(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016 년 4 월 21 일 (21.04.2016)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2016/060375 A1

(51) 국제특허분류:
B22D 11/049 (2006.01) *B22D 11/08* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2015/008868

(22) 국제출원일: 2015 년 8 월 25 일 (25.08.2015)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2014-0137560 2014 년 10 월 13 일 (13.10.2014) KR

(71) 출원인: **한국생산기술연구원 (KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY)** [KR/KR]; 31056 충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89, Choongcheongnam-do (KR).

(72) 발명자: **문병문 (MOON, Byung-Moon)**; 08207 서울시 구로구 신도림로 78 308 동 603 호, Seoul (KR). **신제식 (SHIN, Je-Sik)**; 14583 경기도 부천시 원미구 조마루로 135 810 동 1002 호., Gyeonggi-do (KR). **유희수 (YOO, Hoi-Soo)**; 21937 인천시 연수구 연수동 원인재로 300 104 동 303 호, Incheon (KR).

(74) 대리인: **특허법인 씨엔에스 (C&S PATENT AND LAW OFFICE)**; 06292 서울시 강남구 언주로 30 길 13 대림아크로텔 7 층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

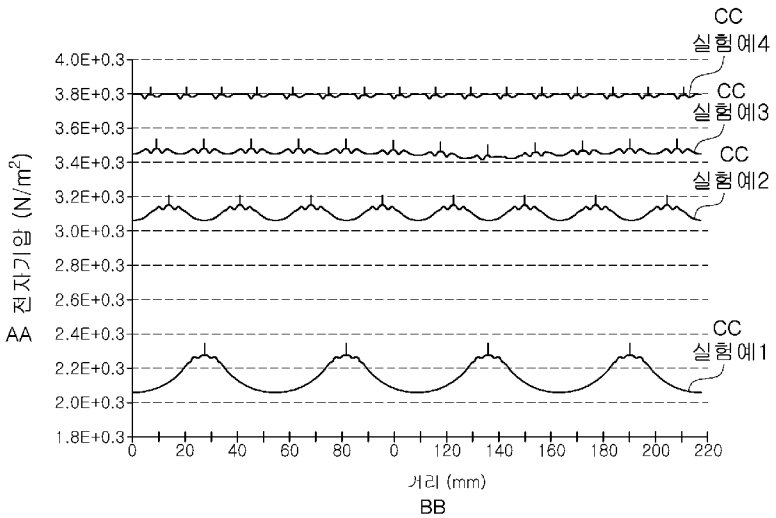
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) **Title**: COLD CRUCIBLE FOR CONTINUOUSLY CASTING HIGH-PURITY LIGHT METAL THIN SLAB

(54) **발명의 명칭** : 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니



AA ... Electromagnetic pressure (N/m^2)
BB ... Distance (mm)
CC ... Experimental example

(57) **Abstract**: The present invention provides a cold crucible for continuously casting high-purity light metal thin slab, which can control the electromagnetic force applied from the inner wall surface of a cold crucible to the surface of molten metal in order to change the shape of the cold crucible to various shapes during electromagnetic casting, while stabilizing the molten metal inside the cold crucible and casting an ingot having uniform particles.

(57) **요약서**: 본 발명은 전자기 주조시에 냉도가니의 형태를 다양한 형태로 변화시키면서도 냉도가니 내의 용탕을 안정시키고 균일한 입자를 갖는 잉곳을 주조하기 위하여, 냉도가니의 내부 벽면에서 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력을 조절할 수 있는 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니를 제공하고 있다.

WO 2016/060375 A1

명세서

발명의 명칭: 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니

기술분야

[1] 본 발명은 전자기 주조(ElectroMagnetic Casting)시에 사용되는 냉도가니(Crucible)에 관한 것으로서, 더 상세하게는, 적은 에너지로 난 가공성 재료를 판재 형상에 가까운 잉곳(Ingot)으로 제작할 수 있는 전자기 주조용 냉도가니에 관한 것이며, 특히 본 발명에서 제시하는 냉도가니는 고순도를 요구하는 경량 금속의 잉곳 제작에 효과적인 기술이다.

배경기술

[2] 전자기 주조(EMC)는 전자기장을 이용하여 금속을 용융시키고 주조하는 공정의 가장 대표적인 공정이다. 이 기술은, 냉도가니에 교류 전류를 인가하여 자기장(Magnetic Field) 변화를 유발시켜 용융시키고자 하는 금속표면에 유도전류를 형성시키고, 상기 유도전류로부터 발생하는 줄열(Joule's Heat)에 의해 금속이 용융된다. 이러한 전자기 유도에 의한 직접 용융 방식은 단시간 내에 금속과 같은 물질을 용융시키는 것이 가능하여 높은 생산성을 가진다.

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

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

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

[6] 냉도가니의 형태를 변형시키지 않고 종래의 전자기 주조시에 사용되는 원형

냉도가니 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 냉도가니가 필요하다.

[7] 특히 이러한 전자기연속주조법에 의해 고순도의 경량 금속 잉곳을 제조하여야 하는 경우에는 냉도가니 내측 벽면과의 접촉 방지의 노력이 매우 엄격한 수준에서 이루어질 필요성이 있다. 예를 들어 비중이 크고 고순도를 요하지 않는 철강의 전자기연속주조의 경우에는 용해 작업이 별도의 로에서 이루어진 후 전자기 주조용 냉도가니에서는 단순히 응고 과정이 일어나게 되며 이 때 전자기 주조용 냉도가니의 기능은 냉도가니와 용탕과의 연접촉 상태를 만들어 오실레이션 마크와 같은 잉곳 표면 결함 생성 방지의 효과에 국한되어 사용되고 있다. 하지만 고순도의 경량 금속 잉곳을 생산하기 위해서는 전자기 주조용 냉도가니 내부에서 원소재의 용해와 응고가 동시에 이루어져야 하는데, 이 때 용탕 풀이 수냉되는 차가운 냉도가니 벽면과 접촉이 이루어지는 경우에는 연속적인 용해 작업이 불가능해진다. 특히 경량 금속의 경우에는 비열 및 열용량이 작아 쉽게 응고되는 경향이 커 연속주조공정을 더욱 어렵게 한다. 또한 과도한 전력을 투입하여 연속 용해를 가능하게 하는 경우에도 냉도가니로부터 용탕으로의 불순물 유입을 막을 수 없어 고순도급의 금속 잉곳을 제조할 수 없다. 따라서 경량 금속을 불순물 혼입 없이 고순도의 상태로 납작한 박슬라브 형태로 연속 제조하기 위해서는 특수 고안된 전자기 주조용 냉도가니가 필요하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[8] 본 발명은, 전자기 주조시에 냉도가니의 형태를 다양한 형태로 변화시키면서도 냉도가니 내의 용탕을 안정시키고 균일한 입자를 갖는 잉곳을 주조하기 위하여, 냉도가니의 내부 벽면에서 용탕, 특히 경금속으로 이루어진 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력을 조절할 수 있는 전자기 주조용 냉도가니를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결 수단

[9] 본 발명은, 냉도가니 주위에 코일이 둘러싸여서 상기 냉도가니에 교류전류를 인가하고, 그 인가된 상기 교류전류가 냉도가니에 부분적으로 유도되도록 상기 냉도가니의 둘레부분이 복수의 세그먼트(Segment)들로 형성되어 있고 상기 복수의 세그먼트들 사이에는 복수의 슬릿(Slit)들을 구비한 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니에 있어서,

[10] 상기 냉도가니의 수평 단면의 형상은 비원 형상이고, 상기 냉도가니의 내부 벽면에서 상기 냉도가니 내의 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력이 향하는

방향인 냉도가니의 중심을 기준으로 하여, 상기 냉도가니의 중심으로부터 가장 멀리 위치한 냉도가니 가장자리부에서의 세그먼트의 폭(d1)에 대한 상기 냉도가니의 중심으로부터 가장 가까이 위치한 냉도가니 중심부에서의 세그먼트의 폭(d2)의 비(d2/d1)가 1.5 이상 2.0 이하인 것을 특징으로 하는 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니를 제공한다.

[11] 바람직하게는, 상기 복수의 세그먼트들의 폭은 20mm 이상 50mm 이하일 수 있다.

