(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년09월02일
(11) 등록번호 10-1981625
(24) 등록일자 2019년05월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 28/02 (2014.01) *B22F 3/105* (2006.01)
B23K 20/02 (2006.01) *B23K 20/24* (2006.01)
B23K 26/20 (2014.01) *B23K 26/342* (2014.01)
B23K 26/60 (2014.01) *B33Y 10/00* (2015.01)
B64C 1/00 (2006.01) *C21D 9/50* (2006.01)
B23K 103/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 28/02 (2013.01)
B22F 3/1055 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0123242
(22) 출원일자 2018년10월16일
심사청구일자 2018년10월16일
(56) 선행기술조사문헌
JP2006526132 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
엘아이지넥스원 주식회사
경기도 용인시 기흥구 마북로 207 (마북동)
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
박진용
경기도 성남시 분당구 판교로 333,(삼평동)
노경호
경기도 성남시 분당구 판교로 333, (삼평동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인우인

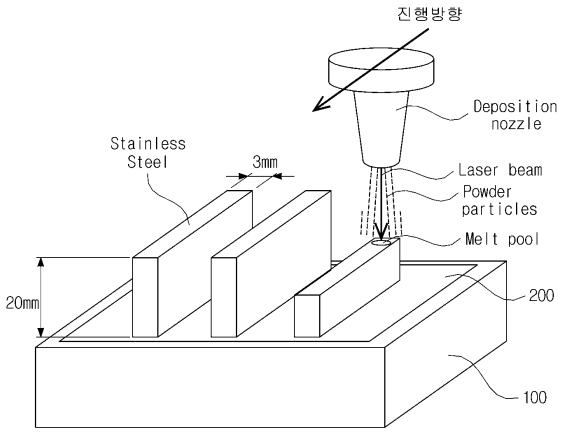
전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 홍성의

(54) 발명의 명칭 **레이저를 이용한 금속 접합방법 및 그 방법을 이용하여 생성된 부속품을 포함하는 고속 발사체**

(57) 요 약

본 발명의 실시예에 따른 금속 접합방법은, 티타늄을 함유하는 제1 층을 준비하는 단계, 상기 제1 층의 상면에 바나듐을 함유하는 제2 층을 안착시키는 단계 및 상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 프린팅하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도9



(52) CPC특허분류
B23K 20/026 (2013.01)
B23K 20/24 (2013.01)
B23K 26/20 (2013.01)
B23K 26/342 (2015.10)
B23K 26/60 (2015.10)
B33Y 10/00 (2013.01)
C21D 9/50 (2013.01)
B22F 2003/1057 (2013.01)
B64C 2001/0081 (2013.01)

(72) 발명자
이온수
경기도 성남시 분당구 판교로 333, (삼평동)
김정한
대전광역시 유성구 송림로 13, 103-1604 (하기동, 송림마을아파트1단지)

공지예외적용 : 있음

(56) 선행기술조사문헌
KR1019890007823 A*
KR1020050080754 A*
KR1020100056841 A*
KR1020120096310 A*
KR1020130033163 A*
KR1020170068065 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

티타늄을 함유하는 제1 층을 준비하는 단계;

상기 제1 층의 상면을 그루부(groove) 처리하는 단계;

상기 그루부 처리된 제1 층의 상면의 적어도 일부분에 99 % 이상의 순도를 가지는 바나듐 분말을 이용하여 레이저 클래딩(laser cladding) 함에 따라 제2 층을 안착시키는 단계; 및

상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 프린팅하는 단계;를 포함하되,

상기 제2 층을 안착시키는 단계는, 상기 바나듐 분말을 용융한 후, 레이저 빔 생성기의 레이저 건(laser gun)을 이용하여 상기 용융된 바나듐을 분사함에 따라 상기 용융된 바나듐을 포함하는 상기 제2 층을 상기 제1 층의 상면에 안착시키되, 상기 레이저 건으로부터 상기 제1 층 사이의 거리로 정의되는 레이저 초점거리는 1 내지 2 ㎜이고, 상기 제2 층은 상기 용융된 바나듐을 기반으로 레이저 클래딩된 복수개의 바나듐 층이 적층됨에 따라 형성되며,

상기 제1 층의 상면에 상기 용융된 바나듐을 이용하여 레이저 클래딩함에 있어서 상기 레이저 빔의 전력은 80 내지 100 W이고, 스캔속도는 100 내지 200 ㎜/s이며, 상기 바나듐 분말을 포함하는 제2 층의 두께는 400 내지 440 ㎛인 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 금속 접합방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 프린팅하는 단계는,

레이저 빔 생성기를 구비하여 수행되는 다이렉트 에너지 디포지션(DED, Directed Energy Deposition) 방법을 기반으로 하거나, 파우더 베드 퓨전(Powder bed fusion) 방법을 기반으로 하는 3D 프린팅 방식으로 상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 프린팅하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 금속 접합방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 다이렉트 에너지 디포지션 방법을 기반으로 상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 접합시키는 단계에서의 용접 속도는 400 내지 480 ㎜/min로 수행되고, 상기 레이저 빔 생성기로부터 출력되는 레이저 출력 전력은 150 내지 210 W인 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 금속 접합방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 프린팅한 이후에 발생되는 잔류응력을 제거하기 위해 열처리 하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 금속 접합방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 열처리 하는 단계는, 550 내지 650 도(° C)의 온도로 1시간 이내로 수행되는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 금속 접합방법.

청구항 10

비행을 제어하는 제어부; 및

프레임을 형성하는 하우징;을 포함하되,

상기 하우징의 적어도 일부분은, 티타늄을 함유하는 제1 층, 상기 제1 층의 상면에 위치하며, 99 % 이상의 순도를 가지는 바나듐 분말을 포함하는 제2 층 및 상기 제2 층의 상면에 위치하는 스테인리스 강으로 형성되는 부속품;을 포함하되,

상기 제2 층은, 레이저 클래딩(laser cladding) 방법으로 상기 제1 층의 상면에 안착되는 것이고,

상기 제2 층이 안착되는 과정은, 상기 바나듐 분말을 용융한 후, 레이저 빔 생성기의 레이저 건(laser gun)을 이용하여 상기 용융된 바나듐을 분사함에 따라 상기 용융된 바나듐을 포함하는 상기 제2 층을 상기 제1 층의 상면에 안착시키되, 상기 레이저 건으로부터 상기 제1 층 사이의 거리로 정의되는 레이저 초점거리는 1 내지 2 ㎜이고, 상기 제2 층은 상기 용융된 바나듐 분말을 기반으로 레이저 클래딩된 복수개의 바나듐 층이 적층됨에 따라 형성되며,

상기 제1 층의 상면에 상기 제2 층을 안착시키는 과정에서의 레이저 빔의 전력은 80 내지 100 W이고, 스캔속도는 100 내지 200 ㎜/s이며, 상기 바나듐 분말을 포함하는 제2 층의 두께는 400 내지 440 ㎛인 것을 특징으로 하는 고속 발사체.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 부속품은 상기 하우징의 날개부 영역 또는 헤드(head)부 영역에 포함되는 것을 특징으로 하는 고속 발사체.

