



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0122374
(43) 공개일자 2022년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B22D 13/02 (2006.01) B22D 13/10 (2017.01)

B22D 17/14 (2006.01) C22C 14/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B22D 13/026 (2013.01)

B22D 13/107 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0026919

(22) 출원일자 2021년02월26일

심사청구일자 2021년02월26일

(71) 출원인

창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20(퇴촌동)

(72) 발명자

이재현

서울특별시 강동구 고덕로62길 76 우성아파트 5동 303호

이현우

경상남도 창원시 의창구 사림로8번길 38 201호
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

추민호

전체 청구항 수 : 총 6 항

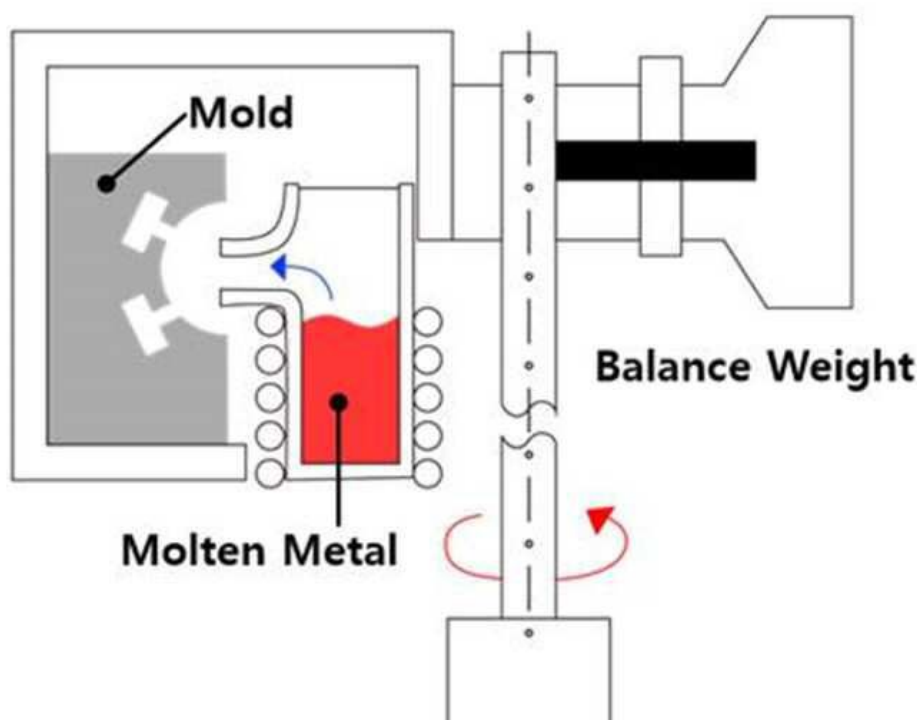
(54) 발명의 명칭 티타늄 진공원심주조방법

(57) 요약

본 발명은 반응성이 높은 티타늄의 주조과정에서 주조물의 표면반응층을 최소화하여 주조물의 물리적 특성을 강화시킬 수 있는 티타늄 진공원심주조방법에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 티타늄 진공원심주조방법은 원심주조기의 진공챔버 내부에 설치된 도가니에 티타늄 소재를 투입하고, 진공챔버 내의 압력을 $2.5 \times 10^{-2} \sim 5.0 \times 10^{-2}$ torr

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



의 진공 상태에서 티타늄을 용융시켜 티타늄 용융물을 제조하는 단계; 주형을 100 ~ 150 $\frac{r}{min}$ 로 예열시키고 회전축을 150 ~ 170rpm의 회전속도로 회전시키면서 상기 용융된 용융물을 주형으로 이동시키는 단계; 상기 용융물이 주형에 채워지면 회전축으로부터 진공챔버를 분리하여 주형을 냉각시키는 단계; 및, 냉각된 주형으로부터 주조물을 분리하는 하는 단계;를 포함한다. 본 발명의 티타늄 진공원심주조의 방법에 따르면, 주조물의 표면에 발생하는 α -case의 발생을 억제하고, 우수한 인장강도 및 경도를 가진 티타늄 주조물을 제작할 수 있다. 또한 본 발명에서 방법으로 제조된 티타늄 주조물은 우수한 물성 및 강도 등의 물리적 특성을 필요로 하는 우주, 항공, 자동차, 의공학, 스포츠 및 IP 분야에 넓게 이용될 수 있다.