[12] 바람직하게는, 상기 세그먼트의 두께(T)에 대한 상기 냉도가니 중심부에서의 세그먼트의 폭(d2)의 비(d2/T)는 1.8 이하일 수 있다.

[13] 바람직하게는, 상기 용탕은 비중이 5 이하인 경금속으로 이루어질 수 있다.

[14] 바람직하게는, 상기 냉도가니의 수평 단면의 형상은 타원형, 직사각형 또는 다각형일 수 있다.

[15] 바람직하게는, 상기 냉도가니의 수평 단면의 형상은 냉도가니의 최상부에서 최하부까지 일정한 형상을 유지하고 있어, 냉도가니 내에 용융 상태로 머무는 용탕의 양을 최소로 할 수 있다.

[16]

발명의 효과

[17] 본 발명은, 냉도가니 가장자리부에서의 세그먼트의 폭과 냉도가니의 중심부에서의 세그먼트의 폭의 비를 임계 비율로 설계함으로써, 냉도가니 내부 벽면에서 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력을 조절할 수 있어, 전자기 주조시에 냉도가니의 형태를 다양한 형태로 변화시키면서도 냉도가니의 형상과 그 용탕의 형상을 일치시킬 수 있다. 또한, 용탕을 안정화시킬 수 있기 때문에 냉도가니 내의 용탕이 출렁거리는 것을 방지하여 냉도가니의 내부벽면에 용탕이 접촉할 수도 있는 위험을 제거하고 용탕을 작게 형성할 수 있어 에너지를 절약할 수 있다. 특히, 경량 금속을 불순물 혼입 없이 고순도의 상태로 납작한 박슬라브 형태로 연속 제조할 수 있게 한다.

도면의 간단한 설명

[18] 도 1은, 냉도가니의 슬릿 사이의 간격은 기존처럼 일정하게 유지하고 수평 단면이 비원 형상을 가지는 냉도가니의 수평단면의 개략도이다.

[19] 도 2는, 냉도가니의 슬릿 사이의 간격은 기존처럼 일정하게 유지하고 수평 단면의 형태만을 비원 형상으로 하였을 때, 실제로 용탕의 형상이 어떻게 나타나는지 보여주는 수평 단면이 비원 형상을 가지는 냉도가니의 수평단면의 개략도이다.

[20] 도 3은 냉도가니의 슬릿 사이의 간격을 일정하게 유지하고, 냉도가니의 수평 단면의 형상만을 비원 형상으로 하여 실제 타이타늄을 전자기주조한 결과 발생된 용탕의 형상을 나타낸 사진이다.

[21] 도 4는 폭이 큰 세그먼트와 폭이 작은 세그먼트로 구성된 냉도가니의 일부분을

나타내는 개략도이다.

[22] 도 5는, 본 발명의 실험예 1 내지 4의 횡방향에서 측정한 전자기력의 값을 나타내는 그래프이다.

[23] 도 6은, 본 발명의 실험예 5의 냉도가니의 수평단면의 개략도이다.

[24] 도 7은, 본 발명의 실험예 5의 횡방향에서 측정한 전자기력의 값을 나타내는 그래프이다.

[25] 도 8은 냉도가니의 (세그먼트의 둘레길이)/((세그먼트 단면적) 비율과 용탕 표면에 발생하는 전자기압의 관계를 나타내는 그래프이다.

[26] 도 9는 냉도가니의 세그먼트 폭과 (세그먼트의 둘레길이)/((세그먼트 단면적) 비율의 관계를 나타내는 그래프이다.

[27] 도 10은 냉도가니의 세그먼트 중심부와 슬릿부에서의 전자기압 차이에 의해서 용탕면의 일부가 오목해져 있는 것을 나타내는 냉도가니 일부에 대한 수평단면의 개략도이다.

[28] 도 11은 냉도가니의 세그먼트 폭 변화에 따라 세그먼트 중심부와 슬릿부에서의 전자기압 차이와 또 그 전자기압 차이에 의해 오목해진 용탕면의 곡률에 따라 발생하게 되는 라플라스 압력의 변화를 도시한 그래프이다.

[29] 도 12는, 냉도가니 가장자리부에서의 세그먼트의 폭과 냉도가니의 중심부에서의 세그먼트의 폭의 비를 임계 비율로 설계하고, 수평 단면이 비원 형상을 가지는 냉도가니의 수평단면의 개략도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[30] 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 한도 내에서 다양한 형태로 변형될 수 있다. 가능한 한 동일하거나 유사한 부분은 도면에서 동일한 도면부호를 사용하여 나타낸다.

[31] 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.

[32]

[33] 도 1에서는 슬릿 사이의 간격(세그먼트의 폭)(3)을 기존처럼 일정하게 유지하고 수평 단면이 비원 형상(보다 구체적으로는, 장변과 단변을 가지며, 단변이 소정의 곡률을 갖는 형상)을 가지는 냉도가니(1)의 수평단면의 구조를 나타내고 있다.

[34] 여기에서, 상기 냉도가니(1)에 교류전류를 인가해 주기 위해서 상기

냉도가니(1) 주위에는 코일을 감는 등의 방법으로 교류전류를 인가해 주고 있고, 그 교류 전류에 의해서 슬릿으로 자기장이 침투하여 용탕(4)에 직접적으로 1차 유도전류가 가해진다. 또한, 각 세그먼트(6) 마다 2차 유도전류가 형성된다. 그리고 세그먼트(5)에 유도된 교류전류에 의해서 용탕(4)의 표면에도 교류전류가 유도되고, 그로 인해, 세그먼트(6)와 용탕(4) 사이에 전자기력이 형성된다.

[35] 도 1에서는 기존의 전자기 주조용 냉도가니와 같이 세그먼트(6) 사이에 절연체로 이루어진 슬릿(7)을 형성하였고, 세그먼트를 둘러싸고 있는 부분(6)은 전기가 잘 통할 수 있는 구리와 같은 도체로 이루어져 있다. 그리고 도체로 둘러싸여 있는 세그먼트의 내부에는 물 등을 이용한 냉각장치(5)가 설계되어 있다.

[36] 그러나, 모든 구조를 기존의 냉도가니와 같이 유지하면서 냉도가니의 수평 단면의 형상만을 비원 형상으로 만들면, 냉도가니 내부에서 유체같이 이동하는 용탕의 표면에너지 및 유체의 부피로 인한 내부에너지의 최소화를 위하여 평형 안정성을 갖는 형상으로 유동한다. 이를 설명하는 이론으로서는 플래토-레일리의 불안정성이 있는데 도 2에서와 같이 길쭉한 형상의 용탕이 존재하는 경우 오목한 중심 부분에서의 압력 Pc(식1)이 볼록한 가장자리 부분에서의 압력 Pe(식2)보다 큰 경우 중심부의 용탕이 가장자리 부분으로 자발적으로 유동하게 된다. 이러한 플래토-레일리의 불안정성은 용탕의 직경 대비 길이 비(l/d)가 4.5인 경우 최대에 이르는데 일반적으로 3.5~7배인 경우 발생하게 되는 것으로 알려져 있다. (참고적으로 이러한 비율은 상당수의 박슬라브 형상에 해당하는 것이다). 식 1 및 2에서 P_0, P_c, P_e, γ, Rm, l, δ는 각각 용탕 외부 압력(상수), 용탕의 오목한 중심 부분에서의 압력, 용탕의 볼록한 가장자리 부분에서의 압력, 용탕의 표면에너지, 용탕의 평균 반경, 길이, 반경의 진폭을 각각 나타낸다.

[37] (식 1)

[38]

$$P_c = P_0 + \gamma\left(\frac{1}{R_m - \delta} - \frac{\delta\,(2\pi)^2}{l^2}\right)$$

[39] (식 2)

[40]

$$P_e = P_0 + \gamma\left(\frac{1}{R_m + \delta} + \frac{\delta\,(2\pi)^2}{l^2}\right)$$

[41]

[42] 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 냉도가니의 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 냉도가니 내부의 형상과는 사뭇 다른 용탕 자유 다면 형상으로 이어지는 결과로 나타나게 된다. 그리하여, 수평 단면이 비원 형상을 가지는 냉도가니 내부의 용탕의 형상은, 도 1의 용탕(4)과 같이 냉도가니와 같은 모양의 용탕(4)이 형성되지 않고, 도 2에서의 용탕과 같이 장구 형상에 가까운 형상을 띄게 되어 용탕이 불안정해지고 원하는 형태 및 품질의 잉곳을 만들 수 없다.

