



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0104295
(43) 공개일자 2013년09월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22D 11/049 (2006.01) B22D 41/00 (2006.01)
B22D 11/115 (2006.01) B22D 27/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0025678
(22) 출원일자 2012년03월13일
심사청구일자 2012년03월13일

(71) 출원인
한국생산기술연구원
충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89
(72) 발명자
문병문
서울특별시 구로구 신도림동 645 신도림3차 동아
아파트 308동 603호
신제식
경기도 부천시 원미구 중1동 포도마을아파트 810
동 1002호
박동호
경기도 안성시 공도읍 양기리 송정아파트 101동
104호
(74) 대리인
특허법인세진

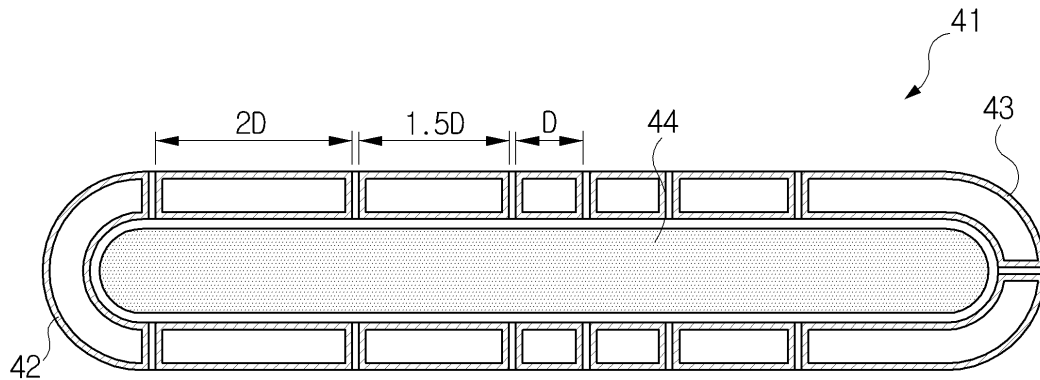
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 슬릿이 비등간격으로 형성된 전자기 구조용 도가니

(57) 요약

본 발명은 전자기 구조시에 도가니의 형태를 다양한 형태로 변화시키면서도 도가니 내의 용탕을 안정시키고 균일한 입자를 갖는 잉곳을 주조하기 위하여, 도가니의 내부 벽면에서 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력을 조절할 수 있는 전자기 구조용 도가니를 제공하고 있다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

도가니 주위에 코일이 둘러싸여서 상기 도가니에 교류전류를 인가하고, 그 인가된 상기 교류전류가 도가니에 부분적으로 유도되도록 상기 도가니의 둘레부분이 세그먼트로 형성되어 있고 상기 세그먼트 사이에는 절연을 위한 슬릿(Slit)을 구비한 전자기 주조 도가니에 있어서,

상기 세그먼트의 폭이 커질수록 상기 도가니의 내부 벽면에서 상기 도가니 내의 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력이 강해지는 원리를 이용하여, 상기 용탕의 형상을 조절하는 것을 특징으로 하는 전자기 주조용 도가니.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 도가니에 상기 슬릿을 비등간격으로 형성하는 것을 특징으로 하는 전자기 주조용 도가니.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 도가니의 내부 벽면에서 상기 도가니 내의 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력이 향하는 방향인 도가니의 중심을 기준으로 하여, 상기 도가니의 중심에서 가까운 상기 도가니의 면에는 좁은 간격으로 슬릿을 형성하고, 상기 도가니의 중심에서 멀어지는 면일수록 점점 넓은 간격으로 슬릿을 형성하는 것을 특징으로 하는 전자기 주조용 도가니.

청구항 4

제 1 내지 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 도가니의 수평 단면의 형상은 타원형, 직사각형 또는 다각형인 것을 특징으로 하는 전자기 주조용 도가니.