청구항 12

삭제

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 부속품은, 상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 접합시킨 이후에 발생되는 잔류응력을 제거하기 위해 550 내지 650 도(° C)의 온도로 1시간 이내로 열처리함에 따라 생성되는 것을 특징으로 하는 고속 발사체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 레이저를 이용한 금속 접합방법 및 그 방법을 이용하여 생성된 부속품을 포함하는 고속 발사체에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 금속 분말을 이용한 3D 프린팅 기술은 기존 제조 산업의 패러다임을 변화시킬 수 있는 기술로서 낙후된 제조가

공 산업분야에서 3차 산업혁명 범주로 볼 수 있어 국내 산업구조의 고도화를 위한 필수적인 기술이라 할 수 있다.

[0003] 항공 및 방산 업계에서는 연비 향상 및 고 성능화를 위하여 엔진 및 기체 부품 경량화에 관심이 고조되고 있으며, 특히 티타늄(titanium)과 같은 경량/고강도 소재의 활용을 적극 추진하고 있다. 티타늄 합금은 철 합금을 대체할 경우 약 40 %의 중량 감소 효과를 얻을 수 있고, 일반 연료 효율을 4 % 이상 개선할 수 있다는 장점이 있다.

[0004] 티타늄 3D 프린팅은 일반 스테인리스 강(stainless steel) 대비 분말 가격이 비싸고 제조공정이 복합하여 최근에는 필요한 소규모 부품만 티타늄 재질로 제조하고 기타 부위는 스테인리스 강으로 제조하여 접합하는 방식이 연구되고 있다. 그러나, 티타늄 합금의 철 원소 고용도는 2 % 내외로 매우 낮아 스테인리스 강과 접합 시 접합면에 TiFe 또는 TiFe2 등의 금속간 화합물이 쉽게 생성될 수 있는 문제가 있다. 이러한 금속간 화합물은 취성이 매우 강하고, 계면 에너지가 높아 접합면에 박리현상이 쉽게 발생할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허 제10-2010-0028388호 (공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 티타늄 합금과 스테인리스 강을 접합하는 경우, 접합면에 생성되는 취성이 높은 중간상(금속간 화합물)의 발생을 억제하면서, 그에 따라 발생되는 박리 현상을 방지함으로써, 티타늄 합금과 스테인리스 강의 복합 적층계면의 우수한 접합강도를 유지시키도록 하는 이종금속 접합방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 접합방법은, 티타늄을 함유하는 제1 층을 준비하는 단계, 상기 제1 층의 상면에 바나듐을 함유하는 제2 층을 안착시키는 단계 및 상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 프린팅하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 또한, 상기 제1 층은 티타늄 또는 티타늄 합금으로 이루어지고, 상기 제2 층은 99 % 이상의 순도를 가지는 바나듐 박판 또는 바나듐 분말로 형성될 수 있다.

[0009] 또한, 상기 제2 층을 안착시키는 단계는, 상기 제1 층의 상면에 바나듐 박판으로 마련되는 상기 제2 층을 확산접합함으로써 안착시키거나, 상기 제1 층의 상면에 바나듐 분말을 이용하여 레이저 클래딩(laser cladding)함으로써 상기 제2 층을 안착시킬 수 있다.

[0010] 또한, 상기 바나듐 분말은 30 내지 100 μm 입도를 가질 수 있고, 상기 제1 층의 상면에 상기 바나듐 분말을 이용하여 레이저 클래딩함으로써 상기 제2 층을 안착시키는 단계에서의 레이저 빔의 전력은 80 내지 100 W이고, 스캔속도는 100 내지 200 mm/s이며, 상기 바나듐 분말로 형성되는 제2 층의 두께는 400 내지 440 μm일 수 있다.

[0011] 또한, 상기 제1 층의 상면에 상기 바나듐 박판을 확산접합하는 단계는, 가압기를 이용하여 상기 제1 층의 상면에 상기 바나듐 박판을 1 톤(ton) 이상의 하중으로 가압시키는 단계를 더 포함하고, 상기 가압시키는 단계에서의 상기 가압기의 온도는 1000 내지 1200 도(° C)로 유지될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 프린팅하는 단계는, 레이저 빔 생성기를 구비하여 수행되는 다이렉트 에너지 디포지션(DED, Directed Energy Deposition) 방법을 기반으로 하거나, 파우더 베드 퓨전(Powder bed fusion) 방법을 기반으로 하는 3D 프린팅 방식으로 상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 프린팅할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 다이렉트 에너지 디포지션 방법을 기반으로 상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 프린팅 하는 단계에서의 용접 속도는 400 내지 480 mm/min로 수행되고, 상기 레이저 빔 생성기로부터 출력되는 레이저 출력 전

력은 150 내지 210 W일 수 있다.

[0014] 또한, 상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 프린팅한 이후에 발생되는 잔류응력을 제거하기 위해 열처리 하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 열처리 하는 단계는, 550 내지 650 도(° C)의 온도로 1시간 이내로 수행될 수 있다.

[0016] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 고속 발사체는, 티타늄을 함유하는 제1 층, 상기 제1 층의 상면에 위치하며, 바나듐을 함유하는 제2 층 및 상기 제2 층의 상면에 위치하는 스테인리스 강으로 형성되는 부속품을 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 부속품은 상기 고속 발사체의 날개 또는 헤드 부위에 마련될 수 있다.

[0018] 또한, 상기 제1 층은 티타늄 또는 티타늄 합금으로 이루어지고, 상기 제2 층은 99 % 이상의 순도를 가지는 바나듐 박판 또는 바나듐 분말로 형성되며, 상기 제2 층은, 상기 제1 층의 상면에 바나듐 박판으로 마련되는 상기 제2 층을 확산접합함으로써 형성되거나, 상기 제1 층의 상면에 바나듐 분말을 이용하여 레이저 클래딩(laser cladding)함으로써 형성된 것일 수 있다.

[0019] 또한, 상기 부속품은, 상기 제2 층의 상면에 스테인리스 강을 프린팅한 이후에 발생되는 잔류응력을 제거하기 위해 550 내지 650 도(° C)의 온도로 1시간 이내로 열처리함에 따라 생성된 것일 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 실시예에 따른 금속 접합방법은, 응력제거 열처리 단계 이후에도 접합강도의 저하가 발생되지 않도록 하는(600 내지 800 도(° C)와 같은 고온에서 150 MPa 이상의 높은 강도가 유지됨) 효과가 있고, 결과적으로 티타늄(Ti), 바나듐(V), 스테인리스 강(SUS)의 복합 적층계면의 접합강도가 400 MPa 수준으로 높게 유지되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이종금속 접합하기 위한 공정을 나타낸 순서도이다.

도2는 본 발명의 일 실시예에 따라 최종적으로 이종금속이 접합된 일례를 개략적으로 도시한 모식도이다.

도3 내지 도7은 본 발명의 일 실시예에 따른 바나듐 분말을 이용하여 레이저 클래딩(laser cladding)하는 단계를 설명하기 위해 도시한 참고도이다.