[43]

[44] 도 3에서는 냉도가니의 슬릿 사이의 간격을 일정하게 유지하고, 냉도가니의 수평 단면의 형상만을 비원 형상으로 하여 실제 경량금속의 일종인 Ti을 연속주조하는 경우에 용탕의 형상이 장구형으로 변하고 결국 차가운 냉도가니 벽면과 접촉하게 되어 용탕이 얼어붙어 작업이 중단된 사례를 보여주고 있다.

[45]

[46] **실험예**

[47] 이하에서는 구체적인 실험예를 통해 본 발명을 상세하게 설명하지만, 실험예에 의하여 본 발명의 권리범위가 제한되는 것은 아니다.

[48]

[49] <u>이론에 기반한 해석적 설계 (Analytic design) 예</u>

[50] 발명을 실시하기 위해 전자기학 및 전기에 관련된 이론들을 이용한 해석적인 냉도가니 설계 과정은 다음과 같다. 도 4에는 냉도가니가 세그먼트의 폭이 큰 것과 세그먼트 폭이 작은 경우를 나타내는 개략도이다. 도 4에서, 냉도가니 주위에 감겨있는 코일에 의해 작은 세그먼트(11)에 유도되는 유도전류(13)와 상대적으로 큰 세그멘트(12)에 유도되는 유도전류(14)는 다음의 식 3과 같이 나타낸다.

[51] (식 3)

[52] $I = V/R$

[53] 이때, I는 세그먼트에 유도되는 유도전류이며, V는 세그먼트에 유도되는 유도기전력이다. 이에 의한 저항(R)은 전류가 흐르는 거리에 비례하고, 유도기전력(V)은 자속이 통과하는 단면적에 비례하므로,

[54]

[55] [표1]
냉도가니의 각 수평단면을 흐르는 1차 유도전류와 경로(길이)와 단면적

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

[56] 작은 세그먼트(11)에서의 1차 유도전류 I는 식 3에 의해,

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

[58] 큰 세크먼트(12)에서의 1차 유도 전류 I 또한 식 3에 의해

[59] (식 5): $I = V/R = ND^2/2D(1+N) = ND/2(1+N)$ 가 된다.

[60] 따라서, 냉도가니 내부의 도체성 금속 용탕에는, 냉도가니에서 발생한 1차 유도전류에 의한 2차 유도전류가 발생하게 된다.

[61] 한편, 용탕표면에 발생하는 전자기력(F)은 J×B에 비례하므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[62] (식 6): $F \fallingdotseq J \times B$

[63] 여기서, J는 냉도가니에서 인가된 1차 전류이고, B는 이로 인해 발생한 자속밀도이다.

[64] 한편, 식 4와 식 5에 의해 작은 세그먼트(11)와 큰 세그먼트(12)에서 발생하는 유도전류의 크기가 달라짐에 따라, 냉도가니 내의 용탕 표면에서 발생하는 자기장의 세기는 다음의 식 7과 같이 그 세기가 달라진다.

[65] (식 7): $B = -L \cdot dI/dt$

[66] 여기서, L은 상수값, dI는 전류변화량, dt는 시간의 변화이다.

[67] 즉, 식 7에 의해 도 4의 (가)지점에서의 자기장의 세기 B(가)와, 도 3의 (나)지점에서 발생하는 자기장의 세기 B(나)의 상대적인 자기장의 세기의 비는 식 4 및 식 5에 의해, 다음의 식 8과 같이 나타낼 수 있다.

[68] 식(8): $B(나)/B(가) \fallingdotseq ND/2(1+N)/D/4 = 2N/1+N$

[69] 그러므로, (가)지점과 (나)지점의 전자기력의 상대적인 비를 구하기 위하여 식 8을 식 6에 대입하면, 냉도가니 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, 당 분야의 통상적인 지식을 지닌 이라면 N이 1보다 큰 수의 경우, 냉도가니의 작은 세그먼트(11) 보다 큰 세그먼트(12)에서 발생하는 전자기력이 상대적으로 전자기력이 커지게 될 것으로 기대하게 된다. 따라서, 본 발명자는 비원형상의 냉도가니 내부에서 용탕이 불안정해지고 원하는 형태 및 품질의 잉곳을 만들 수 없는 문제를 해결하기 위하여 슬릿 사이의 간격, 즉, 세그먼트(Segment)의 폭을 조절하여 비등간격으로 설계함으로써, 냉도가니의 내부에서 용탕의 표면에서 중심방향으로 가해지는 전자기력을 조절한다. 즉, 다시 말하면 박슬라브 형태의 경량금속을 연속주조시

장구형태로 슬라브 형태가 변형되는 것을 방지하기 위해서는 냉도가니 중심에 가까운 부분의 슬릿 간격을 가장자리 부분보다 크게 해 주어야 함을 알 수 있다.

[70]

[71] 수치해석에 기반한 실험적 설계 (Experimental design) 예

[72] 실제 냉도가니의 슬릿의 수 및 세그먼트의 간격에 따른 전자기력을 측정하였다.

[73] 표 2는 실험예 1 내지 5의 냉도가니에 관한 조건을 나타낸다.

[74] [표2]

	직경(inch)	단면 형상	슬릿의 수	세그먼트의 간격
실험예 1	12	원형	16	등간격
실험예 2	12	원형	32	등간격
실험예 3	12	원형	48	등간격
실험예 4	12	원형	64	등간격
실험예 5	9	원형	24	비등간격

[75] 1. 용해 재료: Ti 및 Ti 합금

[76] 2. 냉도가니 형상: 도 2

[77] 3. 냉도가니 재질: 구리

[78] 4. 용해 방법: 냉도가니 비접촉식 전자기 유도용해

[79] 5. 용해작업조건:

[80] 1) 유도 코일의 입력 전력; 10 ~ 75kw

[81] 2) 주파수; ~ 15kHz

[82] 3) 용해 챔버(chamber)내의 환경; 진공 감압(10-3torr이하) 후, Ar가스 분위기 1기압 유지(Ar 퍼징)

[83] 4) 용해 시간: 5 ~ 10분

[84] 6. 세그먼트 두께: 20 mm

[85]

[86] 도 5는 실험예 1 내지 4의 횡방향에서 측정한 전자기력의 값을 나타내고, 도 7은 실험예 5의 횡방향에서 측정한 전자기력의 값을 나타낸다.

[87] 도 5를 보면, 슬릿의 수가 16개인 실험예 1은 상대적으로 낮은 전자기력을 나타내는 반면, 슬릿의 수가 64개인 실험예 4는 상대적으로 높은 전자기력을 나타낸다. 또한, 도 6 및 도 7을 보면, 슬릿의 수가 많은 부분은 전자기력이 높고, 슬릿의 수가 적은 부분은 상대적으로 낮은 전자기력을 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 이론에 기반하여 수행된 해석적인 설계와 반대되는 경향이다. 표 3에는 실험예 1-4에서의 슬릿 수, 세그먼트의 폭 D, 세그먼트의 단면적 A, 세그먼트의 둘레길이 L, 전자기압, 세그먼트 중심부와 슬릿부에서의 전자기압

차 등을 정리하였다.