(52) CPC특허분류

B22D 17/14 (2013.01)

C22C 14/00 (2013.01)

(72) 발명자

주윤곤

경상남도 창원시 의창구 상남로248번길 10

공병욱

경상남도 창원시 마산합포구 산호동로 12 산호경동
리인1단지아파트 1동 1103호

윤석현

인천광역시 연수구 컨벤시아대로274번길 35 송도터
샵마스터뷰22BL 2204동 701호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415171402
과제번호	P0006703
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	창원대학교 산학협력단
연구사업명	국가혁신클러스터사업
연구과제명	위상 최적화 적층기술 및 대형 주조 기술
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국산업기술진흥원
연구기간	2018.10.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711113639
과제번호	2018R1A5A6075959
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	창원대학교 산학협력단
연구사업명	선도연구센터지원사업 공학분야(ERC)
연구과제명	메카트로닉스 융합부품소재 연구센터
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국연구재단
연구기간	2018.09.01 ~ 2021.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

티타늄 진공 원심주조방법으로서,

원심주조기의 진공챔버 내부에 설치된 도가니에 티타늄 소재를 투입하고, 진공챔버 내의 압력을 $2.5 \times 10^{-2} \sim 5.0 \times 10^{-2}$ torr의 진공 상태에서 티타늄을 용융시켜 티타늄 용융물을 제조하는 단계;

주형을 100 ~ 150℃로 예열시키고 회전축을 150 ~ 170rpm의 회전속도로 회전시키면서 상기 용융된 용융물을 주형으로 이동시키는 단계;

상기 용융물이 주형에 채워지면 회전축으로부터 진공챔버를 분리하여 주형을 냉각시키는 단계; 및,
냉각된 주형으로부터 주조물을 분리하는 하는 단계;를 포함하는, 티타늄 진공원심주조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 티타늄을 용융시키는 단계는 고주파를 이용하여 유도가열시키는 것을 특징으로 하는, 티타늄 진공원심주조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 주조물은 30 ~ 250 μm의 표면반응층이 형성되는 것을 특징으로 하는 티타늄 진공원심주조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 주조물은 인장강도 및 경도를 향상시키는 것을 특징으로 하는, 티타늄 진공원심주조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 주조물은 계단형 사각 바 또는 환봉인 것을 특징으로 하는, 티타늄 진공원심주조방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항의 방법으로 제조된 주조물.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 티타늄 진공원심주조방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 반응성이 매우 높은 티타늄의 주조과정에서 주조물의 표면반응층을 최소화하여 물리적 특성을 강화시킬 수 있는 티타늄 진공원심주조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0003] 일반적으로 티타늄(Titanium)은 경량성, 내화학성, 내환경성, 인체친화성 등의 물성을 가지고 있어 다양한 산업 분야에 활용되고 있다. 산업분야에 정형부품으로 티타늄을 가공하기 위한 방법으로 향온단조, 분말야금, 정밀주조 등이 있다.

[0004] 이 중 정밀주조방식의 하나로 원심주조를 이용하고 있으나, 원심주조는 일정속도 이상으로 회전되는 도가니에 용융물을 주입시키고, 원심력에 의해 도가니로부터 이탈되는 용융물을 주형내부에 충전시킨 후 냉각시켜 제품을 형성한다. 이때 정밀한 주물이나 제품을 얻기 위해서는 원심력에 의해 도가니로부터 이탈된 용융물이 응고되기 전에 몰드 내부공간에 채워져야 한다.

[0005] 그러나, 용융물로 사용되는 재료 중 티타늄이나 티타늄 합금의 경우에, 산소와 반응성이 매우 높고, 고융점이기 때문에 도가니로부터 이탈된 용융물의 응고 속도가 매우 빨라 몰드에 채워지기 전에 용융물이 응고되는 문제점이 있다.

[0006] 이러한 현상은 두께가 매우 얇은 정밀한 제품의 주조 시에 더 많이 나타나기 때문에 일반적인 원심주조 방식에 의해서는 티타늄이나 티타늄 합금과 같은 고융점 금속재료를 이용하면 두께가 얇은 표면에 표면경화층(SHL)이 형성된다.

[0007] 티타늄의 정밀주조방식은 통상 액체 상태에서 산소 등의 가스 상과 반응성이 크기 때문에 진공에서 수행된다. 또한 용융물과 접촉하는 도가니와도 반응하여 용융물을 오염시킬 수 있기 때문에 특별한 용해공정이 필요하다. 이에 더하여 고온의 용융물 상태에서는 주조과정 중에 주형재료와도 반응이 일어나기 때문에 주조물의 오염을 배제하기 위해서도 용융물의 온도를 융점 이상으로 충분히 높일 수도 없어서 완전한 주조물의 형상을 제조하는데 어려움이 있다.

