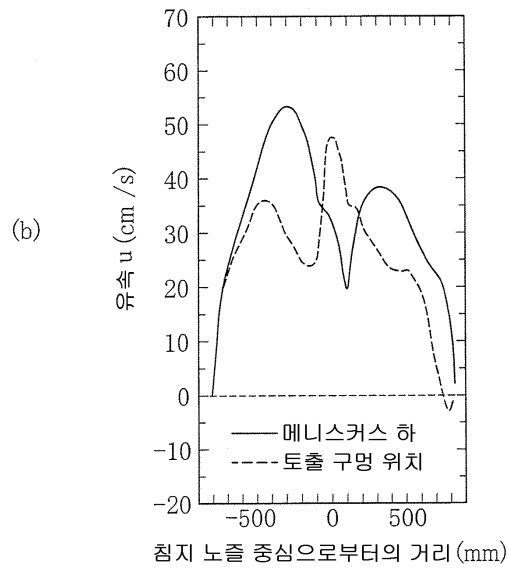
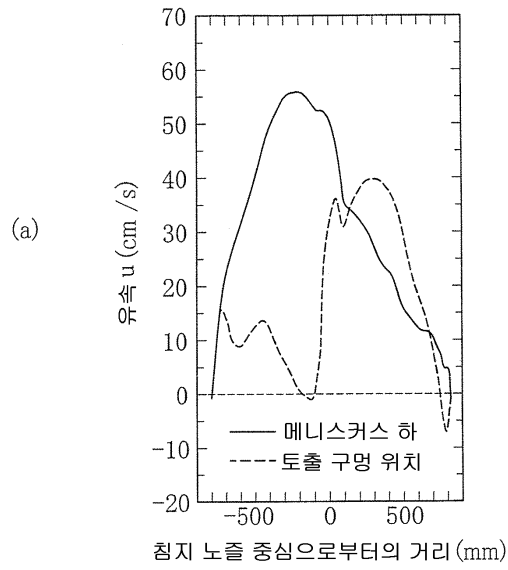
(c)



(d)

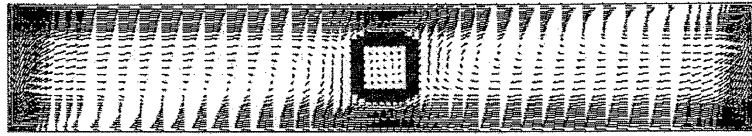


도면8



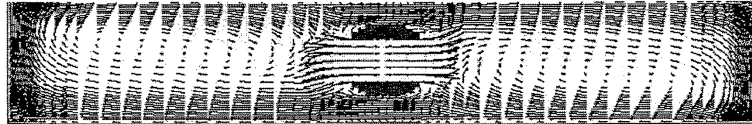
도면9

(a)



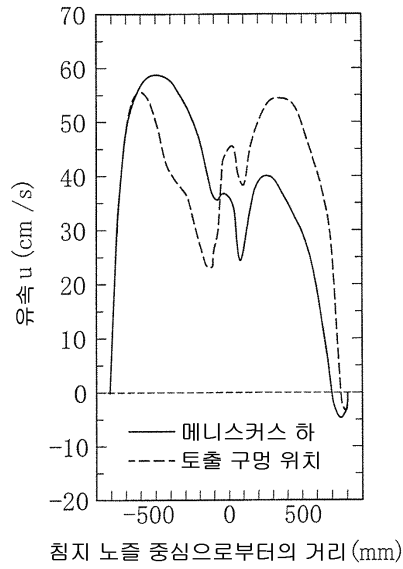
— 0.50 (m/Sec)

(b)