[88] [표3]

	슬릿 수	세그먼트의 폭,D (mm)	전자기압(N/m^2)	세그먼트 중심부와 슬릿부에서의 전자기압 차 (N/m^2)	세그먼트의단면적, A (mm^2)	세그먼트의 둘레길이, L (mm)	둘레길이/단면적 비,L/A (mm^{-1})
실험예 1	16	60	2,060	288	1,320	164	0.125
실험예 2	32	30	3,070	145	658	104	0.158
실험예 3	48	20	3,460	76	439	84	0.191
실험예 4	64	15	3,810	42	329	74	0.225

[89] 표 3으로부터 세그먼트의 둘레길이/단면적 비 (L/A) vs. 전자기압의 관계 그래프를 도 8에 도시하였다. 도 8로부터 슬릿의 수가 많아져 세그먼트의 폭이 좁아지게 되면 (본 실험의 경우 슬릿의 수가 30개 이상으로 많아져서 세그먼트의 폭이 30 mm 이하인 범위) 전자기압이 세그먼트의 둘레길이/단면적 비 (L/A)에 비례하게 됨을 알 수 있다. 즉, 슬릿의 수가 충분히 많아지는 경우에는 외부 유도코일에 인가되는 전류에서 발생하는 자기장이 슬릿을 통해 용탕에 직접적으로 미치는 효과가 냉도가니 세그먼트에 생성되는 1차 유도전류에서 발생하는 자기장이 용탕에 미치는 효과보다 커지게 되는 것으로 해석될 수 있다. 외부 유도코일에서 발생하는 자기장의 방향과 냉도가니 세그먼트에서 발생하는 자기장의 방향은 서로 반대가 되므로, 냉도가니 세그먼트의 1차 유도전류의 크기를 결정하는 세그먼트의 단면적/둘레길이 비가 클수록 용탕에 발생되는 전자기압은 상대적으로 줄어드는 경향을 보이게 되는 것이다. 즉 도 8에서와 같이 슬릿의 수가 많아져 세그먼트의 폭이 좁아지게 되면 냉도가니 내의 용탕면에 작용하는 전자기압은 세그먼트의 둘레길이/단면적 비 (L/A)에 비례하는 결과를 보인다. 이러한 관계를 이용하면 냉도가니 가장자리부의 전자기압과 중심부에서의 전자기압을 차이($\Delta P'$)를 설계자가 원하는 만큼 설계하기 위해서는 냉도가니의 중심부와 가장자리부에 있어서의 세그먼트 둘레길이/단면적 비의 차이를 ($\Delta(L/A)'$) 두어 설계하면 될 것이다. 도 9에는 세그먼트 폭 (D)에 따른 세그먼트의 둘레길이/단면적 비 (L/A)를 도시하였다.

[90] 실제 경량금속의 일종인 타이타늄을 폭 20mm의 박 슬라브 형태로

연속주조하는 경우 냉도가니 폭의 약 12.5%에 해당하는 불안정성이 발생하게 되는 경우 (d=20mm, l=7d, δ=d/8), 식 1과 2에 의하면 용탕의 오목한 중심 부분에서의 압력 P_c이 볼록한 가장자리 부분에서의 압력 P_e보다 대략 410 N/m^2 만큼 크게 된다. 따라서 냉도가니 가장자리부에서의 슬릿의 간격이 중심부보다 조밀하여 이로 인한 전자기압 차가 410 N/m2보다 크게 되면 용탕은 원래 냉도가니 내부 캐비티의 평형 형상으로 돌아가게 된다. 이를 만족하는 조건을 도 9에 표시해 보면 냉도가니 중심부에서의 세그먼트 폭이 30~50 mm이면, 가장자리부에서의 세그먼트 폭은 약 20~25 mm가 되도록 해 주어야 함을 알 수 있다. 즉, 냉도가니의 중심으로부터 가장 멀리 위치한 냉도가니 가장자리부에서의 세그먼트의 폭을 d1라고 하고, 냉도가니의 중심으로부터 가장 가까이 위치한 냉도가니 중심부에서의 세그먼트의 폭을 d2라고 할 때, 상기 d1에 대한 d2의 비(d2/d1)를 임계 비율(1.5 이상 2.0 이하)로 설계하면 박슬라브 형태의 연속주조시 용탕의 표면 에너지 및 곡률로 인한 불안정성에 의해 용탕이 장구 형상으로 변형되는 것을 방지할 수 있는 것이다.

[91]

[92] 따라서, 본 발명자는 비원형상의 냉도가니 내부에서 용탕이 불안정해지고 원하는 형태 및 품질의 잉곳을 만들 수 없는 문제를 해결하기 위하여 냉도가니 가장자리부에서의 세그먼트의 폭과 냉도가니의 중심부에서의 세그먼트의 폭의 비를 임계 비율로 설계함으로써, 냉도가니의 내부에서 용탕의 표면에서 중심방향으로 가해지는 전자기력을 조절한다. 이러한 방식으로 냉도가니의 내부에서 용탕의 표면의 중심방향으로 향하는 전자기력을 조절할 수 있게 되면, 냉도가니 내부에 용탕이 형성될 때, 형태의 이방성(Anisotropy)을 야기할 수 있기 때문에 적절하게 용탕의 형상을 제어할 수 있다.

[93]

[94] 한편, 일반적으로 냉도가니의 세그먼트의 폭이 너무 크면 자기장 차폐 효과로 인해 효율이 낮을뿐더러 냉도가니 내부의 전자기압 분포가 불균일해져 일반적으로 50 mm이하로 하는 것이 바람직하며, 또 세그먼트의 폭이 너무 작아지면 구조체로서 적절한 강도를 확보하기 어렵고 더욱이 세그먼트 내부에 냉각수로를 형성하는 것이 어려워 경제적인 가격에 냉도가니를 제작하기 힘들어여 일반적으로 20 mm 이상으로 하는 것이 바람직하다.

[95]

[96] 한편 도 10에서와 같이 슬릿의 간격이 큰 경우에는 슬릿부에서의 전자기압이 세그먼트 중심부에서의 전자기압보다 많이 커져서 용탕을 오목하게 할 수 있다. 일단 용탕이 오목해지면 이 부위에 유도전류의 분포가 더 집중되어 전자기압이 더 커져 용탕을 오목하게 하려는 경향이 커지게 되므로 냉도가니 설계시 이를 방지하기 위한 사항이 고려되어야 한다. 도 10에서와 같이 국부적으로 용탕이 오목해지면 식 9에서와 같이 용탕면의 곡률과 표면장력으로 인하여 용탕면이 원상태로 복구하는 방향으로 라플라스 압력이 발생하게 된다.

[97]

[98] (식 9)

[99]

$$\Delta P=\gamma\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right)=\frac{\gamma}{(D/2)}$$

[100] (단, γ는 용탕의 표면에너지이고, r1과 r2는 용탕면의 주곡률(Principal radii of curvature)를 의미함)

[101]

[102] 도 11에는 타이타늄 용탕의 경우 세그먼트 폭 변화에 따른 용탕면의 곡률에 따른 라플라스 압력(복원력)과 세그먼트 중시부와 슬릿부에서의 전자기압 차(용탕을 오목하게 하려는 힘)를 도시하였다. 이로부터 세그먼트의 폭은 대략 35 mm 이하로 설계하는 경우 용탕의 복원력을 용탕을 오목하게 하려는 힘보다 크게 유지할 수 있음을 알 수 있다. 즉 냉도가니 세그먼트의 두께가 20 mm이므로 냉도가니의 모든 세그먼트들의 폭 D는 1.8T (T는 세그먼트의 두께) 이하가 되도록 설계해주어야 한다.

[103]

[104] 도 12에서는, 본 발명의 특징에 냉도가니 가장자리부에서의 세그먼트의 폭과 냉도가니의 중심부에서의 세그먼트의 폭의 비를 임계 비율로 설계하고, 수평 단면이 비원 형상을 가지는 냉도가니(21)의 수평단면의 구조를 나타내고 있다. 냉도가니의 슬릿사이의 간격(23)만을 비등간격으로 형성하였고 나머지는 기존의 전자기 주조용 냉도가니와 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 내부에는 물 등을 이용한 냉각장치(25)가 설계되어 있다. 여기에서, 모든 슬릿의 폭(22)은 일정하고, 냉도가니의 내부 벽면에서 용탕(24)의 표면으로 가해지는 전자기력이 향하는 방향인 냉도가니의 중심을 기준으로 하여, 냉도가니의 중심으로부터 가장 가까이 위치한 냉도가니의 중심부에는 넓은 간격으로 슬릿(47)을 형성하고, 냉도가니의 중심으로부터 가장 멀리 위치한 냉도가니 가장자리부에는 좁은 간격으로 슬릿(47)을 형성하였다. 좀 더 구체적으로는 냉도가니 가장자리부에서의 세그먼트(냉도가니의 중심으로부터 가장 멀리 위치한 세그먼트, 46b)의 폭에 대한 냉도가니 중심부에서의 세그먼트(냉도가니의 중심으로부터 가장 가까이 위치한 세그먼트, 46a)의 폭의 비는 1.5 이상 2.0 이하가 되도록 하고, 또한 각 세그먼트의 폭은 세그먼트 두께의 1.8배 이하가 되도록 설계해 줌으로써, 용탕면이 길쭉한 박슬라브 형태일 경우 발생하게 되는 불안정성으로 인한 용탕면의 변형과 세그먼트 중심부와 슬릿부에서의 자기압

차이로 인한 용탕면의 변형을 효과적으로 방지할 수 있다.