청구항 5

제 1 내지 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 도가니의 수평 단면의 형상은 판재형상에 가까운 잉곳을 제조하기 위하여 납작한 타원형, 직사각형 또는 다각형인 것을 특징으로 하는 전자기 주조용 도가니.

청구항 6

제 1 내지 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 도가니 내의 용탕을 안정시키고 균일한 입자를 갖는 잉곳을 생성하기 위하여 상기 도가니의 수평 단면의 형상이 타원형인 것을 특징으로 하는 전자기 주조용 도가니.

청구항 7

제 1 내지 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 도가니의 수평 단면의 형상은 도가니의 최상부에서 최하부까지 일정한 형상을 유지하고 있어, 도가니 내에 용융상태로 머무는 용탕의 양을 최소화 하는 것을 특징으로 하는 전자기 주조용 도가니.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전자기 주조(ElectroMagnetic Casting)시에 사용되는 도가니(Crucible)에 관한 것으로서, 더 상세하게는, 적은 에너지로 난 가공성 재료를 판재 형상에 가까운 잉곳(Ingot)으로 제작할 수 있는 전자기 주조용 도가니에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 전자기 주조(EMC)는 전자기장을 이용하여 금속을 용융시키고 주조하는 공정의 가장 대표적인 공정이다. 이 기술은, 도가니에 교류 전류를 인가하여 자기장(Magnetic Field) 변화를 유발시켜 용융시키고자 하는 금속표면에 유도 전류를 형성시키고, 상기 유도전류로부터 발생하는 줄열(Joule's Heat)에 의해 금속이 용융된다. 이러한 전

자기 유도에 의한 직접 용융 방식은 단시간 내에 금속과 같은 물질을 용융시키는 것이 가능하여 높은 생산성을 가진다.

[0003] 또한, 상기 유도전류는 자기장과 작용하여 금속 용탕에 전자기력(Lorentz force)을 발생시킨다. 이 발생하는 전자기력은, 코일 전류의 방향이 바뀌더라도 플레밍의 왼손법칙에 따라 항상 도가니 내부의 중심방향으로 향하게 되고 전자기압(Electromagnetic Pressure)과 같은 핀치효과(Pinch Effect)로 인하여 용탕과 도가니 내측 벽과의 접촉을 방지할 수 있다. 이로 인해 도가니에 접촉하지 않고 용탕의 용융이 가능해지고 무주형 주조가 가능해짐으로써, 원료의 오염이 억제되고 잉곳의 품질이 향상되며 동시에 주형이 소모 교체되지 않아 설비 비용이 줄어 들고 생산성이 향상된다.

[0004] 그러나, 이러한 전자기 유도에 의한 전자기 주조에서는, 도가니의 내부벽면에서 도가니의 중심까지의 거리가 일정하지 않으면 용탕의 표면에 전자기력이 균일하게 작용하지 않아 용탕이 불안정해질 수 있고, 용탕이 불안정해지면 용탕이 출렁거리어서 도가니의 내측 벽과 접촉할 수도 있으며, 원하는 모양의 잉곳을 제조하기가 어렵다.

[0005] 그렇지만, 다양한 형상의 잉곳을 제조하기 위해서는 도가니를 원형만이 아닌 다양한 형태의 도가니로 변형시킬 필요가 있다. 또한, 난 가공성 재료의 단조 압연 등의 성형을 용이하게 하기 위하여, 전자기 주조로 주조할 때부터 판재에 가까운 잉곳을 제조하려면 도가니를 납작한 형태에 가까운 다양한 형태의 도가니로 변형시킬 필요가 있으므로, 도가니의 내부벽면에서 도가니의 중심까지의 거리를 일정하게 유지할 수 없다.