도7 내지 도8은 본 발명의 일 실시예에 따른 바나듐 박판을 티타늄 층(제 1층) 상면에 안착시키는 공정 과정을 설명하기 위해 도시한 참고도이다.

도9는 본 발명의 일 실시예에 따른 제 2층(바나듐 층) 상면에 스테인리스 강을 3D 프린팅하는 단계를 설명하기 위해 도시한 도면이다.

도10은 본 발명의 일 실시예에 따라 스테인리스 강을 프린팅하는 단계에서 레이저 빔 생성기의 레이저 빔 출력 전력을 150 내지 210 W로 했을 때의 접합 강도를 설명하기 위해 도시한 참고도이다.

도11은 본 발명의 일 실시예에 따른 열처리 공정에 대하여 설명하기 위해 도시한 참고도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0023] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계 없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.

[0024] 이하, 본 발명의 일 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 수 있다.

[0025] 최근에는 필요한 소규모 부품만 티타늄 재질로 제조하고 기타 부위는 스테인리스 강으로 제조하여 접합하는 방식이 연구되고 있으나, 티타늄 합금의 철 원소 고용도는 2 % 내외로 매우 낮아 스테인리스 강과 접합 시 접합면에 TiFe 또는 TiFe2 등의 금속간 화합물이 쉽게 생성될 수 있고, 금속간 화합물은 취성이 매우 강하며, 계면 에너지가 높아 접합면에 박리현상이 쉽게 발생할 수 있다는 문제점이 있다.

[0026] 본 발명은 이러한 문제를 해결하기 위하여 취성이 높은 중간상 발생을 억제하면서도 3D 프린팅에 적합한 이종금속의 접합방법을 제안하도록 한다. 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이종금속 접합하기 위한 공정을 나타낸 순서도이고, 도2는 본 발명의 일 실시예에 따라 최종적으로 이종금속이 접합된 일례를 개략적으로 도시한 모식도이다. 여기서, 본 발명의 실시예에 따른 이종금속은 티타늄(100)과 스테인리스 강(stainless steel)을 의미한다.

[0027] 도1을 참고하면, 본 발명의 실시예에 따른 이종금속의 접합방법은 먼저, 티타늄(titanium)을 함유하는 제1 층(100)을 준비하는 단계(이하, 단계 1), 제1 층의 상면에 바나듐(vanadium)을 함유하는 제2 층(200)을 안착시키는 단계(이하, 단계 2) 및 제2 층(200)의 상면에 스테인리스 강(stainless steel)을 접합시키는 단계(이하, 단계 3)을 포함한다. 그리고, 단계 3이 진행되고 난 후 열처리를 진행하는 단계(이하, 단계4)가 수행된다.

[0028] 먼저, 단계 1는 티타늄을 함유하는 제1 층(100)을 준비하는 단계이다. 보다 구체적으로는, 상기 제1 층은 절연기판으로서, 티타늄 또는 티타늄 합금으로 이루어질 수 있다. 예컨대, 제1 층은 Ti-6Al-4V 시트(sheet)가 사용될 수 있고, 상기 Ti-6Al-4V 시트는, 티타늄(Ti) 86.1 %, 알루미늄(Al) 9.4 %, 바나듐(V) 4.5 %로 구성되는 것이 바람직하다.

[0029] 다음으로, 단계 2는 상기 제1 층(100)의 상면에 바나듐을 함유하는 제2 층(200)을 안착시키는 단계로, 본 발명은 이종금속을 접합시키기 위하여 티타늄으로 구성된 제1 층(100)과 스테인리스 강 사이에 중간층 물질로서 바나듐으로 이루어진 제2 층(200)을 형성시키는 것이 특징이다. 여기서, 상기 제2 층은 99 % 이상의 순도를 가지는 바나듐 박판 또는 바나듐 분말로 형성되는 바나듐 층으로 구현될 수 있다. 예컨대, 제2 층은 순수 바나듐 또는 바나듐 합금으로 사용될 수 있다.

[0030] 일 실시예에 따른 단계 2는 제1 층(이하, 티타늄 층)(100) 상면에 바나듐 분말을 이용하여 레이저 클래딩(laser cladding)함으로써 제2 층(이하, 바나듐 층)(200)을 안착시키도록 구현할 수 있다. 이와 같은 바나듐 분말을 이용하여 제2 층(200)을 형성하는 단계를 설명하기 위하여 도3 내지 도6을 참고하여 보다 상세하게 설명하도록 한다.

[0031] 도3은 본 발명의 일 실시예에 따른 바나듐 분말을 이용하여 레이저 클래딩(laser cladding)하는 단계를 설명하기 위해 도시한 참고도이다. 도4는 본 발명의 일 실시예에 따른 티타늄 층과 바나듐 층이 안착된 상태를 설명하기 위해 도시한 참고도이다. 또한, 도5는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 층(티타늄 층)(100)의 표면을 가공한 결과를 나타내는 도면이다.

[0032] 본 발명에 따른 이종금속의 접합방법은 레이저 클래딩 공정방법을 이용하여 티타늄 층(100) 위에 바나듐 층(200)을 안착시킬 수 있다. 이때, 레이저 클래딩을 수행하기 위해서는, 도3에 도시된 바와 같이 레이저 빔을 방사하는 레이저 건(laser gun)을 포함하는 레이저 빔 생성기를 이용하여야 한다. 레이저 클래딩은 금속분말로 된 용가재를 레이저 빔에 직접 분사시켜서 모재 표면에 바로 코팅처리가 되도록 하는 방법으로서, 본 발명에서는 티타늄 층(모재)(100) 위에 용가재로 바나듐 분말을 사용함으로써, 바나듐 층(200)을 형성하도록 한다.

[0033] 보다 자세하게는, 먼저 티타늄 합금을 연마지(예컨대, 2400 grit)로 연마 후, 알코올로 티타늄 합금을 표면 세척한 후에 30 내지 100 ㎛ 입도를 가지는 바나듐 분말을 이용하여 레이저 클래딩을 수행할 수 있다.

[0034] 도3의 (a)는 일반적으로 이용되는 레이저 클래딩 방법에 대한 도면이고, 도3의 (b)는 본 발명에서 이용하는 레이저 클래딩 방법에 대한 도면이다. 먼저, 도3의 (a)에 따른 일반적인 레이저 클래딩은 분말과 함께 모재를 동시에 녹이는 방법으로서, 이와 같은 통상적인 레이저 클래딩 방법을 이용하여 바나듐 층을 코팅하는 경우, 레이저가 바나듐 분말과 모재(Ti)를 동시에 녹여 V-Ti 합금을 만들게 된다. 이 경우, 바나듐 층에 티타늄(Ti) 성분이 함유되게 되고, 결과적으로 스테인리스 강(SUS) 소재를 이후에 3D 프린팅하게 되면 파단이 발생하는 문제가 있다.

[0035] 반면에, 본 발명의 레이저 클래딩 방법은 도3 (b)와 같이, 레이저 초점거리를 모재(Ti)(100) 위 1 내지 2 ㎜ 수준으로 높여 모재의 용융을 최소화하고, 바나듐 분말을 용융 후 액상으로 티타늄 층(Ti-6Al-4V)(100) 위에 낙하시켜 코팅을 수행하는 방법이다.