[105]

[106] 따라서, 본 발명의 특징에 따라 티타늄과 같은 경금속으로 이루어진 용탕의 표면에 가해지는 전자기력을 조절하여 냉도가니의 모양과 동일하게 용탕을 유지할 수 있고, 판재형상에 가깝게 제조할 수 있어 단조 및 압연 등의 성형이 용이할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

[107]

[108] 도 12의 냉도가니(21)는, 슬릿이 형성되는 간격이 대칭이 되어야 한다는 조건이 필요한 것도 아니고, 슬릿이 형성되는 간격이 점차적으로 감소 또는 증가해야 하는 것도 아니며, 단지, 냉도가니 가장자리부에서의 세그먼트의 폭과 냉도가니의 중심부에서의 세그먼트의 폭의 비를 임계 비율로 설계하여 냉도가니 내부에서 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력을 조절할 수 있기만 하면 된다. 이때, 냉도가니 가장자리부에서의 세그먼트 및 냉도가니 중심부에서의 세그먼트를 제외한 나머지 세그먼트들의 폭은 상기 임계 비율 이내(경계값 포함)에서 임의의 값을 갖도록 할 수 있다. 이러한 전자기력의 조절에 의하여 냉도가니의 형상과 같은 형상의 용탕(24)을 형성하고 용탕을 안정시킬 수 있다.

[109]

[110] 본 발명에 따른 전자기 주조용 냉도가니는, 수평 단면이 비원(non-circular) 형상을 가져, 전자기 주조할 때부터 원하는 모양의 잉곳을 제조할 수 있는 장점이 있으며, 특히 잉곳을 판재 형상에 가깝게 제조할 경우 난 가공성 재료의 단조 압연 등의 성형을 용이하게 할 수 있다는 장점이 있다. 상기의 비원(non-circular) 형상으로는 타원형, 직사각형 및 다각형 중 어느 하나의 형상을 들 수 있다.

[111]

[112] 상기 발명의 배경이 되는 기술에서 설명한 것과 같이, 냉도가니의 형태는 변형시키지 않고 냉도가니의 아래부분의 노즐만을 납작하게 하여 판재형상에 가까운 잉곳을 제조할 수 있을 것이다. 그러나, 이러한 설계에서는 용탕의 부피가 필요 이상으로 크게 형성되어 냉도가니가 담고 있는 용탕의 양이 많아지기 때문에, 냉도가니가 용융시키면서 많은 양의 용탕을 담고 있기 위해서 용탕을 용융시키는 많은 양의 에너지가 필요하다. 또한, 노즐이 형성되어 있는 냉도가니의 아랫부분과 접촉이 되지 않게 하기 위해서 용탕을 부양시켜야할 필요성이 있기 때문에 더 많은 양의 에너지가 필요하게 될 것이다.

[113] 냉도가니의 아래에 좁은 노즐을 형성하고 있고, 냉도가니가 노즐보다 큰 용탕의 부피를 형성하고 있다면 용탕의 중량 때문에 냉도가니의 형태를 어떻게 변형시키더라도 냉도가니의 모양과 다르게 용탕이 형성된다거나 용탕이 불안정해지는 등의 현상이 나타나지 않는다.

[114]

[115] 그러므로, 본 발명은 냉도가니 내의 용탕을 용융시키고 부양시키는 에너지를 절약할 수 있도록 냉도가니의 최상부에서 최하부까지 일정한 형상을 유지하는 냉도가니에서 유용하게 사용할 수 있다.

[116]

[117] 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.

청구범위

[청구항 1] 냉도가니 주위에 코일이 둘러싸여서 상기 냉도가니에 교류전류를 인가하고, 그 인가된 상기 교류전류가 냉도가니에 부분적으로 유도되도록 상기 냉도가니의 둘레부분이 복수의 세그먼트(Segment)들로 형성되어 있고 상기 복수의 세그먼트들 사이에는 복수의 슬릿(Slit)들을 구비한 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니에 있어서, 상기 냉도가니의 수평 단면의 형상은 비원 형상이고, 상기 냉도가니의 내부 벽면에서 상기 냉도가니 내의 용탕의 표면으로 가해지는 전자기력이 향하는 방향인 냉도가니의 중심을 기준으로 하여, 상기 냉도가니의 중심으로부터 가장 멀리 위치한 냉도가니 가장자리부에서의 세그먼트의 폭(d1)에 대한 상기 냉도가니의 중심으로부터 가장 가까이 위치한 냉도가니 중심부에서의 세그먼트의 폭(d2)의 비(d2/d1)가 1.5 이상 2.0 이하인 것을 특징으로 하는 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니.

[청구항 2] 제 1항에 있어서,
상기 복수의 세그먼트들의 폭은 20mm 이상 50mm 이하인 것을 특징으로 하는 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니.

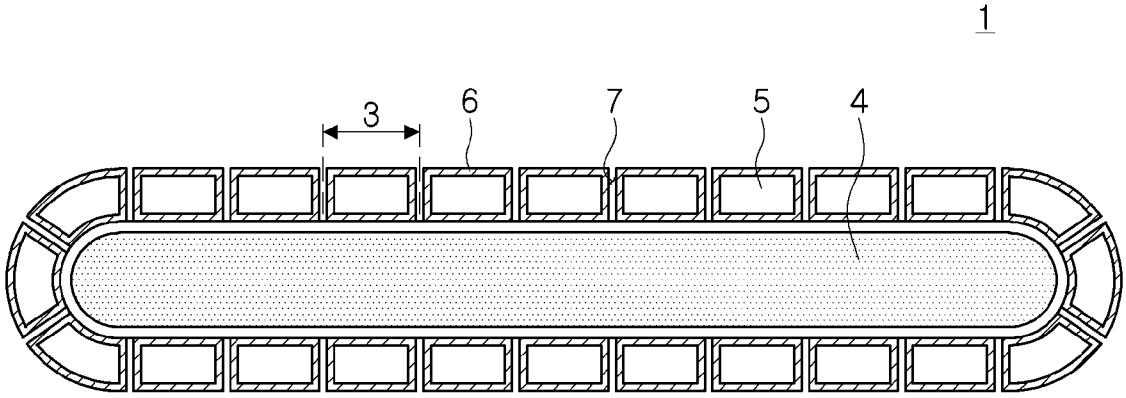
[청구항 3] 제 1항에 있어서,
상기 세그먼트의 두께(T)에 대한 상기 냉도가니 중심부에서의 세그먼트의 폭(d2)의 비(d2/T)는 1.8 이하인 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니.

[청구항 4] 제 1항에 있어서,
상기 용탕은 비중이 5 이하인 경금속으로 이루어진 것을 특징으로 하는 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니.

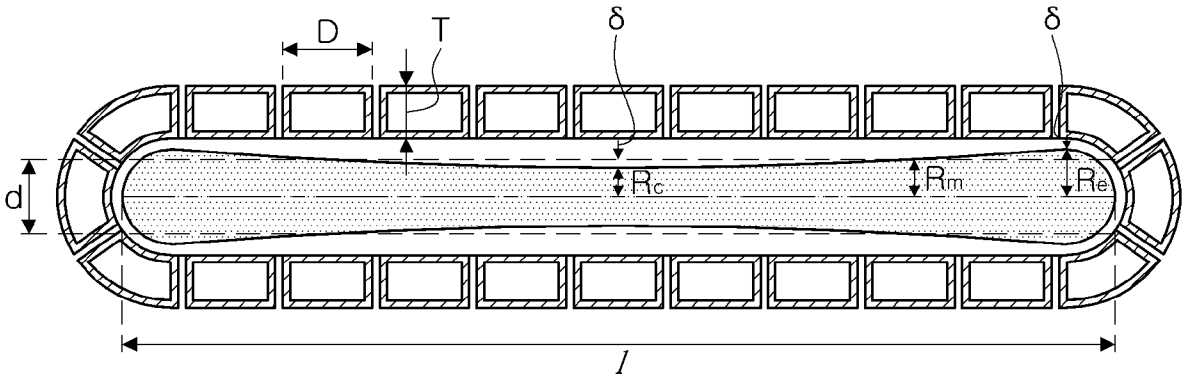
[청구항 5] 제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 냉도가니의 수평 단면의 형상은 타원형, 직사각형 또는 다각형인 것을 특징으로 하는 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니.