[0009] 한편, 주조물의 결함을 제거하기 위해서는 정수압(HIP) 처리와 같은 후처리가 필요하다. 정밀주조에 의한 제품을 생산하는 경우에는 일회용으로 사용되는 주형재료가 고가임에도 불구하고, 용융물과 주형 간의 계면 반응 생성물(표면반응층이라고 함, α -case)로 인한 기계적 물성 저하를 방지하기 위하여 화학제거처리와 같은 후가공이 필요하므로 가공에 따른 치수정밀도 저하와 환경오염 문제 및 가공비용의 상승 문제가 있었다.

[0010] 정밀주조법은 대표적인 정형가공법(NS, net shape) 중에 하나이지만, 현재의 티타늄의 주조는 정형가공법이 아니라 근정형가공법(NNS, near-net shape)밖에 될 수 없다.

[0011] 이는 티타늄 주조물이 HIP 처리, 화학 처리 및 기계적 가공 등의 후처리가 반드시 필요한 문제점을 가지고 있기 때문이다.

[0012] 이와 같이 종래 티타늄 주조 방법은 티타늄의 주조과정에서의 티타늄의 성질로 인하여 주조물의 형성이 어렵고, 별도의 HIP 후 공정을 필요로 하여 주조물 가공에 따른 치수정밀도 저하와 환경오염 및 가공비용의 상승 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1341298호

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제10-2009741호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 따라서, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 본 발명의 목적은, 티타늄 주조물을 제조하기 위한 주조 방법을 개선하여 주조물의 물리적 특성을 하락시킬 수 있는 표면반응층의 형성을 억제하고, 간단한 과정의 주조 과정으로 기존의 HIP 후처리 공정이 없이도 우수한 물리적 특성을 가지는 티타늄 주조물을 제조하는 기술로서, 티타늄 진공원심주조방법을 제공하는 것이다.

[0017] 이상에서의 본 발명에서 해결하고자 하는 다양한 과제들은 이에 한정하는 것이 아니라, 후술할 실시예 및 청구범위에 기재된 사항을 통하여 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의하여 분명하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0019] 전술한 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 티타늄 진공원심주조방법은 원심주조기의 진공챔버 내부에 설치된 도가니에 티타늄 소재를 투입하고, 진공챔버 내의 압력을 $2.5 \times 10^{-2} \sim 5.0 \times 10^{-2}$ torr의 진공 상태에서 티타늄을 용융시켜 티타늄 용융물을 제조하는 단계; 주형을 100 ~ 150℃로 예열시키고 회전축을 150 ~ 170rpm의 회전속도로 회전시키면서 상기 용융된 용융물을 주형으로 이동시키는 단계; 상기 용융물이 주형에 채워지면 회전축으로부터 진공챔버를 분리하여 주형을 냉각시키는 단계; 및, 냉각된 주형으로부터 주조물을 분리하는 하는 단계;를 포함한다.

[0020] 또한, 상기 티타늄을 용융시키는 단계는 고주파를 이용하여 유도가열시키는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상기 주조물은 30 ~ 250 μm의 표면반응층이 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 주조물은 인장강도 및 경도를 향상시키는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 주조물은 계단형 사각 바 또는 환봉인 것을 특징으로 한다.

[0024] 또한, 본 발명의 일실시에서 상기 방법으로 제조된 주조물을 제공한다.

발명의 효과

[0026] 전술한 바와 같은 본 발명의 티타늄 진공원심주조의 방법에 따르면, 주조물의 표면에 발생되는 α-case의 발생을 억제하고, 우수한 인장강도 및 경도를 가진 티타늄 주조물을 제작할 수 있다. 또한 본 발명에서 방법으로 제조된 주조물은 우수한 물성 및 강도 등의 물리적 특성을 필요로 하는 우주, 항공, 자동차, 의공학, 스포츠 및 IP 분야에 넓게 이용될 수 있다.

[0027] 이상에서의 본 발명에 따른 효과는 상기에 한정되는 것은 아니며, 기타 본 발명의 효과들은 후술할 실시예 및 청구범위에 기재된 사항을 통하여 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의하여 분명하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 티타늄 진공원심주조 시스템의 모식도를 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 티타늄 진공원심주조방법으로 제조된 주조물을 나타낸 것이다.