[0006] 도가니의 형태를 변형시키지 않고 종래의 전자기 주조시에 사용되는 원형 도가니 형태로 유지하면서 납작한 형태의 노즐을 통해 두께가 얇은 잉곳을 주조할 수도 있지만, 필요 이상의 부피로 형성된 용탕을 유지하기 위하여 용해 에너지가 많이 소모되고, 형상 재질 등이 특별한 노즐의 설계가 필요하며 노즐의 내구성 등이 문제가 되므로 경제적으로 불리하다. 그러므로, 여전히 잉곳의 형상과 동일한 형상을 가지는 전자기 주조용 도가니가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은, 전자기 주조시에 도가니의 형태를 다양한 형태로 변화시키면서도 도가니 내의 용탕을 안정시키고 균일한 입자를 갖는 잉곳을 주조하기 위하여, 도가니의 내부 벽면에서 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력을 조절할 수 있는 전자기 주조용 도가니를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 도가니 주위에 코일 등이 둘러싸여서 도가니에 교류전류를 인가하고, 그 인가된 교류전류가 도가니에 부분적으로 유도되도록 도가니의 둘레부분이 세그먼트로 형성되어 있고 세그먼트 사이에는 절연을 위한 슬릿을 구비한 전자기 주조 도가니에 있어서, 세그먼트의 폭이 커질수록 상기 도가니의 내부 벽면에서 상기 도가니 내의 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력이 강해지는 원리를 이용하여, 상기 용탕의 형상을 조절하는 것을 특징으로 하고 있다.