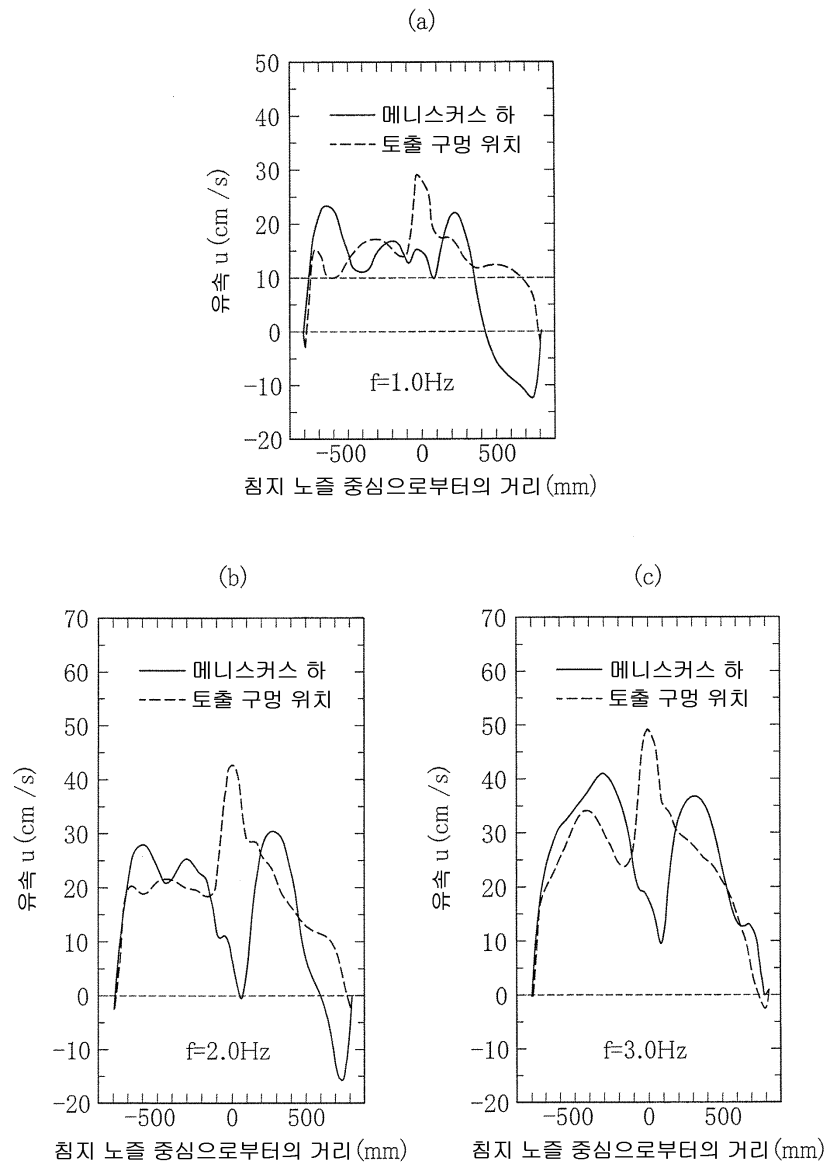


— 0.50(m/Sec)

(c)

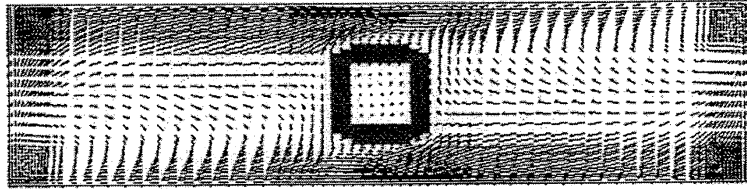


도면10



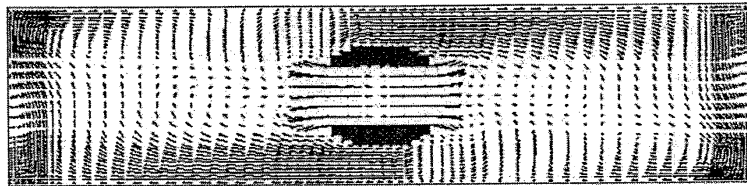
도면11

(a)