[0036] 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 바나듐 층(200)을 형성(단계 2)하기 위한 바나듐 분말을 이용한 레이저 클래딩에 따른 공정 조건으로, 레이저 출력 전력은 80 내지 100 W로 출력되는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 90 W로 출력되는 것이 좋다. 레이저 출력이 80 W 이하로 설정되면, 바나듐 분말을 이용항 바나듐 판의 접합이 잘 이루어지지 않는 문제가 있고, 레이저 출력이 100 W 이상으로 출력되면 바나듐 층뿐만 아니라, 바나듐 층 아래에 위치하는 티타늄 층까지도 용융될 수 있는 문제가 발생할 수 있다. 또한, 레이저 클래딩에 따른 스캐닝 경로간 간격으로 정의되는 hatch space는 70 내지 90 μm 간격이 바람직하고, 보다 바람직하게는 80 μm 간격이 좋다. Hatch space는 가 70 μm 이하의 간격으로 형성되는 경우에는 입열량이 과도해져 바나듐층 내에 균열 생성이 발생할 수 있는 문제가 있고, 90 μm 이상의 간격으로 형성되는 경우에는 열 축적의 감소로 인해 용융액체의 피크온도 및 온도구배가 감소될 수 있는 문제가 있을 수 있다. 또한, 바나듐 분말을 이용하여 생성되는 바나듐 층(제 2층)(200)의 두께(layer thickness)는 410 내지 430 μm가 바람직하며, 420 μm가 가장 바람직하다. 여기서, 본 발명의 일 실시예로, 바나듐 층의 두께를 70 μm의 바나듐 층을 6개로 적층시켜 총 두께를 420 μm로 구현할 수 있다. 그리고, 레이저 클래딩에서의 스캔속도(scan speed)는 100 내지 200 mm/sec로 수행되는 것이 좋다.

[0037] 레이저 클래딩의 스캔 속도를 본 발명에서 제안하는 바와 같이 100 내지 200 mm/sec로 제어하는 경우, 도4의 (a)와 같이, 티타늄 층(100)과 바나듐 층(200) 그리고 바나듐 층(200) 상면에 위치하게 되는 스테인리스 강의 접합 상태가 우수한 것을 알 수 있다. 반면, 레이저 클래딩의 스캔속도를 200 mm/sec 이상으로 설정하여 레이저 클래딩 하는 경우, 바나듐 층에 티타늄 성분이 융해하게 되어 결합강도가 매우 낮아지고, 이에 따라 이후에 스테인리스 강이 적층되지 못하고 박리현상이 발생할 수 있는 문제가 있다.

[0038] 이때 주의할 점은 도3에 도시된 바와 같이, 바나듐 분말을 용융하여 액상으로 티타늄 층(100) 위에 낙하시켜 레이저의 초점거리를 1 내지 2 mm 로 높임으로써 코팅하는 경우, 바나듐 층(200)과 티타늄 층(100)의 결합강도가 상대적으로 낮아질 수 있다.

[0039] 이에 따라, 본 발명에서는 용융된 바나듐 액이 티타늄 층 위에 효과적으로 스며들고 퍼질 수 있도록 도5와 같이 티타늄 층(100)의 표면을 파이버 레이저(fiber-laser)를 이용하여 표면 처리 하였다. 보다 구체적으로는, 본 발명의 이종금속 접합방법에서는 티타늄 층(100)과 바나듐 층(200)의 결합강도를 보다 높여주기 위해, 파이버 레이저를 이용하여 표면 처리함으로써 티타늄 층(제1 층)(100)의 표면에 그루브(groove) 조직을 구현하였다. 이때, 그루브(groove)는 서로 엇갈린 사선 형태로 구현되는 것이 바람직하며, 그루브간 간격은 0.01 내지 0.1 mm로 마련되는 것이 가장 바람직하다.

[0040] 상기와 같은 티타늄 층(100)의 표면처리 공정과정을 통해 티타늄 층(100)의 부분 용융 과정 없이도 바나듐 층(200)과 티타늄 층(100)간 접합력을 높일 수 있는 효과가 있다.

[0041] 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 티타늄 층(100)의 표면처리 공정의 조건으로는 파이버 레이저의 레이저 출력 전력은 50 내지 100 W로 설정하는 것이 바람직하며, 레이저 출력이 50 W 이하로 설정되는 경우, 그루브(groove) 표면 처리를 위한 홈 형성이 이루어지지 않는 문제가 발생할 수 있고, 100 W 이상으로 설정되는 경우, 홈이 지나치게 깊게 파이게 되는 문제가 있을 수 있다. 또한, 레이저 빔의 파장은 1060 내지 1065nm가 바람직하며, 보다 구체적으로는 1064nm의 레이저 빔 파장을 이용하는 것이 가장 바람직하다. 또한, 레이저 주파수는 20 내지 80 KHz, 레이저 빔 사이즈(스폿 사이즈(spot size)) 0.03 내지 0.07 mm, groove step size는 0.1 내지 0.2 mm 인 것이 바람직하지만, 가장 바람직하게는 0.1 mm 인 것이다. 여기서, 상기 groove step size란 그루브 표면을 형성하는 홈간의 간격을 말한다. 상기와 같은 티타늄 층(100)의 표면처리 공정의 조건을 만족하면 최적의 입열량을 얻을 수 있다는 이점이 있다. 낮은 입열량은 불완전한 층간 접합을 야기할 수 있고, 너무 높은 입열량은 중간층의 취화를 발생시킬 수 있다.

[0042] 상술한 바와 같은 티타늄 층(100)의 표면처리 공정단계는 티타늄 층(제1 층)을 준비하는 단계 1에 속할 수 있다. 도6은 본 발명의 일 실시예에 따라 표면 처리된 티타늄 층의 표면의 거칠기 정도를 분석한 실험 결과를 나타낸다. 도6에 도시된 바와 같이, 표면 처리된 티타늄 층의 표면의 거칠기가 27μm 수준으로 이와 같은 표면처리를 기반으로 안정적인 층간 접합을 수행할 수 있다.

[0043] 다음으로, 본 발명의 또 다른 일 실시예의 단계 2에 대하여 설명하도록 한다. 티타늄 층(100) 위에 바나듐 층(200)을 안착(단계 2)시키기 위해 상술한 바와 같은 바나듐 분말을 이용한 레이저 클래딩 방법 외에 바나듐 박판을 티타늄 층(100) 상면에 확산 접합함에 따라 제2 층을 생성할 수도 있다. 제2 층은 제1 층의 상면의 크기와 동일한 크기로 마련될 수도 있고, 일부 면적에만 적층시킬 수도 있다. 바나듐 박판을 이용하여 티타늄 층(100)

상면에 접합시키는 과정을 설명하기 위해 도7 내지 도8을 참고하여 후술한다.