[0009] 상기 도가니에 상기 슬릿(Slit)을 비등간격으로 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 도가니의 내부 벽면에서 도가니 내의 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력이 향하는 방향인 도가니의 중심을 기준으로 하여, 도가니의 중심에서 가까운 도가니의 면에는 좁은 간격으로 슬릿을 형성하고, 도가니의 중심에서 멀어지는 면일수록 점점 넓은 간격으로 슬릿을 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 도가니의 수평 단면의 형상은 타원형, 직사각형 또는 다각형인 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 도가니의 수평 단면의 형상은 판재형상에 가까운 잉곳을 제조하기 위하여 납작한 타원형, 직사각형 또는 다각형인 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 도가니 내의 용탕을 안정시키고 균일한 입자를 갖는 잉곳을 생성하기 위하여 상기 도가니의 수평 단면의 형상이 타원형인 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 도가니의 수평 단면의 형상은 도가니의 최상부에서 최하부까지 일정한 형상을 유지하고 있어, 도가니 내에 용융상태로 머무는 용탕의 양을 최소로 하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명은, 도가니의 슬릿을 비등간격으로 형성함으로써 도가니 내부 벽면에서 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력을 조절할 수 있어, 전자기 주조시에 도가니의 형태를 다양한 형태로 변화시키면서도 도가니의 형상과 그 용탕의 형상을 일치시킬 수 있다. 또한, 용탕을 안정화시킬 수 있기 때문에 도가니 내의 용탕이 출렁거리는 것을 방지하여 도가니의 내부벽면에 용탕이 접촉할 수도 있는 위험을 제거하고 용탕을 작게 형성할 수 있어 에너지를 절약할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1a는, 도가니의 슬릿 사이의 간격은 기존처럼 일정하게 유지하고 형태만을 타원형으로 한 가상의 타원형 도가니의 수평단면의 개략도이다.
- 도 1b는, 도가니의 슬릿 사이의 간격은 기존처럼 일정하게 유지하고 형태만을 타원형으로 하였을 때, 실제로 용탕의 형상이 어떻게 나타나는지 보여주는 타원형 도가니의 수평단면의 개략도이다.
- 도 2는, 도가니의 슬릿 사이의 간격을 비등간격으로 형성한 직사각형 형태의 도가니의 수평단면의 개략도이다.
- 도 3은, 도 2를 부분적으로 확대하여 상세하게 묘사한 개략도이다.
- 도 4는, 도가니의 슬릿 사이의 간격을 비등간격으로 형성한 타원형 형태의 도가니의 수평단면의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 첨부한 도면을 참조하여, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명의 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 이해할 수 있는 바와 같이, 후술하는 실시예는 본 발명의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한도내에서 다양한 형태로 변형될 수 있다. 가능한 한 동일하거나 유사한 부분은 도면에서 동일한 도면부호를 사용하여 나타낸다.
- [0018] 이하에서 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0019] 도 1a에서는 슬릿 사이의 간격(세그먼트의 폭)(13)을 기존처럼 일정하게 유지하고 타원형으로 만든 도가니(11)의 수평단면의 구조를 나타내고 있다. 여기에서, 도가니(11)에 교류전류를 인가해 주기 위해서 도가니(11) 주위에는 코일을 감는 등의 방법으로 교류전류를 인가해 주고 있고, 그 교류 전류에 의해서 각 세그먼트(16)마다 유도전류가 형성된다. 그리고 세그먼트(16)에 유도된 교류전류에 의해서 용탕(14)의 표면에도 교류전류가 유도되고, 그로 인해, 세그먼트(16)와 용탕(14) 사이에 전자기력이 형성된다.
- [0020] 도 1a에서는 기존의 전자기 주조용 도가니와 같이 각 세그먼트(16)마다 유도전류가 형성될 수 있도록 세그먼트(16) 사이에 절연체로 이루어진 슬릿(17)을 형성하였고, 세그먼트를 둘러싸고 있는 부분(16)은 전기가 잘 통할 수 있는 구리와 같은 도체로 이루어져 있다. 그리고 도체로 둘러싸여 있는 세그먼트의 내부(15)에는 물 등을 이용한 냉각장치가 설계되어 있다.
- [0021] 그러나, 모든 구조를 기존의 도가니와 같이 유지하면서 도가니의 모양만 타원형의 도가니로 만들면, 도가니 내부에서 유체같이 이동하는 용탕의 표면에너지 및 유체의 부피로 인한 내부에너지의 최소화를 위하여 평형 안정성을 갖는 형상으로 유동한다. 또한, 용탕에 발생하여 흐르는 유도전류 분포의 미세한 차이가 용탕에 작용하는 전자기력의 차이를 야기하여 용탕 형상의 변화로 이어지는데, 이러한 용탕 형상의 변화는 다시 유도전류 분포의 차이를 더욱 크게 하는 효과가 있어 용탕의 형상을 더욱 도가니의 모양과 다르게 하는 쪽으로 작용하는 경향이 있다. 더 상세하게 설명하면, 용탕에 발생하는 유도전류는 표피효과에 의해 용탕 표면 부위에 집중적으로 분포하는 특성과 전기저항을 최소화하기 위하여 흐르려는 특성에 의하여 장방형의 도체의 경우, 모서리 또는 단변보다는 장변에서 전류밀도가 다소 높게 된다. 이러한 미세한 전류분포의 차이가 전자기력의 차이를, 전자기력의 차이는 용탕 형상의 변화를, 그리고 이러한 용탕 형상의 변화는 전류분포의 차이를 더욱 크게 하여 궁극적으로는 도가니 내부의 형상과는 사뭇 다른 용탕 자유 다면 형상으로 이어지는 결과로 나타나게 된다. 그리하여, 타원형 도가니 내부의 용탕의 형상은, 도 1a의 용탕(14)과 같이 도가니와 같은 모양의 용탕(14)이 형성되지 않고, 도 1b에서의 용탕과 같이 장구 형상에 가까운 형상을 띄게 되어 용탕이 불안정해지고 원하는 형태 및 품질의 잉

곳을 만들 수 없다.

[0022] 이러한 문제를 해결하기 위하여 슬릿 사이의 간격, 즉, 세그먼트(Segment)의 폭을 조절하여 비등간격으로 설계함으로써, 도가니의 내부에서 용탕의 표면에서 중심방향으로 가해지는 전자기력을 조절한다. 이러한 방식으로 도가니의 내부에서 용탕의 표면의 중심방향으로 향하는 전자기력을 조절할 수 있게 되면, 도가니 내부에 용탕이 형성될 때, 형태의 이방성(Anisotropy)을 야기할 수 있기 때문에 적절하게 슬릿사이의 간격을 비등간격으로 조절하여 용탕의 형상을 조절할 수 있다. 여기에서, 비등간격이란 슬릿과 슬릿 사이의 간격을 일정하게 형성하지 않아 세그먼트의 폭이 일정하지 않은 것을 말하는 것이다.