- 도 3은 본 발명의 티타늄 계단형 사각 바 구조물의 경도 측정 결과를 나타낸 것이다.
- 도 4는 본 발명의 티타늄 계단형 사각 바 구조물의 미세조직 이미지이다.
- 도 5는 본 발명의 티타늄 환봉 구조물의 경도 측정 결과를 나타낸 것이다.
- 도 6은 본 발명의 티타늄 환봉 구조물의 미세조직 이미지이다.
- 도 7은 본 발명의 티타늄 환봉 구조물의 3D Micro-CT 이미지이다.
- 도 8은 본 발명의 티타늄 환봉 구조물과 종래 HIP 티타늄 구조물의 인장강도 비교 결과를 나타낸 것이다.
- 도 9는 본 발명의 티타늄 환봉 구조물과 종래 HIP 티타늄 구조물의 경도 비교 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하, 본 발명에 대하여 보다 상세하게 설명하도록 한다.
- [0031] 본 발명을 설명하기에 앞서 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0032] 본 발명을 설명함에 도면의 구성 요소들에 인용부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 동일한 부호를 가지도록 하고 있으며, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 공지기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다. 또한, '상부', '하부', '앞', '뒤', '전단', '전방', '후단' 등과 같은 방향성 용어는 개시된 도면의 배향과 관련하여 된다. 본 발명에서, 각 층(막), 영역, 패턴 또는 구조물들이 기판, 각 측(막), 영역, 패드 또는 패턴들의 "상/위(on)"에 또는 "하/아래(under)"에 형성된다는 기재는, 직접(directly) 또는 다른 층을 개재하여 형성되는 것을 모두 포함한다. 각 층의 상/위 또는 하/아래에 대한 기준은 도면을 기준으로 설명한다. 이에 본 발명의 실시예의 구성요소는 다양한 배향으로 위치 설정될 수 있기 때문에 방향성 용어는 예시를 목적으로 사용되는 것이지 이를 제한하는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 실시예에서 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니며 명확성을 기하기 위하여 과장될 수 있으며, 특정한 용어들에 설명되는 것은 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것으로 의미 한정이나 청구범위에 기재된 본 발명의 권리 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다.
- [0033] 또한, 본 발명에서 '및/또는' 이란 표현은 전후에 나열된 구성요소들 중 적어도 하나를 포함하는 의미로 사용된다. 또한, '연결되는/결합되는'이란 표현은 다른 구성요소와 직접적으로 연결되거나 다른 구성요소를 통해 간접적으로 연결되는 것을 포함하는 의미로 사용된다. 본 명세서에서 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 또한, 명세서에서 사용되는 '포함한다' 또는 '포함하는'으로 언급된 구성요소, 단계, 동작 및 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및 소자의 존재 또는 추가를 의미한다.
- [0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0035] 도 1은 본 발명의 티타늄 진공 원심주조 시스템의 모식도를 나타낸 것이다.
- [0036] 본 발명의 티타늄 진공원심주조의 시스템을 살펴보면, 진공상태의 진공챔버 내에 도가니를 가열하여 내부의 재료를 용융시키고 이후 회전축의 회전을 통해 도가니 내에서 용융된 용융물을 주형 내부로 이동시켜 성형하는 성형부와, 회전축을 기준으로 성형부의 회전이 정확히 대칭을 이룰 수 있도록 성형부에 마주하여 대칭되도록 밸런스 웨이트를 구비하여 이루어진다. 이때, 회전축으로 회전시키면서 원심에 의해 도가니의 개방된 토출구로 용융물이 이동하여 주형 내부에 채워진다.
- [0037] 이때, 도가니의 외면에는 도가니에 고주파를 공급하는 고주파가열코일이 설치되며 이러한 고주파가열코일의 가열을 통해 도가니에 수용된 티타늄 재료를 용융시킨다.
- [0038] 본 발명에서 바람직한 일실시예에 따른 티타늄 진공원심주조의 시스템을 이용하여 티타늄 구조물의 성형 과정을 보면 진공챔버 내부의 도가니로 티타늄 재료를 투입하고, 진공챔버의 내의 진공을 형성시킨다. 이후, 도가니의 고주파가열 코일을 작동시켜 도가니 내부가 가열되어 티타늄 소재가 용융된다.
- [0039] 티타늄 소재가 적절한 용융상태가 되면 설정된 회전수로 회전축을 회전시켜 원심력을 가지게 되고, 도가니의 용융물을 주형의 내부로 이동시킨다.

[0040] 회전축의 설정된 회전수 및 회전시간에 따라 고속 회전되어 주형에 용융물이 완전히 채워져 성형이 완료되면, 진공챔버는 냉각을 위해 회전축으로부터 분리된 후 냉각된다.

[0041] 여기서 본 발명에서 주형은 150℃로 예열되고, 진공챔버 내부는 5.0×10^{-2} torr의 압력에서 진공을 형성하고 고주파를 이용해 티타늄을 용해시킨 후 170rpm의 회전속도로 회전축을 회전시켜 주조시키는 것이 바람직하다.