[0044] 도7 내지 도8은 본 발명의 일 실시예에 따른 바나듐 박판을 티타늄 층(제 1층) 상면에 안착시키는 공정 과정을 설명하기 위해 도시한 참고도이다. 바나듐 박판을 티타늄 층에 안착시키기 위해서는, 도7에 도시된 바와 같이 가압기가 구비된 챔버(chamber) 내에 티타늄 층(100)을 장입 후, 티타늄 층(100) 아래에 두고티타늄 층 및 바나듐 박판을 1 ton 이상의 하중으로 가압시킨다. 1 ton 이하의 하중으로 바나듐 박판과 티타늄 층을 가압하는 경우, 접합이 잘 이루어지지 않는 문제가 있을 수 있고, 1 내지 1.5 ton 이상의 하중으로 가압하는 경우에는, 티타늄 층과 바나듐 층이 적층된 금속 블록의 형상이 무너질 수 있다는 문제가 있을 수 있다. 여기서, 이용되는 바나듐 박판은 0.1 내지 0.3 ㎜의 두께로 마련되는 것이 바람직하고, 가장 바람직하게는 0.2 ㎜ 로 구현되는 것이 좋다.

[0045] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 먼저 티타늄 합금(100)과 바나듐 박판(200)을 연마지(예컨대, 2400 grit)로 연마 후, 알코올로 티타늄 합금과 바나듐 박판(200)을 알코올로 세척 후에 1 ton 이상의 하중을 가압시키는 것이다.

[0046] 보다 구체적으로는, 도8에 도시된 바와 같이, 바나듐 박판(200)을 티타늄 층(100)에 접합시키기 위해 가입기를 이용하여 가압시키는 경우 바나듐 박판 위에 티타늄 층을 위치시키고, 바나듐 박판의 일면과 티타늄 층의 일면 각각에 3 내지 5 ㎜ 두께의 산화 알루미늄(Al_2O_3) 시트를 두어 가압기로 가압시킬 수 있다.

[0047] 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 바나듐 층(200)을 형성(단계 2)하기 위한 바나듐 박판 및 가압기를 이용한 접함 방식에 따른 공정 조건으로는, 가압 시 챔버 내 가압기의 온도(Targeting temperature)는 1000 내지 1200 도(° C)인 것이 바람직하고, 특히 1100 도(℃)인 것이 바람직하다. 가압기의 온도가 1000 도 이하로 설정되는 경우, 마찬가지로 티타늄 층과 바나듐 층의 접합이 용이하게 이루어지지 않는 문제가 있을 수 있고, 1200 도 이상의 온도로 설정되는 경우에는 티타늄 층과 바나듐 층이 용융될 수 있는 문제가 있을 수 있다. 또한, 가압시간(Holding time)은 3 내지 5 시간이 바람직하고, 특히 4 시간이 바람직하며, 10^{-4} torr 정도의 진공상태가 될 때까지 가압할 수 있다. 또한, 가압 후 냉각 방법(cooling)으로는 노 냉각(furnace cooling) 방식이 이용될 수 있다.

[0048] 다음으로, 도9는 본 발명의 일 실시예에 따른 바나듐 층(제 2층) 상면에 스테인리스 강을 3D 프린팅하는 단계 3을 설명하기 위해 도시한 도면이다.

[0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 단계 3은 제 2층(200)인 바나듐 층을 형성하기 위해 바나듐 분말을 이용한 레이저 클래딩과 같은 방식으로 상기 바나듐 층(200) 위에 스테인리스 강을 프린팅 할 수 있다. 일 실시예에 따른 단계 3은, 다이렉트 에너지 디포지션(DED, Directed Energy Deposition) 방법을 기반으로 하거나, 파우더 베드 표전(Powder bed fusion) 방법을 기반으로 스테인리스 강을 바나듐 층(200) 위에 프린팅할 수 있다.

[0050] 일 예로, 단계 3을 수행하기 위해 DED 방법을 이용하여 스테인리스 강을 프린팅하는 경우에 따른 공정 조건으로는, 스캔 속도(laser scan speed)가 400 내지 480 mm/min 인 것이 바람직하다. 스캔 속도가 480 mm/min 이상인 경우 3D 프린팅 중 박리가 발생할 수 있다. 또한, 챔버에서 가스 공급(gas flow) 시 챔버 내 가스 공급량은 5 내지 7 lit/min 인 것이 적절하고, 분말 운반 가스(carrier gas) 공급 속도로는 1.5 내지 1.8 lit/min 인 것이 적절하며, 분말 공급 속도(powder feed rate)는 3 내지 5 g/min이 적절하다. 상기와 같은 스테인리스 강을 프린팅하는 공정 조건을 만족하면 고온 산화를 방지할 수 있다는 이점이 있다. 그리고, 레이저 빔 출력 전력은 150 내지 210 W 인 것이 바람직하고, 특히 180 W 로 빔 출력 전력을 설정하는 것이 바람직하다.

[0051] 도10은 본 발명의 일 실시예에 따라 단계 3에서 레이저 빔 생성기의 레이저 빔 출력 전력을 150 내지 210 W로 했을 때의 접합 강도를 설명하기 위해 도시한 참고도이다. 도10의 (a)를 참고하면, 스테인리스 강을 3D 프린팅 할 때 레이저 빔 생성기의 레이저 빔 출력 전력을 150 W(A), 180 W(B), 210 W(C)로 하여 프린팅 했을 때의 접합 강도를 나타낸다. 이렇게, 레이저 빔 출력 전력을 150 내지 210 W로 설정하는 경우, 300 내지 400 MPa 수준의 우수한 접합강도를 얻을 수 있는 것을 도10을 통해 확인할 수 있다. 150 W 이하에서의 레이저 빔 출력은 스테인리스 강(SUS630)의 분말이 충분히 용융되지 않고, 210 W 이상에서는 금속간 화합물 형성으로 접합이 어려워지는 문제가 발생할 수 있다. 또한, 240 W 이상에서는 티타늄(Ti-6Al-4V) 층의 용융을 유발할 수 있다. 도10의 (b)는 레이저 빔 출력 전력을 150 W(A), 180 W(B), 210 W(C)로 하여 실제 프린팅한 모습을 나타낸다.

[0052] 다음으로, 본 발명의 단계 4로서, 바나듐 층(제 2층, 200) 상면에 스테인리스 강을 프린팅 한(단계 3) 이후에, 3D 프린팅 후 발생되는 잔류 응력 제거를 위해 열처리를 수행한다. 3D 프린팅 후 발생되는 잔류 응력 제거를 위

한 열처리는 550 내지 650 도(° C)의 온도(바람직하게는, 600 도)로 1시간 이내로 수행하여야 한다. 도11은 본 발명의 일 실시예에 따른 열처리 공정에 대하여 설명하기 위해 도시한 참고도이다. 도11에 도시된 바와 같이, 열처리를 1시간 이상 하게 되면 각 층의 경계면에서 s 상이 생기면서, 각 층의 접합강도가 하락하게 되는 문제가 있다.