[0023] 따라서, 도가니 내부의 용탕의 형상을 도 1b의 용탕의 형상이 아닌 도 1a의 용탕의 형상(14)으로 조절하기 위해서는, 도가니의 내부 벽면에서 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력이 향하는 방향인 도가니의 중심을 기준으로 하여, 도가니의 중심에서 가까운 도가니의 면에는 좁은 간격으로 슬릿을 형성하고, 도가니의 중심에서 멀어지는 면일수록 점점 넓은 간격으로 슬릿을 형성하는 함으로 해서, 도가니 내부에서 용탕 표면의 중심으로 향하는 전자기력을 강하게 해줄 수 있어, 전체적으로 용탕의 형상을 도 1b의 형상에서 도 1a의 형상으로 만들어 줄 수 있다.

[0024] 도 2에서는, 본 발명의 특징에 따라 슬릿을 비등간격으로 형성한 직사각형 형태의 도가니의 수평단면의 구조를 나타내고 있다. 도가니의 슬릿사이의 간격(23)만을 비등간격으로 형성하였고 나머지는 기존의 전자기 주조용 도가니와 같이 각 세그먼트(Segment) 마다 유도전류가 형성될 수 있도록 세그먼트 사이에 절연체로 이루어진 슬릿(27)을 형성하였고, 세그먼트를 둘러싸고 있는 부분(26)은 전기가 잘 통할 수 있는 구리와 같은 도체로 이루어져 있다. 그리고 도체로 둘러싸여 있는 세그먼트의 내부(25)에는 물 등을 이용한 냉각장치가 설계되어 있다. 여기에서, 모든 슬릿의 폭(22)은 일정하고, 도가니의 내부 벽면에서 용탕(24)의 표면으로 가해지는 전자기력이 향하는 방향인 도가니의 중심을 기준으로 하여, 도가니의 중심에서 가까운 도가니의 면에는 좁은 간격으로 슬릿(27)을 형성하고, 도가니의 중심에서 멀어지는 면일수록 점점 넓은 간격으로 슬릿(27)을 형성하였다.

[0025] 도 3에서는 도 2를 부분적으로 확대하여 상세히 설명하고 있다. 도 3에서, 도가니 주위에 감겨있는 코일에 의한 작은 세그먼트(31)에 유도되는 유도전류(33)와 상대적으로 큰 세그먼트(32)에 유도되는 유도전류(34)는 다음과 같이 나타낸다.

[0026] 식(1) : $I = V/R$

[0027] 이때, I는 세그먼트에 유도되는 유도전류이며, V는 세그먼트에 유도되는 유도 기전력이다. 이에 의한 저항(R)은 전류가 흐르는 거리에 비례하고, 유도 기전력(V)은 자속이 통과하는 단면적에 비례하므로,

표 1

[0028] 도가니의 각 수평단면을 흐르는 1차 유도전류와 경로(길이)와 단면적

도가니 단면	작은 세그먼트(31)	큰 세그먼트(32)
경로	4D	2D(1+N)
면적	D^2	ND^2

[0029] 작은 세그먼트(31)에서의 1차 유도전류 I는 식(1)에 의해,

[0030] 식(2) : $I = V/R \approx D^2/4D = D/4$ 이고,

[0031] 큰 세크먼트(32)에서 1차 유도 전류 I 또한 식(1)에 의해

[0032] 식(3) : $I = V/R = ND^2/2D = ND/2(1+N)$ 가 된다.

[0033] 따라서, 도가니 내부의 도체성 금속 용탕에는, 도가니에서 발생한 1차 유도전류에 의한 2차 유도전류가 발생하

게 된다.