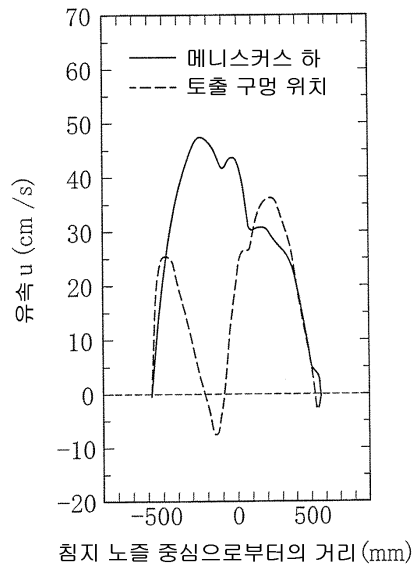
— 0.50 (m/Sec)

(b)



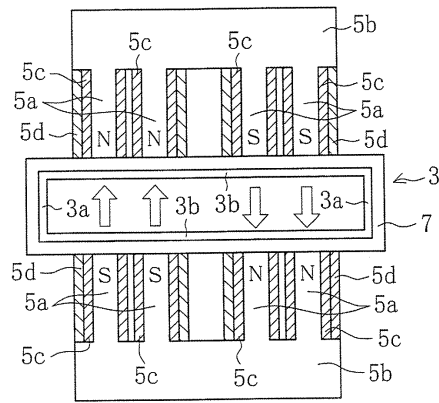
— 0.50 (m/Sec)

(c)

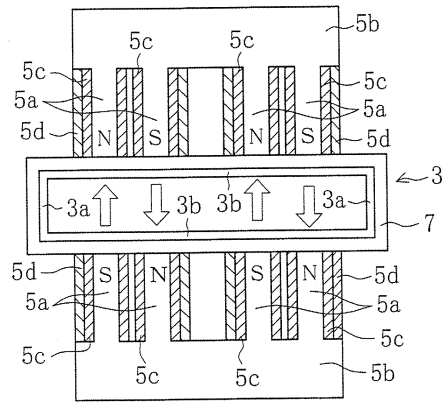


도면12

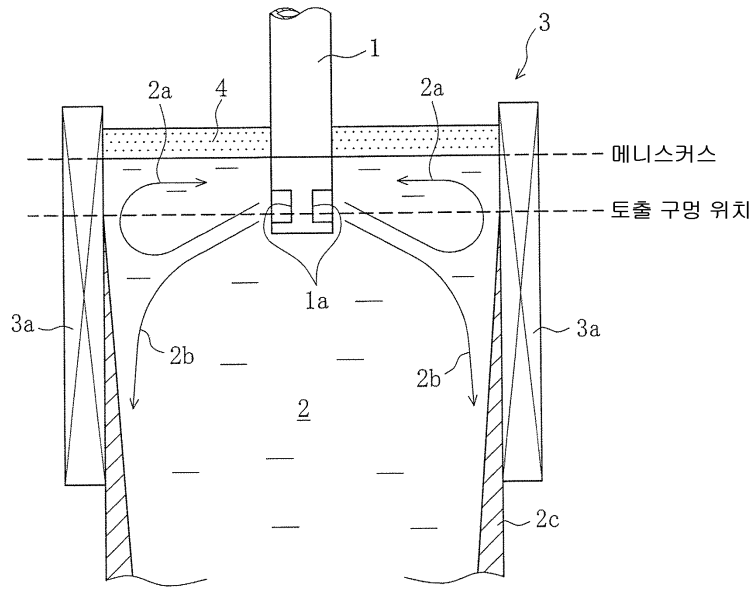
(a)