[0053] **<실시예 1> 이종금속의 접합 공정**

[0054] 단계 1: 스테인리스 강(stainless steel)과 접합시키기 위한 티타늄 층(Ti-6A1-4V 블록)을 준비한다. 이때, 티타늄 층의 표면(상면)을 바나듐 층(V)과의 우수한 접합을 위해, 파이버 레이저(fiber laser)를 이용하여 그루브(groove) 처리한다. 표면 처리 공정에서의 조건은, 레이저 빔 출력은 50 내지 100 W, 레이저 빔 파장은 1064nm, 주파수는 20 내지 80 KHz, 레이저 빔 사이즈(스폿 사이즈(spot size))는 0.03 내지 0.07 mm로 제어하여, 그루브간 간격(groove step size)을 0.1 mm로 하여 표면 처리한다.

[0055] 단계 2: 상기 단계 1에서 준비된 그루브 처리된 티타늄 층 상면에 바나듐 층을 안착시키기 위해서, 먼저, 티타늄 층을 2400 grit 연마지로 연마한 후, 알코올로 바나듐 층과 접합될 일면을 세척하고, 그 후에 레이저 클래딩 방법에 따라 레이저 빔 생성기를 모재 위 1 내지 2 mm 위치에서, 30 내지 100 μm 입도를 가지는 바나듐 분말을 용융 후 액상의 바나듐을 이용하여, 레이저 빔 출력을 90 W, hatch space를 80 μm, 스캔 스피드를 100 내지 200 mm/sec로 하여 420 μm 두께의 바나듐 판을 제조한다. 여기서, 제조되는 바나듐 판의 두께는 70 μm의 두께의 바나듐 층을 6 층(layer) 적층시켜 총 420 μm 두께의 바나듐 판을 제조한다.

[0056] 단계 3: 상기 단계 2에서 형성된 바나듐 층 상부에 스테인리스 강을 접합시키기 위해서 다이렉트 에너지 디포지션(DED) 방법을 이용하여 3D 프린팅한다. 이때, 3D 프린팅에 이용되는 레이저 빔 생성기의 스캔 속도는 400 내지 480 mm/min, 챔버 내의 가스 공급량은 5 내지 7 lit/min, 운반 가스(carrier gas) 공급 속도는 1.5 내지 1.8 lit/min, 분말 공급 속도는 3 내지 5 g/min, 레이저 빔 출력 전력은 150 내지 210 W로 하여 바나듐 층 위에 높이 20 mm, 폭 3 mm의 스테인리스 강을 접합시킨다.

[0057] 단계 4: 상기 단계 3에서 수행된 3D 프린팅 후 잔류응력을 제거하기 위해 600 도(° C) 온도에서 1시간 이내로 열처리를 수행한다.

[0058] 상술한 바와 같은 본 발명의 이종금속 접합방법에 따라 티타늄 층(제1 층)과 스테인리스 강 이종재간 3D 프린팅을 위해 중간층으로 바나듐 층(제2 층)을 마련하여, 상기 티타늄 층과 스테인리스 강을 접합시키게 되면, 응력제거 열처리 단계 이후에도 접합강도의 저하가 발생되지 않도록 하는(600 내지 800 도(° C)와 같은 고온에서 150 MPa 이상의 높은 강도가 유지됨) 효과가 있고, 결과적으로 티타늄(Ti), 바나듐(V), 스테인리스 강(SUS)의 복합 적층계면의 접합강도가 400 MPa 수준으로 높게 유지되는 효과를 도출할 수 있다.

[0059] 상술한 본 발명의 이종금속 접합방법에 따라 생성되는 티타늄 합금(제1 층)과 스테인리스 강이 접합된 이종금속은 고속 발사체의 프레임을 형성하는 하우징 중 일 부분을 제작하기 위한 부품으로 이용될 수 있으며, 예를 들어, 고속 발사체의 날개부 또는 헤드(head)부 등과 같은 경량성을 요하면서 그와 동시에 고열을 견뎌야 하는 위치에 이용될 수 있다.

[0060] 또 다른 일 실시예로 통상적인 발전소의 티타늄 열교환기 파이프(pipe) 이음부에도 이용될 수 있다.

[0061] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 수정, 변경 및 치환이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예 및 첨부된 도면들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예 및 첨부된 도면에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구 범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