[0042] 본 발명의 실시예에서 제시되는 티타늄 진공원심주조방법은 원심주조기의 진공챔버 내부에 설치된 도가니에 티타늄 소재를 투입하고, 진공챔버 내의 압력을 $2.5 \times 10^{-2} \sim 5.0 \times 10^{-2}$ torr의 진공 상태에서 티타늄을 용융시켜 티타늄 용융물을 제조하는 단계; 주형을 100 ~ 150℃로 예열시키고 회전축을 150 ~ 170rpm의 회전속도로 회전시키면서 상기 용융된 용융물을 주형으로 이동시키는 단계; 상기 용융물이 주형에 채워지면 회전축으로부터 진공챔버를 분리하여 주형을 냉각시키는 단계; 및, 냉각된 주형으로부터 주조물을 분리하는 하는 단계;를 포함한다.

[0043] 또한, 상기 티타늄을 용융시키는 단계는 고주파를 이용하여 유도가열시키는 것을 특징으로 한다.

[0044] 본 발명에 따른 티타늄 주조물은 30 ~ 250 μm의 표면반응층이 형성되는 것으로, 티타늄 주조물의 표면반응층 형성을 억제하여 우수한 물리적 특성을 갖도록 한 것에 특징이 있다. 예를 들어 본 발명의 티타늄 진공원심주조의 방법을 통하면 상기 주조물은 인장강도 및 경도를 갖는 티타늄 주조물을 제조할 수 있다.

[0046] 이하, 본 발명의 구체적인 실시예들을 하기에서 자세하게 설명하도록 한다. 하기에 설명되는 실시예들은 본 발명을 구체화하기 위한 것으로서, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0048] <실시예 1> 진공원심주조 준비 및 주조물 제조

[0049] 진공원심주조(Vacuum Centrifugal Casting) 방법을 이용하여 주조물을 제조하기 위하여 15Φ×150mm 크기의 환봉(Round Bar) 형태와 단차를 두어 각각 8T, 6T, 4T, 2T 두께를 갖는 계단형 사각 바(steped square bar)를 제조하였다. (도 2)

[0050] 도가니는 산화칼슘(calcia)계 도가니를 이용하였으며, 지르콘(Zircon)계 주형(Mold) 사용하였다.

[0051] 여기서 진공챔버 내부의 조건은 아래 표 1에 나타내었다.

표 1

	주형 온도(℃)	진공챔버 압력(torr)	회전속도(rpm)
As-Cast1	100	2.5×10^{-2}	170
As-Cast1	100	5.0×10^{-2}	170
As-Cast1	150	5.0×10^{-2}	170
As-Cast1	200	5.0×10^{-2}	150

[0054] <비교예 1> HIP 진공원심주조

[0055] 실시예 1의 진공챔버 내부의 제외하여 동일하게 제조하였으며, HIP (Hot Isostatic pressing) 조건으로 주조물을 제조하였다. HIP 조건은 하기 표 2에 나타내었다.

표 2

	진공 챔버 온도(℃)	진공챔버 압력(Ar 분위기, Mpa)	회전속도(rpm)
HIP1	600	50	170
HIP2	600	80	170
HIP3	900	100	170

HIP4	1,200	150	150
------	-------	-----	-----

[0058] <실험예 1> 표면 반응층(α -case) 생성 측정

[0059] 1-1 계단형 사각 바(steped square bar)의 표면 반응층(α -case) 크기 분석

[0060] 실시예 1에서 제조된 계단형 사각 바(steped square bar) 주조물을 Vicker's 경도측정기(하중 0.025kgf)를 이용해 2, 4, 6 및 8mm 두께별로 한쪽 끝에서부터 50 μ m 단위로 0.5mm까지 측정하였으며, 측정결과를 도 3에 나타내었다.

[0061] 도 3은 본 발명의 티타늄 계단형 사각 바 주조물의 경도 측정 결과를 나타낸 것으로, 8mm는 150 μ m, 6mm는 100 μ m, 4mm는 50 μ m까지 경도가 높게 나타났다.

[0062] 도 4는 본 발명의 티타늄 계단형 사각 바 주조물의 미세조직 이미지로서, 표면 반응층의 두께는 8mm는 180 μ m이하, 6mm는 120 μ m이하, 4mm는 50 μ m이하, 2mm는 30 μ m이하로, 상기 경도 측정 결과와 일치된 경향으로 나타났다.

[0064] 1-2 환 봉(Round Bar)의 표면 반응층(α -case) 크기 분석

[0065] 실시예 1에서 제조된 환 봉(Round Bar) 주조물을 Vicker's 경도측정기(하중 0.01kgf)로 시편 한 쪽 끝에서부터 50 μ m 단위로 0.5mm까지 측정하였으며, 측정 결과를 도 5에 나타내었다.

[0066] 도 5는 본 발명의 티타늄 환봉 주조물의 경도 측정 결과를 나타낸 것으로, 부위마다 약간의 차이는 있지만, Hardness data 상으로는 약 200 μ m까지 표면반응층(SHL)이 생성되는 것으로 확인되었다.