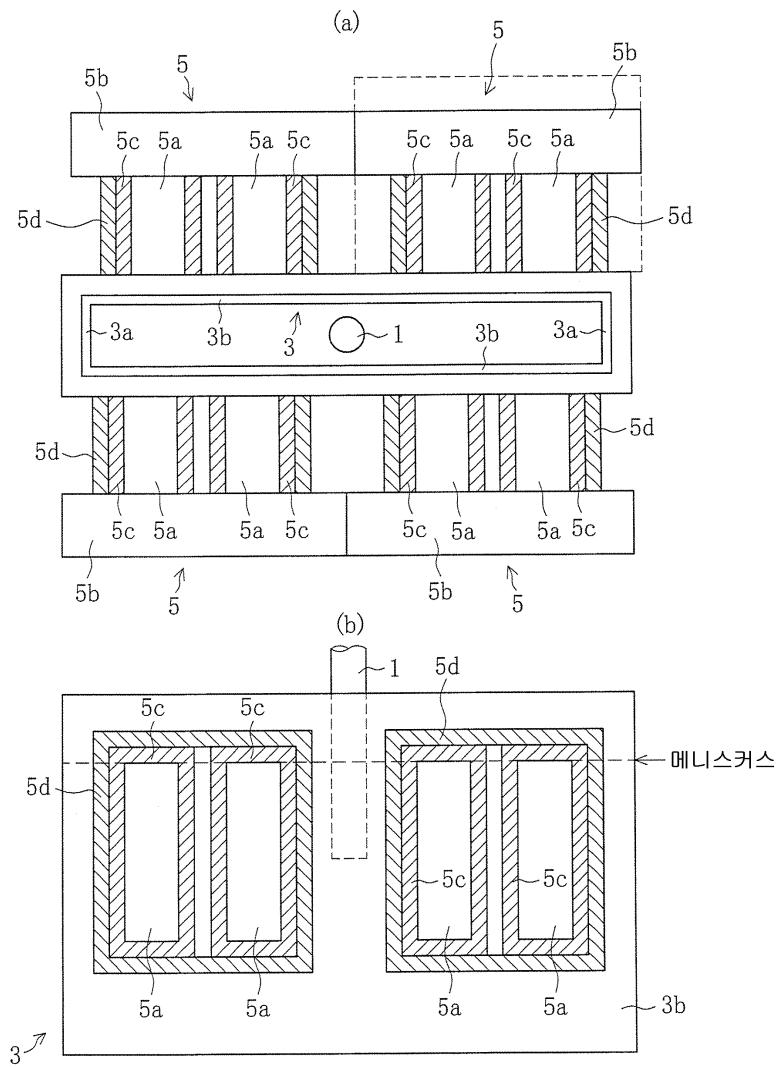
(b)



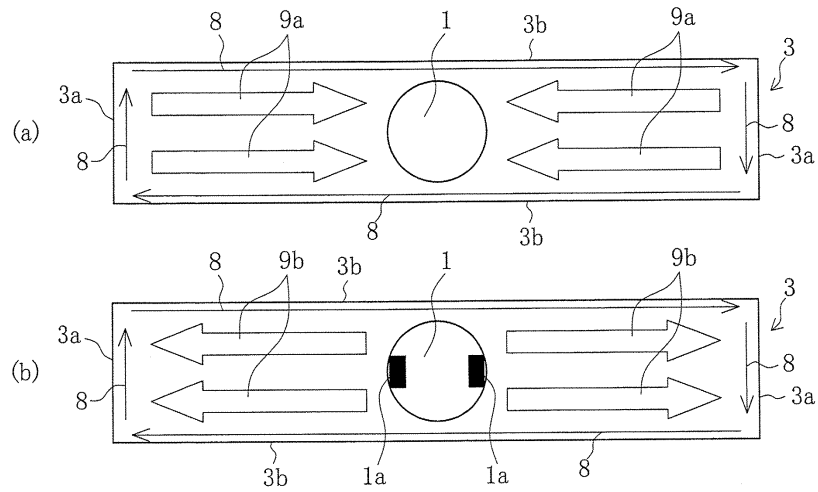
도면13



도면14



도면15



도면16