- [0034] 한편, 도 2의 용탕(24) 표면의 (가)지점에서 발생하는 전자기력(F)은 $J \times B$ 에 비례하므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.
- [0035] 식(4) : $F \propto J \times B$
- [0036] 여기서, J는 도가니에서 인가된 1차 전류이고, B는 이로 인해 발생한 자속밀도이다.
- [0037] 한편, 식(2)와 식(3)에 의해 작은 세그먼트(31)와 큰 세그먼트(32)에서 발생하는 유도전류의 크기가 달라짐에 따라, 도가니 내의 용탕 표면에서 발생하는 자기장의 세기는 다음의 식(5)와 같이 그 세기가 달라진다.
- [0038] 식(5) : $B = -L \cdot dI/dt$
- [0039] 여기서, L은 상수값, dI는 전류변화량, dt는 시간의 변화이다.
- [0040] 즉, 식(5)에 의해 도 2의(가)지점에서의 자기장의 세기 $B_{(가)}$ 와, 도 2의 (나)지점에서 발생하는 자기장의 세기 $B_{(나)}$ 의 상대적인 자기장의 세기의 비는 식(2) 및 식(3)에 의해, 다음의 식(6)과 같이 나타낼 수 있다.
- [0041] 식(6) : $B_{(나)}/B_{(가)} \propto ND/2(1+N)/D/4 = 2N/1+N$
- [0042] 그러므로, (가)지점과 (나)지점의 전자기력의 상대적인 비를 구하기 위하여 식(6)을 식(4)에 대입하면, 도가니 내의 용탕에 유도된 J는 동일하므로, (가)지점과 (나)지점의 전자기력의 상대적인 비는 (가)지점과 (나)지점의 상대적인 자기장의 비와 동일하게 $2N/1+N$ 이다. 즉, N이 1보다 큰 수의 경우, 도가니의 작은 세그먼트(31) 보다 큰 세그먼트(32)에서 발생하는 전자기력이 상대적으로 $1+N/2N$ 만큼 커지게 되어 상대적인 전자기력이 커지게 된다.
- [0043] 도 4에서는, 본 발명의 특징에 따라 슬릿을 비등간격으로 형성한 타원형으로 만든 도가니(41)의 수평단면의 구조를 나타내고 있다. 여기에서, 세부적인 내부 구조는 도 2의 직사각형 도가니(21)와 동일하며 도가니의 수평단면이 타원형의 형상을 하고 있음으로 해서, 도 2의 직사각형 도가니(21)보다 양질의 잉곳을 제작할 수 있다.
- [0044] 도 2의 직사각형 도가니(21)에서는 본 발명의 특징에 따라 용탕의 표면에 가해지는 전자기력을 조절하여 도가니의 모양과 동일하게 용탕을 유지할 수 있고, 판재형상에 가깝게 제조할 수 있어 단조 및 압연 등의 성형이 용이할 수 있다는 장점을 가지고 있다.
- [0045] 그러나, 직사각형이라는 형상이 가지고 있는 특성 때문에 양질의 잉곳을 형성하기 어려울 수가 있다. 도가니 내의 직사각형 용탕(24)의 네 모서리 부분은 겹치는 두 면의 방향으로 열이 빠져나가기 때문에, 면으로 이루어진 나머지 부분들에서 보다 용탕의 온도가 더 낮아지게 된다. 이 직사각형의 네 부분의 모서리의 온도가 다른 부분의 온도보다 낮아지게 되면 용탕이 약간의 불안정해 질 수도 있고, 잉곳이 형성될 때 입자가 균일하게 형성되지 못할 가능성이 있다.
- [0046] 도 4의 타원형 도가니(41)는, 위와 같은 단점을 모두 만회하면서 판재 형상에 가까운 잉곳을 만들 수 있다. 이 타원형 도가니(41)는, 온도가 균일하게 생성되어 용탕을 안정시킬 수 있고 입자가 균일한 잉곳을 제조할 수 있다.
- [0047] 도 4의 타원형 도가니(41)는, 양쪽의 세그먼트(42, 43)처럼 타원형 양쪽의 슬릿이 형성되는 간격이 대칭이 되어야 한다는 조건이 필요하다는 것도 아니고 각 비등간격의 비율이 일정하게 유지되어야 하는 것도 아니며, 단지, 비등간격으로 슬릿이 형성되어 도가니 내부에서 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력을 조절할 수 있기만 하면 된다. 이러한 전자기력의 조절에 의하여 도가니의 형상과 같은 형상의 용탕(44)을 형성하고 용탕을 안정시킬 수 있다.
- [0048] 상기 발명의 배경이 되는 기술에서 설명한 것과 같이, 도가니의 형태는 변형시키지 않고 도가니의 아래부분의 노즐만을 납작하게 하여 판재형상에 가까운 잉곳을 제조할 수 있을 것이다. 그러나, 이러한 설계에서는 용탕의 부피가 필요 이상으로 크게 형성되어 도가니가 담고 있는 용탕의 양이 많아지기 때문에, 도가니가 용융시키면서 많은 양의 용탕을 담고있기 위해서 용탕을 용융시키는 많은 양의 에너지가 필요하다. 또한, 노즐이 형성되어 있는 도가니의 아랫부분과 접촉이 되지 않게 하기 위해서 용탕을 부양시켜야할 필요성이 있기 때문에 더 많은 양의 에너지가 필요하게 될 것이다.
- [0049] 도가니의 아래에 좁은 노즐을 형성하고 있고, 도가니가 노즐보다 큰 용탕의 부피를 형성하고 있다면 용탕의 중