[0067] 도 6은 본 발명의 티타늄 환봉 주조물의 미세조직 이미지로서, 부위마다 약간의 차이는 있지만, OM data 상으로는 약 200 μ m의 두께로 조대화된 표면반응층이 관찰되었다.

[0069] <실험예 2> 결함 분석

[0070] 상기 실시예 1에서 제조된 환봉의 3D Micro-CT test를 실시하였으며, HIP 조건에 대한 결함 발생 및 결함 비율을 확인하였으며 아래 표 3에 나타내었다.

표 3

	전체 부피 (mm^3)	결함 부피(mm^3)	결함 부피 비율(%)
기존 Cast	25273.44	11.57	0.05
HIP	25174.79	0	0

[0072] 도 7은 본 발명의 티타늄 환봉 주조물의 3D Micro-CT 이미지를 나타낸 것으로, 기존 주조 방법으로 제조된 환봉의 경우 절단면의 중심부, 길이방향에서 게이트보다 약간 위와 아래 부분에 결함이 발견되었다(11.57 mm^3).

[0073] 반면, 실시예 1에서 제조된 티타늄 환봉 주조물의 경우 결함이 발견되지 않았다.

[0075] <실험예 3> 인장강도 및 경도 측정

[0076] 실시예 1에서 제조된 티타늄 환봉 주조물 4개와 기존의 HIP를 적용하여 제조된 티타늄 환봉 주조물 4개의 인장강도 및 경도를 측정하였으며, 각 측정된 항복강도, 인장강도, 연신율 및 경도를 아래 표 4 및 표 5에 나타내었으며, 측정된 인장강도를 도 8에 나타내었고, 측정된 경도를 도 9에 나타내었다.

표 4

[0077]

	항복강도(MPa)	인장강도(MPa)	연신율(%)	경도(HV)
As-Cast1	927.42	1061.37	3.77	350.22±14.97
As-Cast2	990.76	1085.12	5.47	372.05±15.51
As-Cast3	1009.66	1090.39	4.49	370.73±12.34
As-Cast4	1016.78	1086.12	2.79	362.7±8.22

표 5

[0078]

	항복강도(MPa)	인장강도(MPa)	연신율(%)	경도(HV)
HIP1	992.42	1083.51	4.19	383.13±15.78
HIP2	943.21	1013.52	8.68	359±22.02
HIP3	955.59	1023.61	10.47	386.8±15.46
HIP4	986.61	1065.42	9.62	393±39.46

[0080]

실시에 1에서 제조된 티타늄 환 봉 구조물의 경우 기존 방식으로 제조된 구조물에 비하여 항복강도 및 인장강도가 HIP 적용에 비하여 향상되거나 또는 HIP 방식의 구조물에 준하는 물리적 특성을 갖는 것으로 나타났다. 특히 연신율의 경우에는 HIP적용에 비하여 고른 안정성을 가지고, 경도의 하락이 없는 것을 확인하였다.

[0081]

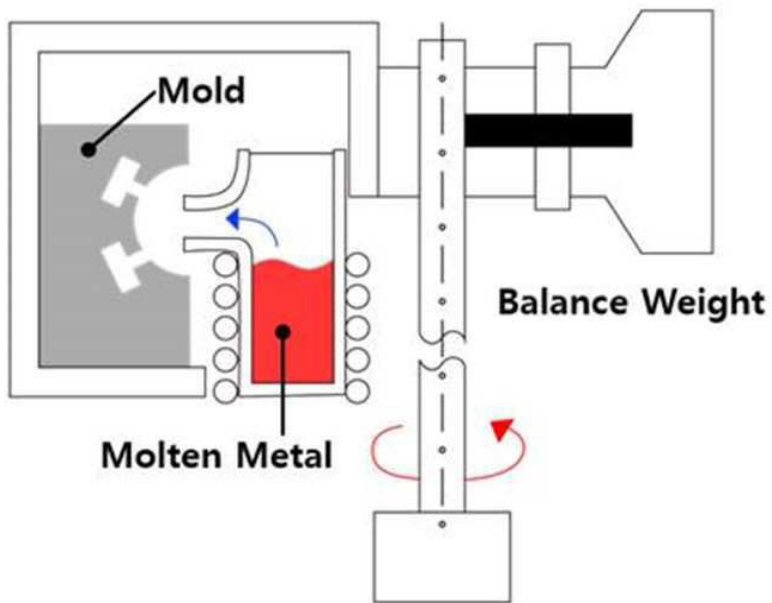
이러한 결과는 본 발명의 티타늄 진공원심주조의 방법을 통해서 구조물의 내부 결함 및 표면반응층을 생성을 억제하여 인장 및 경도를 향상시킬 수 있는 것으로 판단되었다.