[청구항 6] 제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 냉도가니의 수평 단면의 형상은 냉도가니의 최상부에서 최하부까지 일정한 형상을 유지하고 있어, 냉도가니 내에 용융 상태로 머무는 용탕의 양을 최소로 하는 것을 특징으로 하는 고순도 경량 금속 소재 박슬라브 연속주조용 냉도가니.

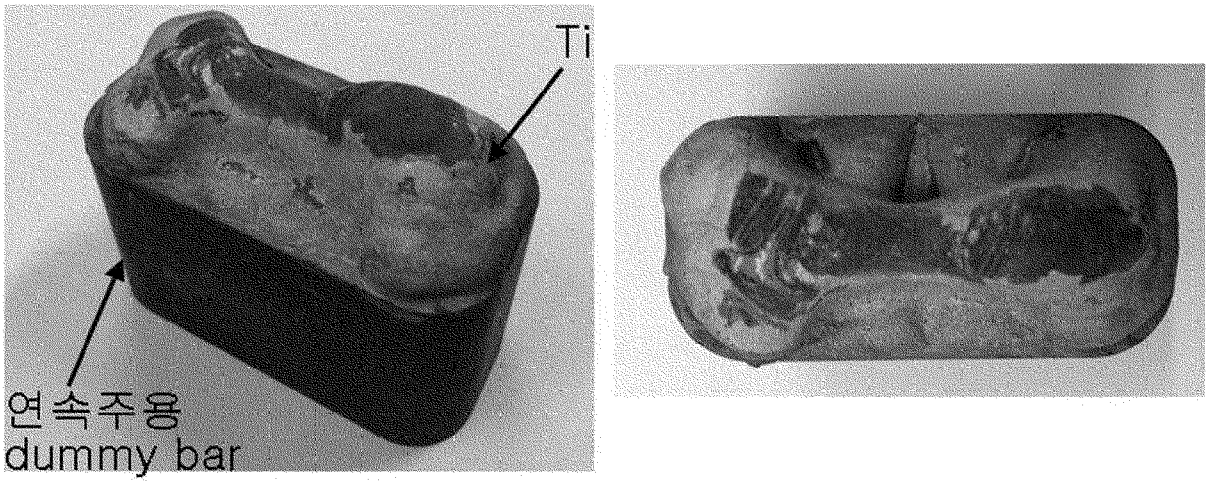
[도1]



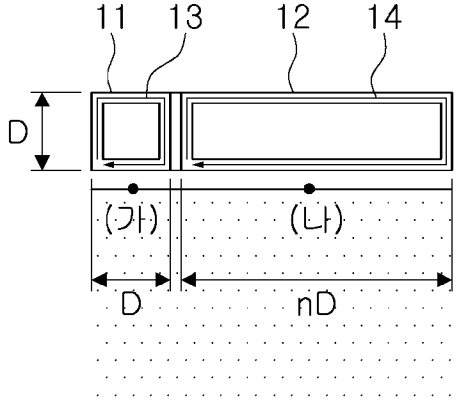
[도2]



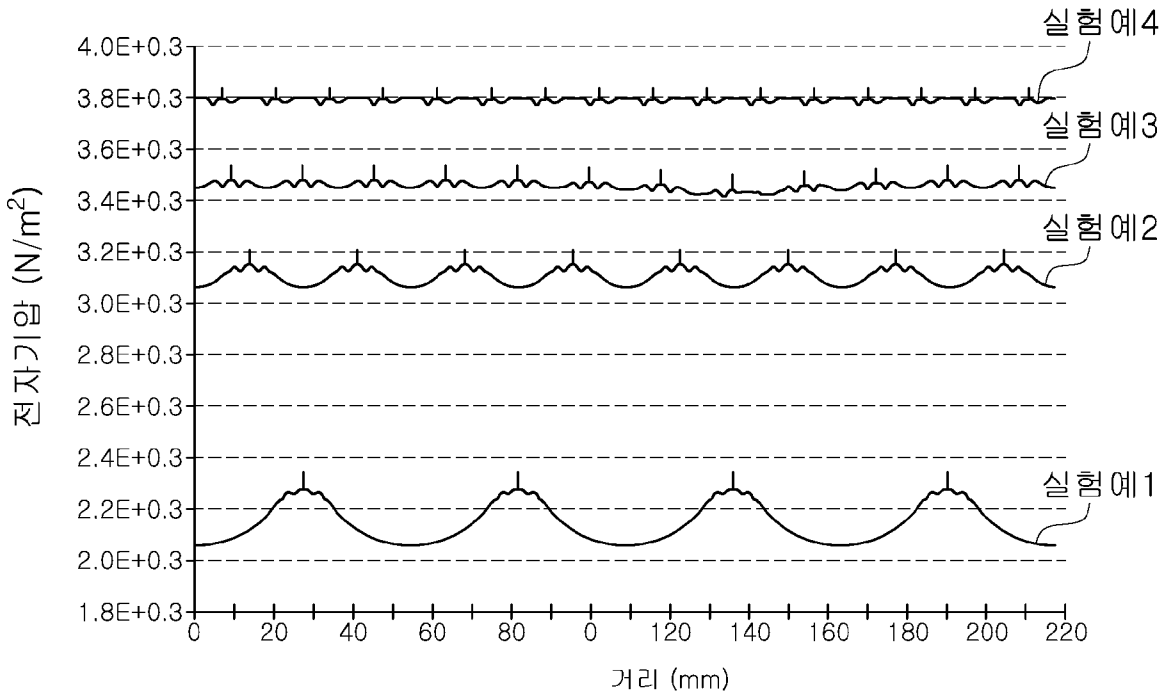
[도3]



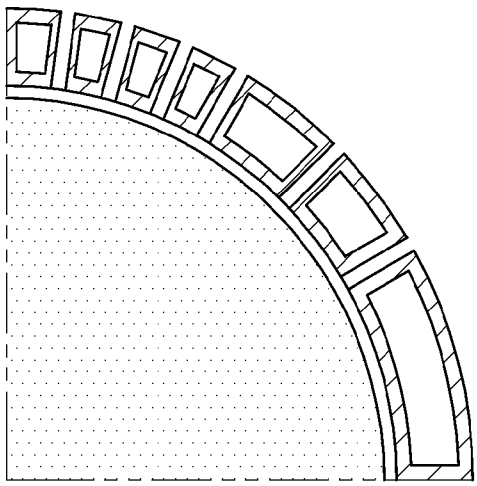
[도4]