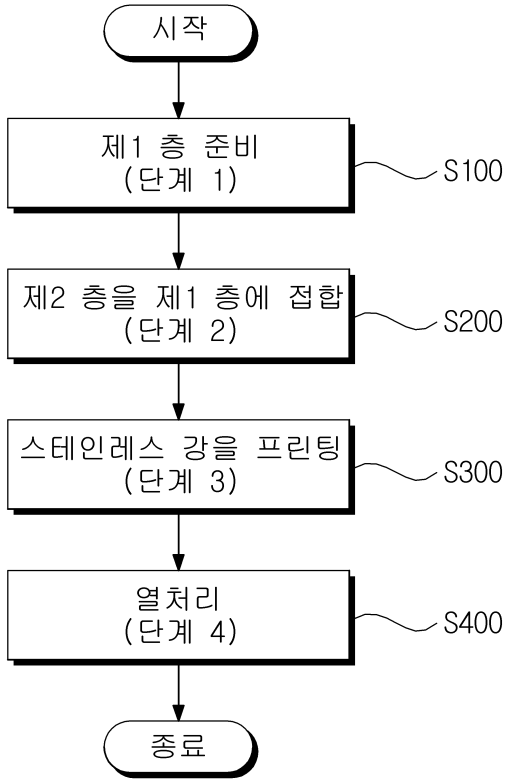
부호의 설명

[0062] 100: 제1 층, 티타늄 층

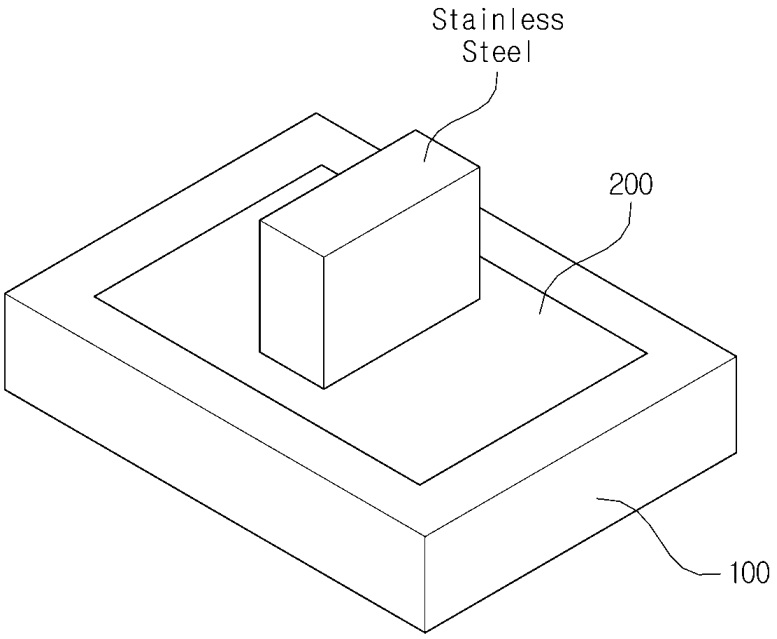
200: 제2 층, 바나듐 층

도면

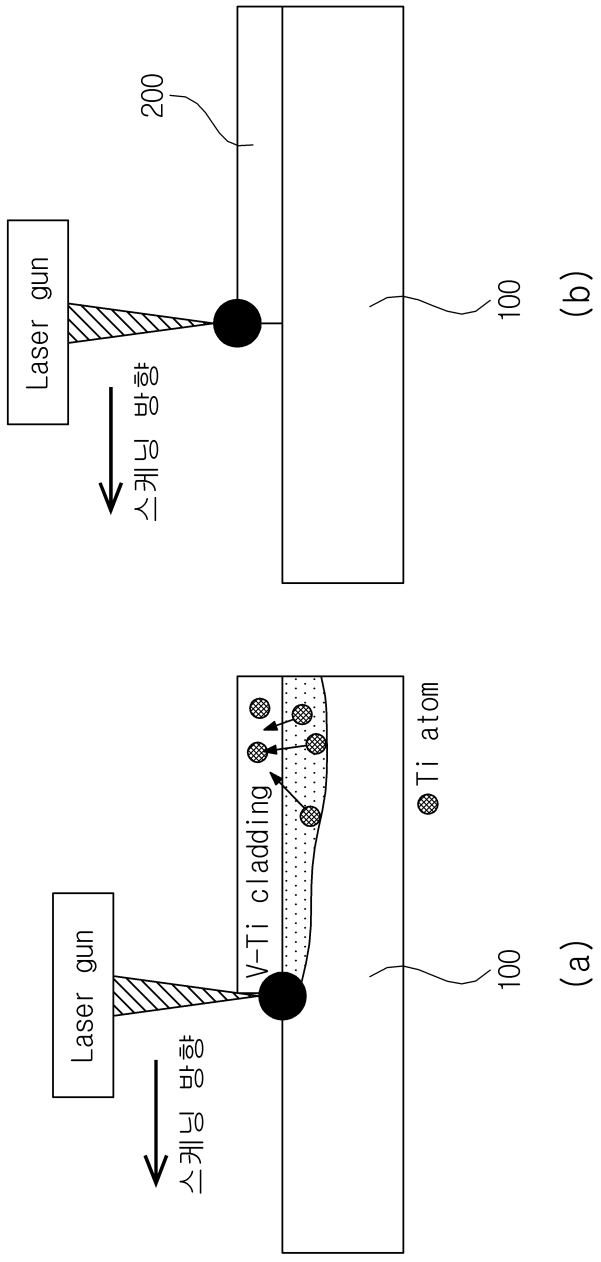
도면1


시작
제1 층 준비
(단계 1)
S100
제2 층을 제1 층에 접합
(단계 2)
S200
스테인레스 강을 프린팅
(단계 3)
S300
열처리
(단계 4)
S400
종료

도면2

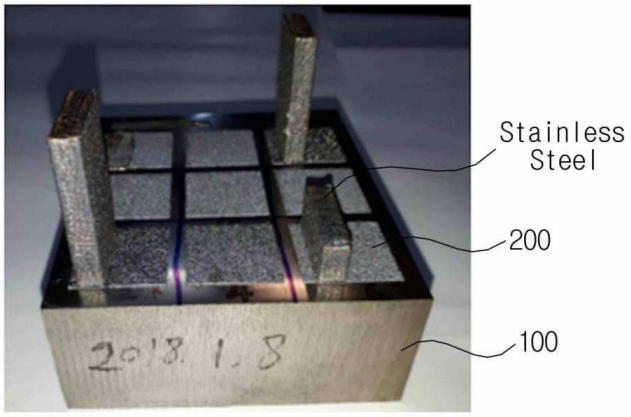

Stainless
Steel
200
100

도면3


200
Laser gun
스캐닝 방향
100
(b)
V-Ti cladding
Ti atom
Laser gun
스캐닝 방향
100
(a)

도면4

(a)



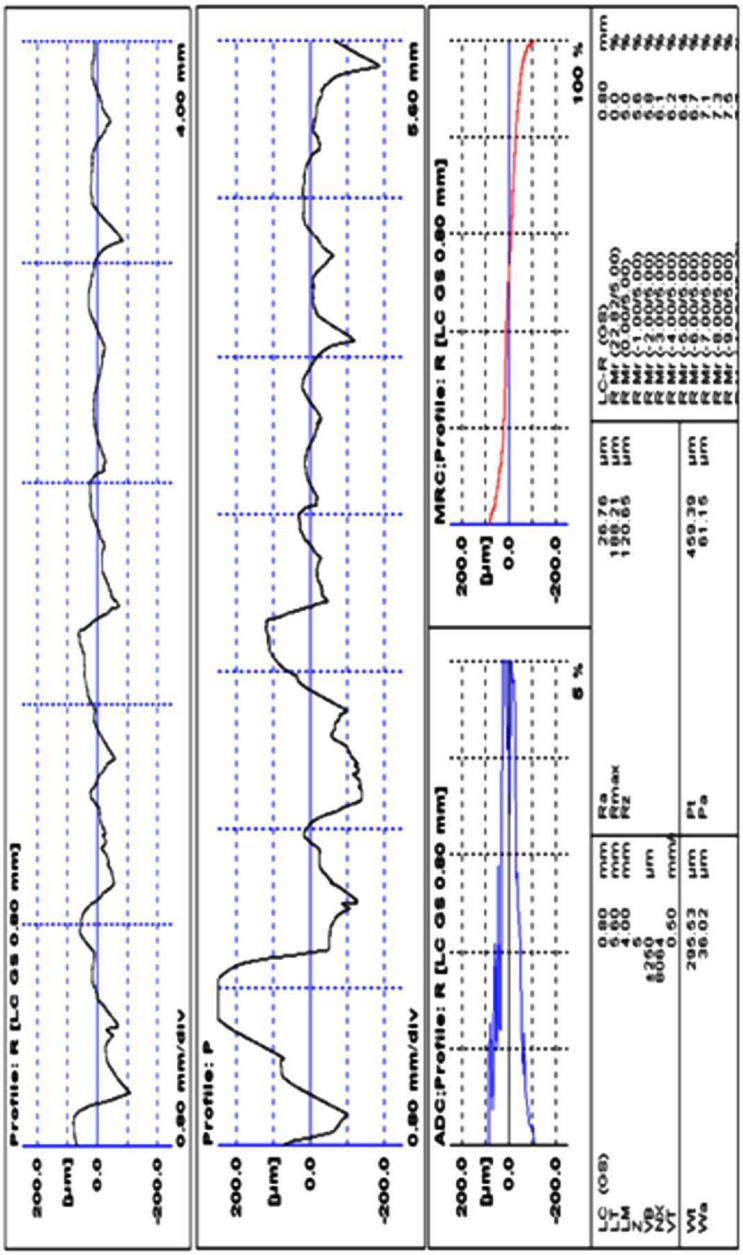
(b)