[0082]

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 따른 케이블 베어 장치는 발명의 구체적인 실시예를 상세하게 설명되었으나, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서 다른 구성요소를 추가, 변경, 삭제 등을 통하여, 퇴보적인 다른 발명이나 본 발명 사상의 범위 내에 포함되는 다른 실시예를 용이하게 제안할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구의 범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구의 범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

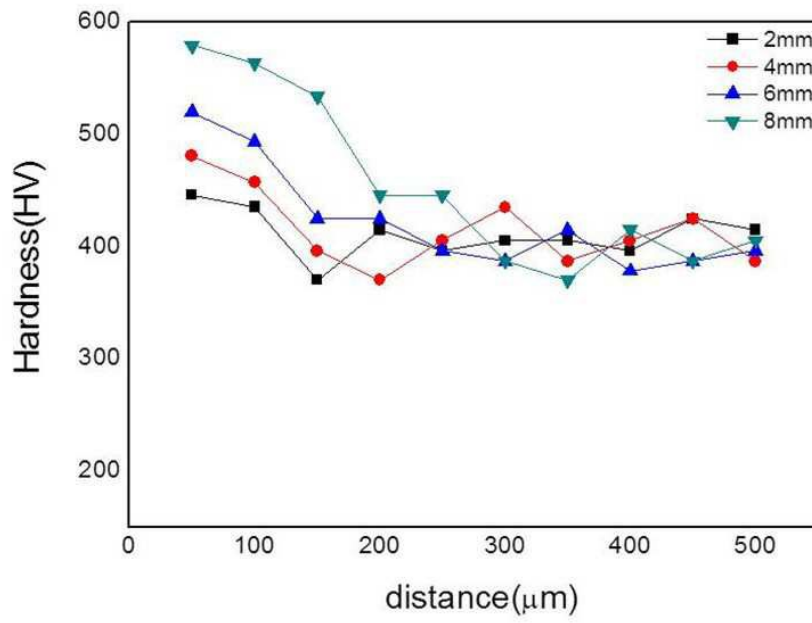
도면1



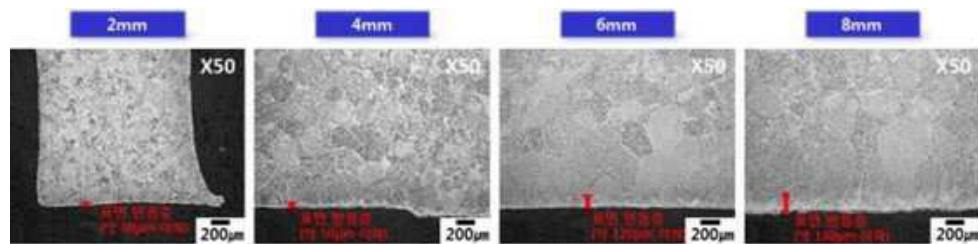