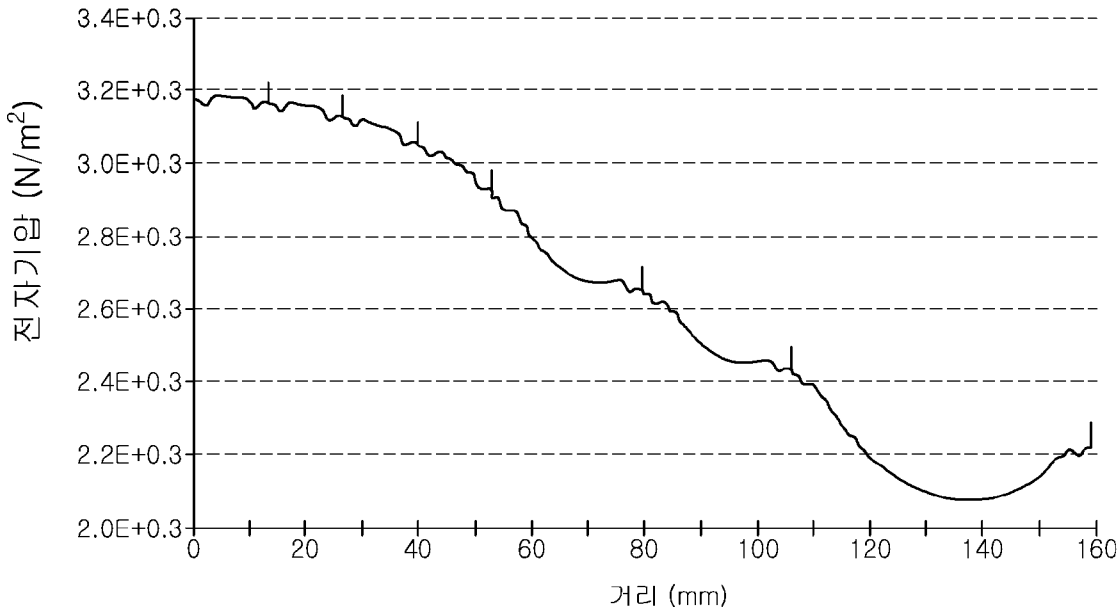
[도5]


실험예4
실험예3
실험예2
실험예1
4.0E+0.3
3.8E+0.3
3.6E+0.3
3.4E+0.3
3.2E+0.3
3.0E+0.3
2.8E+0.3
2.6E+0.3
2.4E+0.3
2.2E+0.3
2.0E+0.3
1.8E+0.3
전자기압 (N/m2)
0 20 40 60 80 0 120 140 160 180 200 220
거리 (mm)

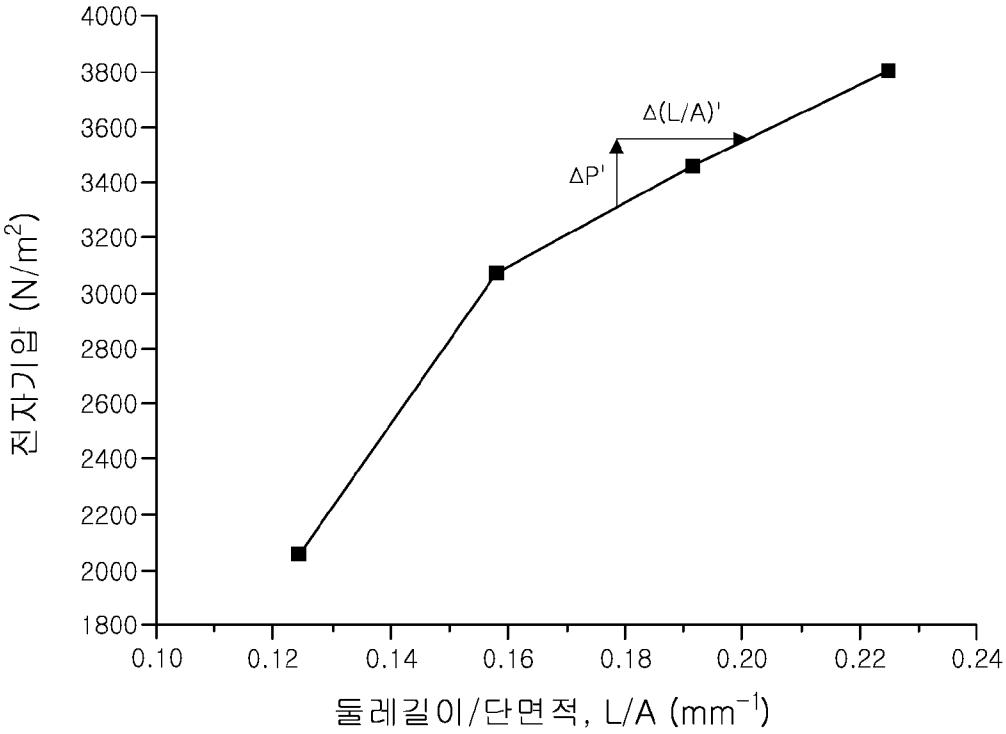
[도6]



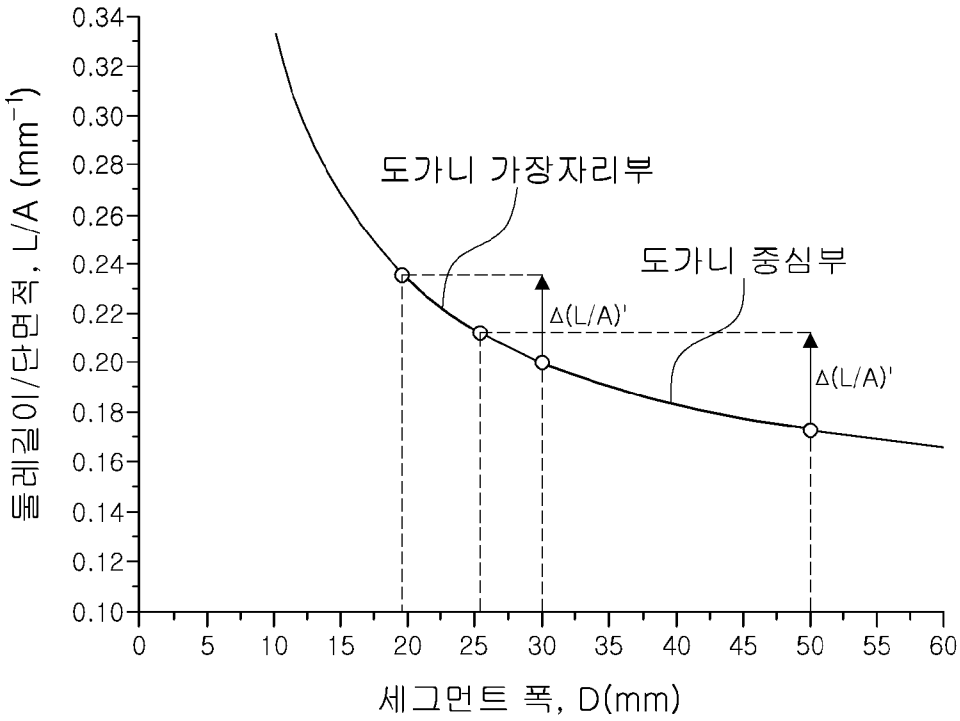
[도7]


3.4E+0.3
3.2E+0.3
3.0E+0.3
2.8E+0.3
2.6E+0.3
2.4E+0.3
2.2E+0.3
2.0E+0.3
전자기압 (N/m2)
0 20 40 60 80 100 120 140 160
거리 (mm)

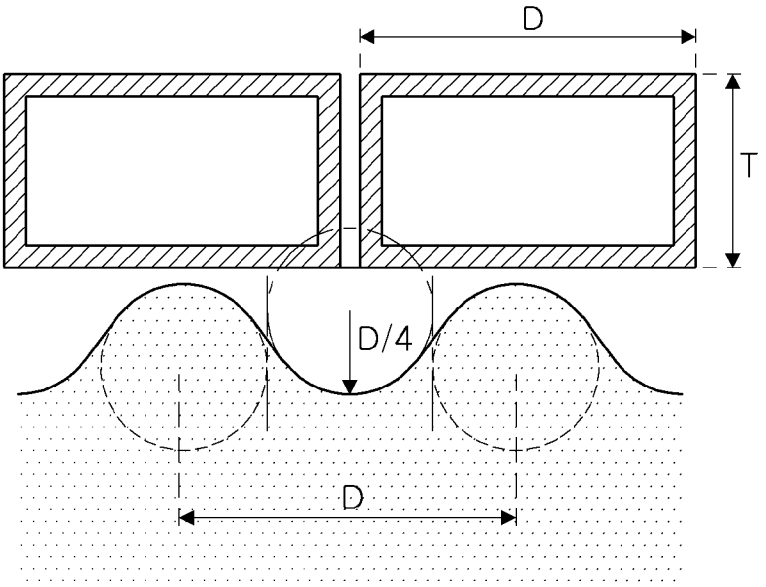
[도8]