량 때문에 도가니의 형태를 어떻게 변형시키더라도 도가니의 모양과 다르게 용탕이 형성된다거나 용탕이 불안정해지는 등의 현상이 나타나지 않는다.

[0050] 그러므로, 본 발명은 도가니 내의 용탕을 용융시키고 부양시키는 에너지를 절약할 수 있도록 도가니의 최상부에서 최하부까지 일정한 형상을 유지하는 도가니에서 유용하게 사용할 수 있다.

[0051] 실시예

[0052] 등간격 도가니에서의 용해작업 실시예

[0053] 1. 용해 재료: Ti 및 Ti 합금

[0054] 2. 도가니 형상: 도 1b

[0055] 3. 도가니 재질: 구리

[0056] 4. 용해 방법: 도가니 비접촉식 전자기 유도용해

[0057] 5. 용해작업조건:

1) 유도 코일의 입력 전력; 10 ~ 75kw

2) 주파수; ~ 15kHz

3) 용해 챔버(chamber)내의 환경; 진공 감압(10^{-3} torr이하) 후, Ar가스

분위기 1기압 유지(Ar 퍼짐)

4) 용해 시간: 5 ~ 10분

[0063] 6. 용해 결과: 도 1b에서의 용탕과 같이 장구형태의 두께가 다른 용탕형상 형성 및 응고 후도 동일한 형태를 유지함

[0064] 이상 설명한 바와 같이 본 발명의 예시적인 실시예가 도시되어 설명되었지만, 다양한 변형과 다른 실시예가 본 분야의 숙련된 기술자들에 의해 행해질 수 있을 것이다. 이러한 변형과 다른 실시예들은 첨부된 청구범위에 모두 고려되고 포함되어, 본 발명의 진정한 취지 및 범위를 벗어나지 않는다 할 것이다.