도면2



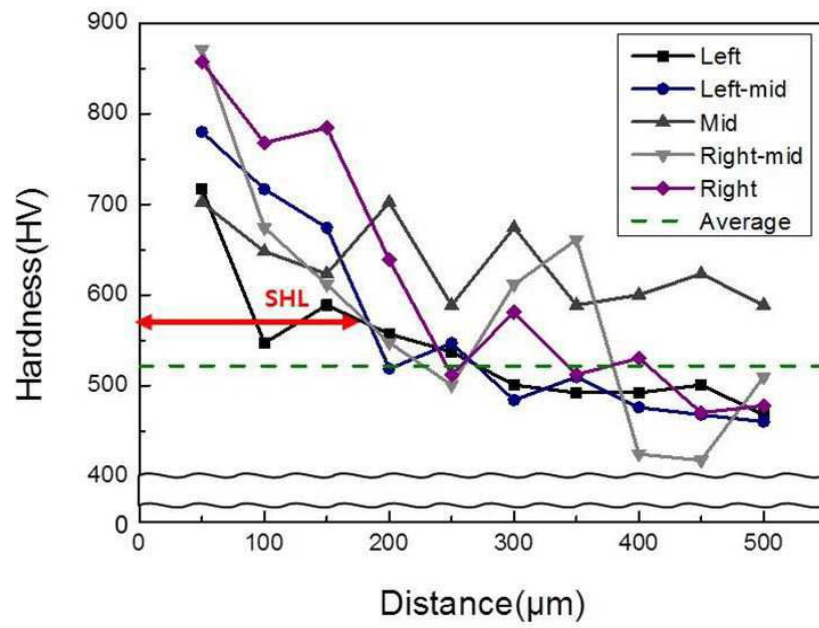
도면3



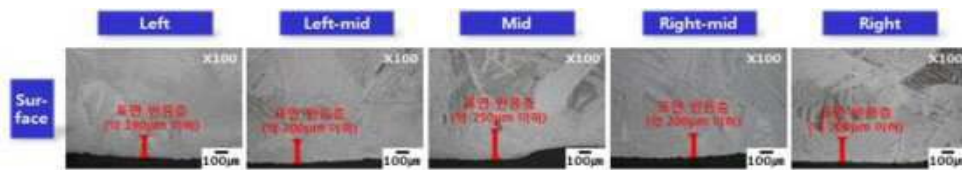
도면4



도면5

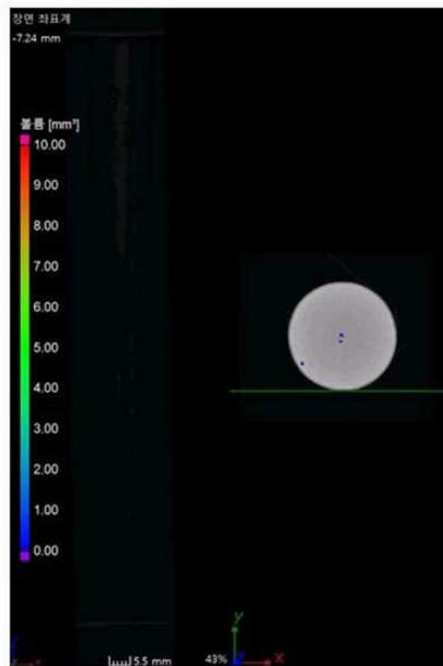


도면6

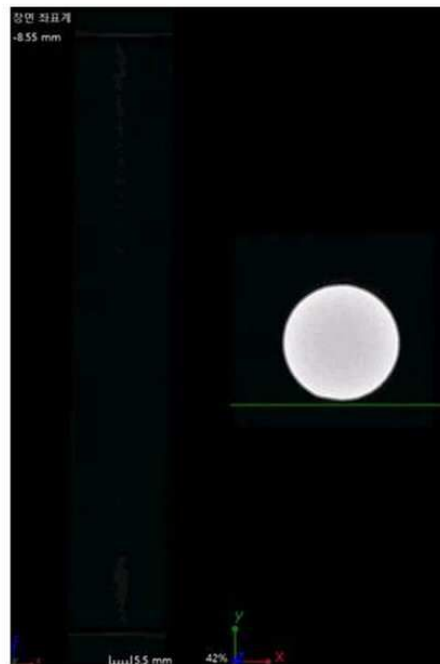


도면7

Results of 3D Micro-CT test

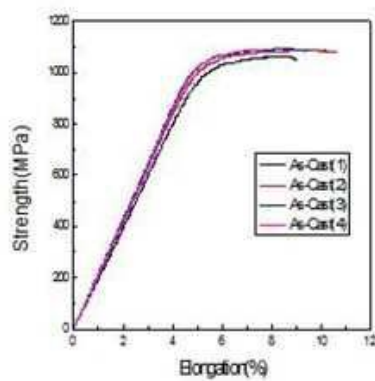


<As-Cast>

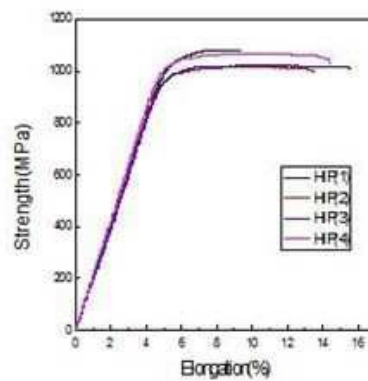


<HIP>

도면8

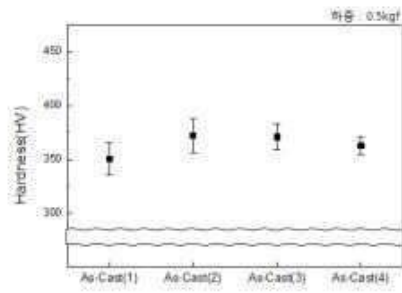


<As-Cast>

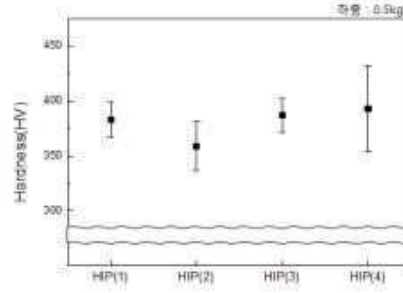


<HIP>

도면9



<As-Cast>



<HIP>