4000
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
0.10
0.12
0.14
0.16
0.18
0.20
0.22
0.24
Δ(L/A)'
ΔP'
전자기압 (N/m2)
둘레길이/단면적, L/A (mm-1)

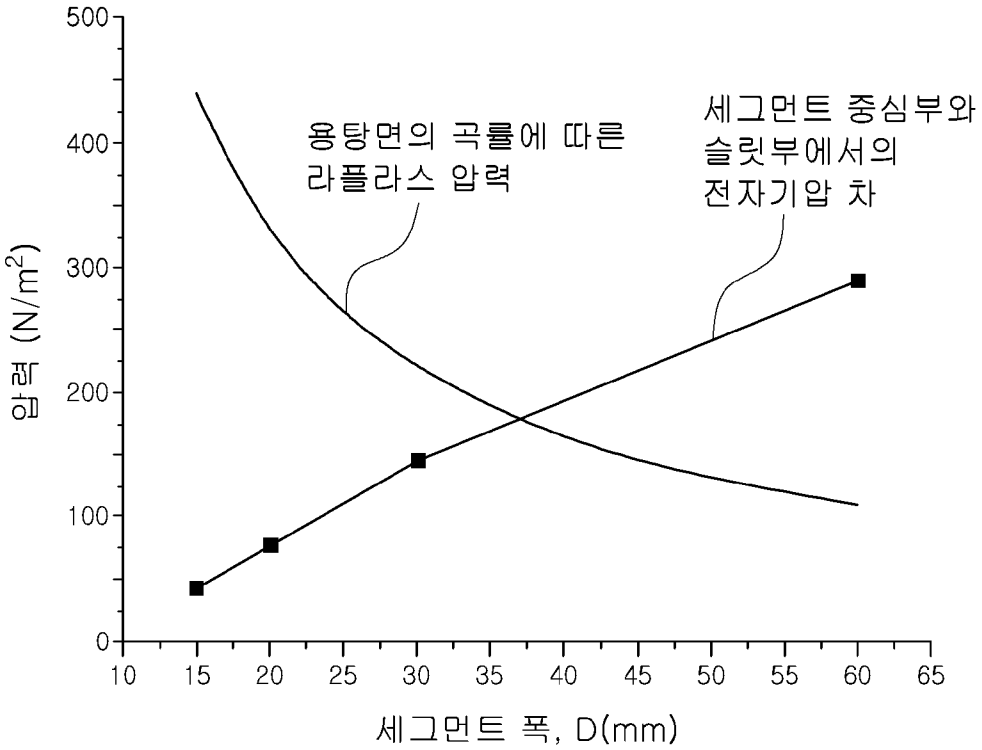
[도9]


0.34
0.32
0.30
0.28
0.26
0.24
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
도가니 가장자리부
도가니 중심부
Δ(L/A)'
Δ(L/A)'
둘레길이/단면적, L/A (mm-1)
세그먼트 폭, D(mm)

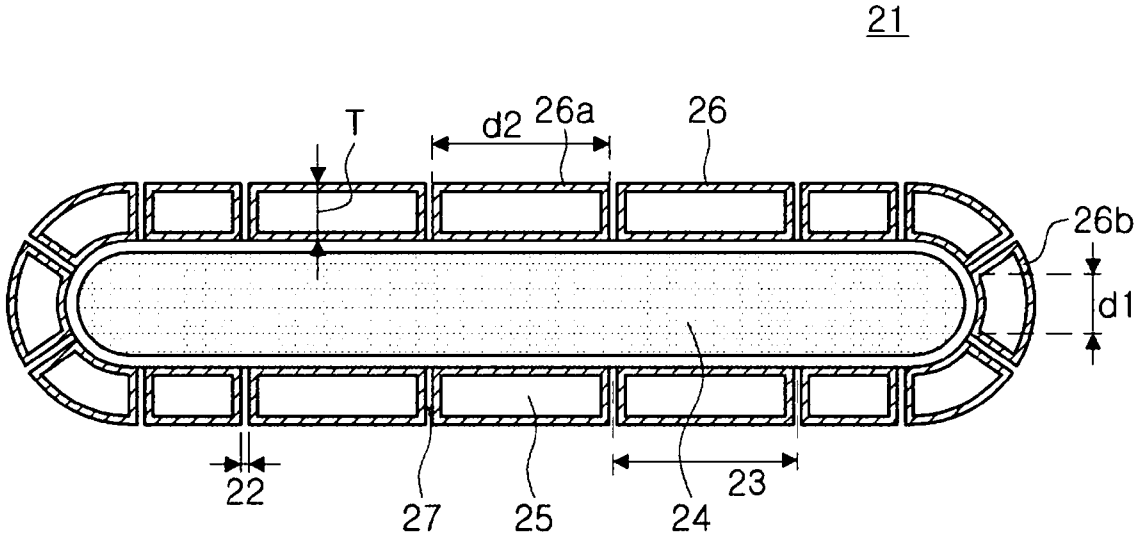
[도10]


D
T
D/4
D

[도11]


500
400
300
200
100
0
압력 (N/m2)
용탕면의 곡률에 따른
라플라스 압력
세그먼트 중심부와
슬릿부에서의
전자기압 차
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
세그먼트 폭, D(mm)

[도12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2015/008868

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22D 11/049(2006.01)i, B22D 11/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B22D 11/049; B22D 41/00; B22D 27/02; B22D 11/04; B22D 11/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above
Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: crucible, electromagnetic field, segment, coil, slit

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2013-0104295 A (KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY) 25 September 2013 See claims 1 to 7, pages 3 to 7 and figure 1a.	1,3-6
Y		2,5,6
Y	KR 10-2012-0128869 A (KCC CORPORATION) 28 November 2012 See pages 5 to 8 and figures 3 to 6.	2,5,6
A	KR 10-1999-0055365 A (POHANG IRON AND STEEL CO., LTD. et al.) 15 July 1999 See abstract, claims 1, 2 and figures 1 to 4.	1-6
A	KR 10-2013-0076060 A (RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY) 08 July 2013 See abstract, claims 1 to 5 and figures 1 to 3.	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
23 NOVEMBER 2015 (23.11.2015)	**24 NOVEMBER 2015 (24.11.2015)**

Name and mailing address of the ISA/KR
Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea
Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2015/008868

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2013-0104295 A	25/09/2013	WO 2013-137607 A1	19/09/2013
KR 10-2012-0128869 A	28/11/2012	KR 10-1239940 B1	06/03/2013
		WO 2012-157862 A2	22/11/2012
		WO 2012-157862 A3	10/01/2013
KR 10-1999-0055365 A	15/07/1999	NONE	
KR 10-2013-0076060 A	08/07/2013	NONE	

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2015/008868

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

B22D 11/049(2006.01)i, B22D 11/08(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
B22D 11/049; B22D 41/00; B22D 27/02; B22D 11/04; B22D 11/08

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌
한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))
eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드:도가니, 전자기장, 세그먼트, 코일, 슬릿

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2013-0104295 A (한국생산기술연구원) 2013.09.25 청구항 제1항 내지 제7항, 페이지 3 내지 7 및 도면 1a 참조.	1,3-6
Y		2,5,6
Y	KR 10-2012-0128869 A (주식회사 케이씨씨) 2012.11.28 페이지 5 내지 8 및 도면 3 내지 6 참조.	2,5,6
A	KR 10-1999-0055365 A (포항종합제철 주식회사 등) 1999.07.15 요약문, 청구항 제1항, 제2항 및 도면 1 내지 4 참조.	1-6
A	KR 10-2013-0076060 A (재단법인 포항산업과학연구원) 2013.07.08 요약문, 청구항 제1항 내지 제5항 및 도면 1 내지 3 참조.	1-6

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2015년 11월 23일 (23.11.2015)	2015년 11월 24일 (24.11.2015)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관
이정엽
전화번호 +82-42-481-8749

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2015/008868

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2013-0104295 A	2013/09/25	WO 2013-137607 A1	2013/09/19
KR 10-2012-0128869 A	2012/11/28	KR 10-1239940 B1	2013/03/06
		WO 2012-157862 A2	2012/11/22
		WO 2012-157862 A3	2013/01/10
KR 10-1999-0055365 A	1999/07/15	없음	
KR 10-2013-0076060 A	2013/07/08	없음	