부호의 설명

[0065] 11: 등간격으로 슬릿이 형성된 타원형 도가니

12: 슬릿의 폭

13: 세그먼트의 폭

14: 용탕

15: 냉각장치

16: 세그먼트

17: 슬릿

21: 비등간격으로 슬릿이 형성된 직사각형 도가니

22: 슬릿의 폭

23: 세그먼트의 폭

24: 용탕

25: 냉각장치

26: 세그먼트

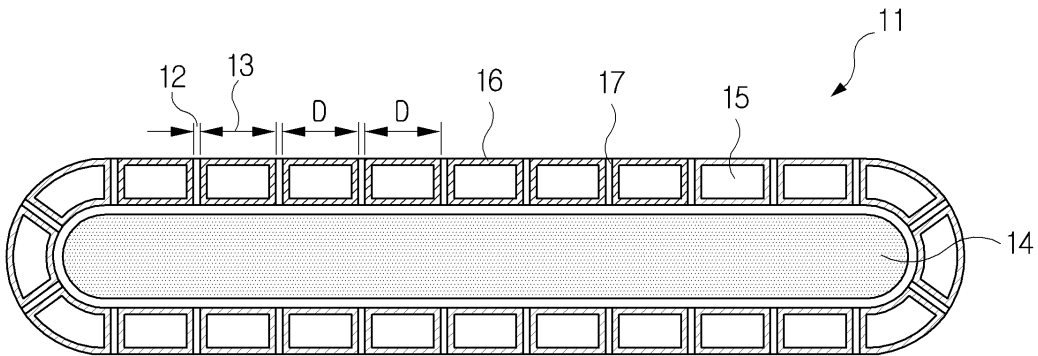
27: 슬릿

31: 작은 세그먼트

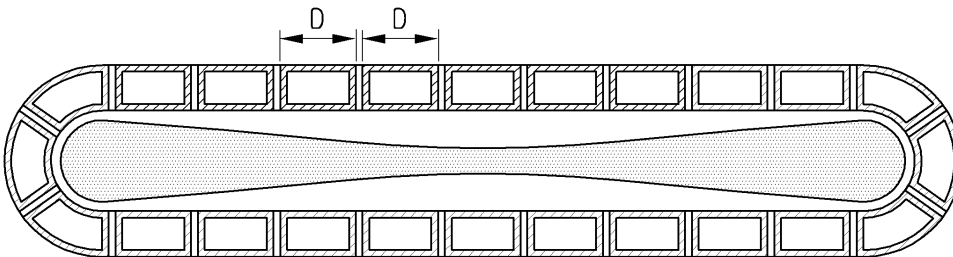
- 32: 큰 세그먼트
- 33: 작은 세그먼트의 유도전류
- 34: 큰 세그먼트의 유도전류
- 41: 비등간격으로 슬릿이 형성된 타원형 도가니
- 42, 43: 타원형 도가니 양쪽의 세그먼트
- 44: 용탕

도면

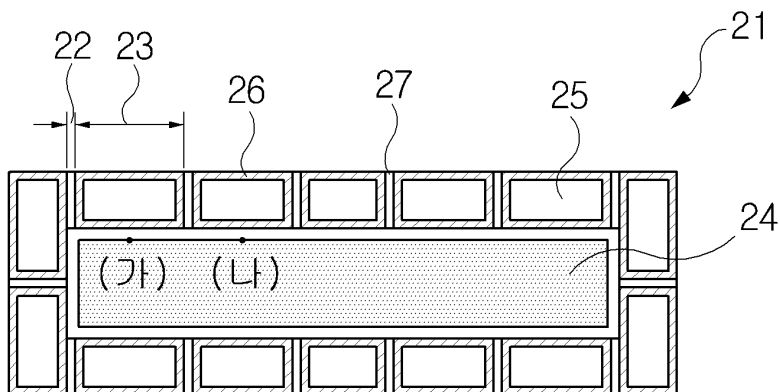
도면1a



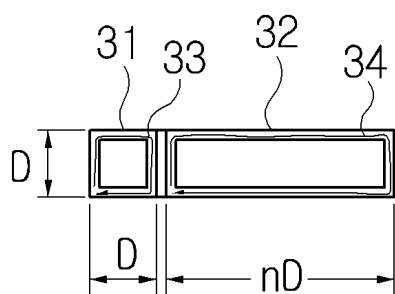
도면1b



도면2



도면3



도면4