도면5



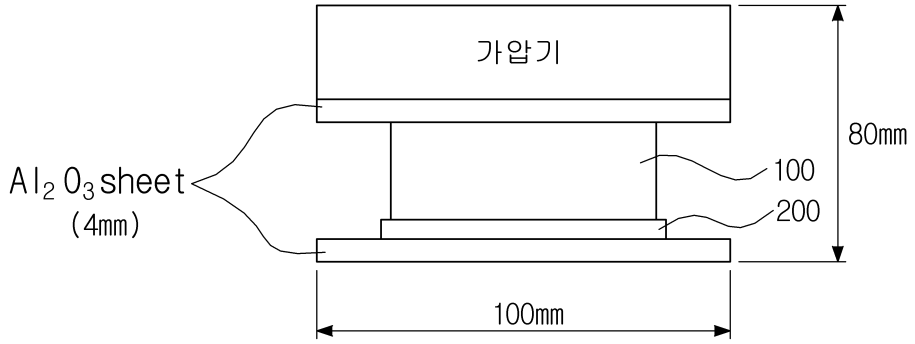
도면6


Profile: R [LC GS 0.80 mm]
200.0
[µm]
0.0
-200.0
0.80 mm/div
4.00 mm
Profile: P
200.0
[µm]
0.0
-200.0
0.80 mm/div
5.60 mm
ADC:Profile: R [LC GS 0.80 mm]
200.0
[µm]
0.0
-200.0
5 %
MRC:Profile: R [LC GS 0.80 mm]
200.0
[µm]
0.0
-200.0
100 %
LC (GS)
LJT
LJM
LNBX
NZT
Wt
Wa
0.80 mm
6.60 mm
4.00 mm
6
250
800
0.50 mm
296.53 µm
36.02 µm
Ra
Rmax
Rz
26.76 µm
168.21 µm
120.85 µm
Pt
Pa
459.39 µm
61.16 µm
LC-R (GS)
0.80 mm

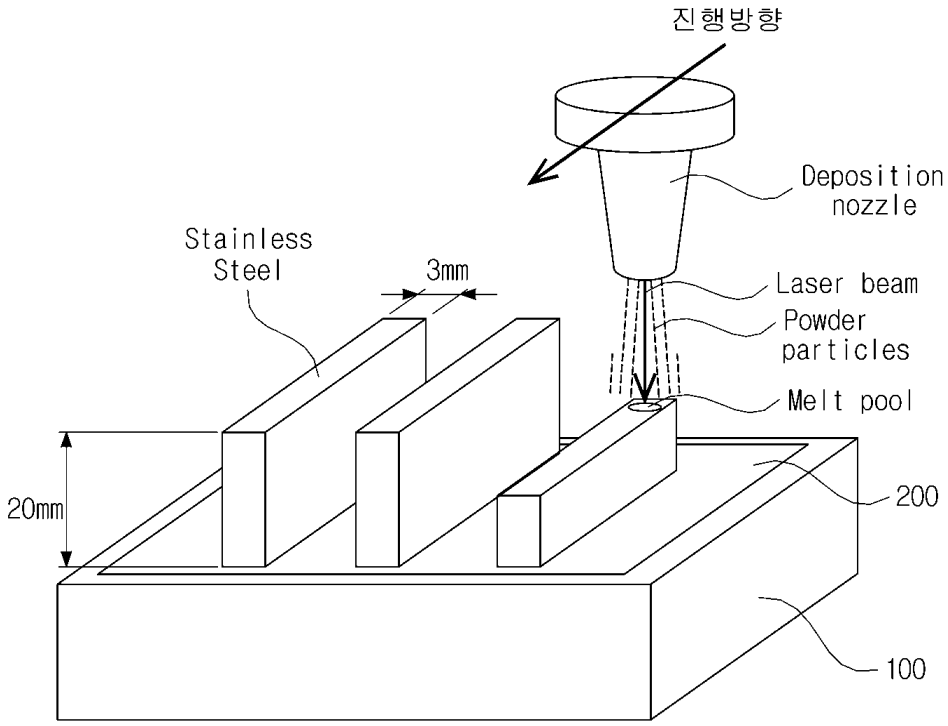
도면7



도면8

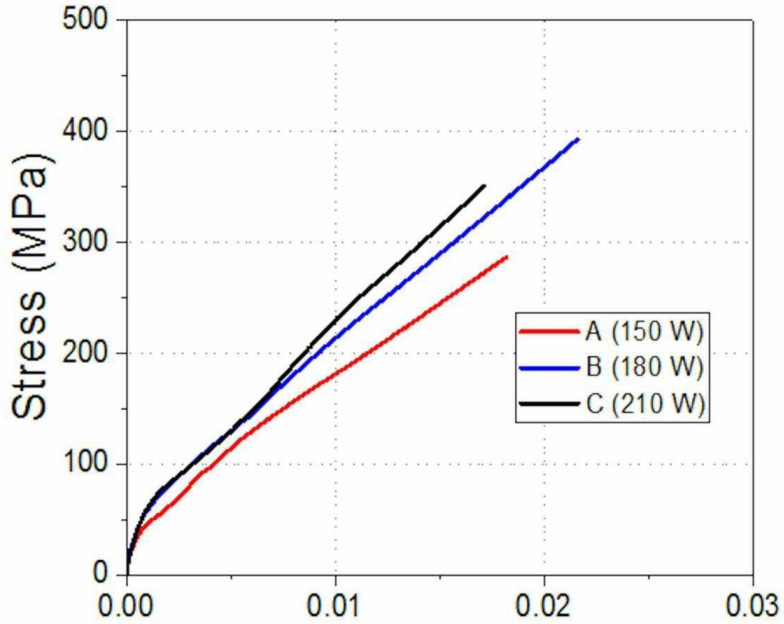

가압기
80mm
100
200
Al_2O_3 sheet
(4mm)
100mm

도면9

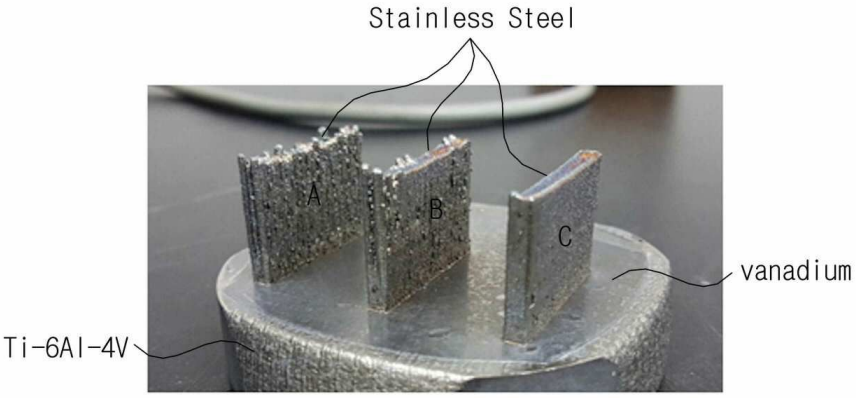

진행방향
Deposition nozzle
Stainless Steel
3mm
Laser beam
Powder particles
Melt pool
20mm
200
100

도면10

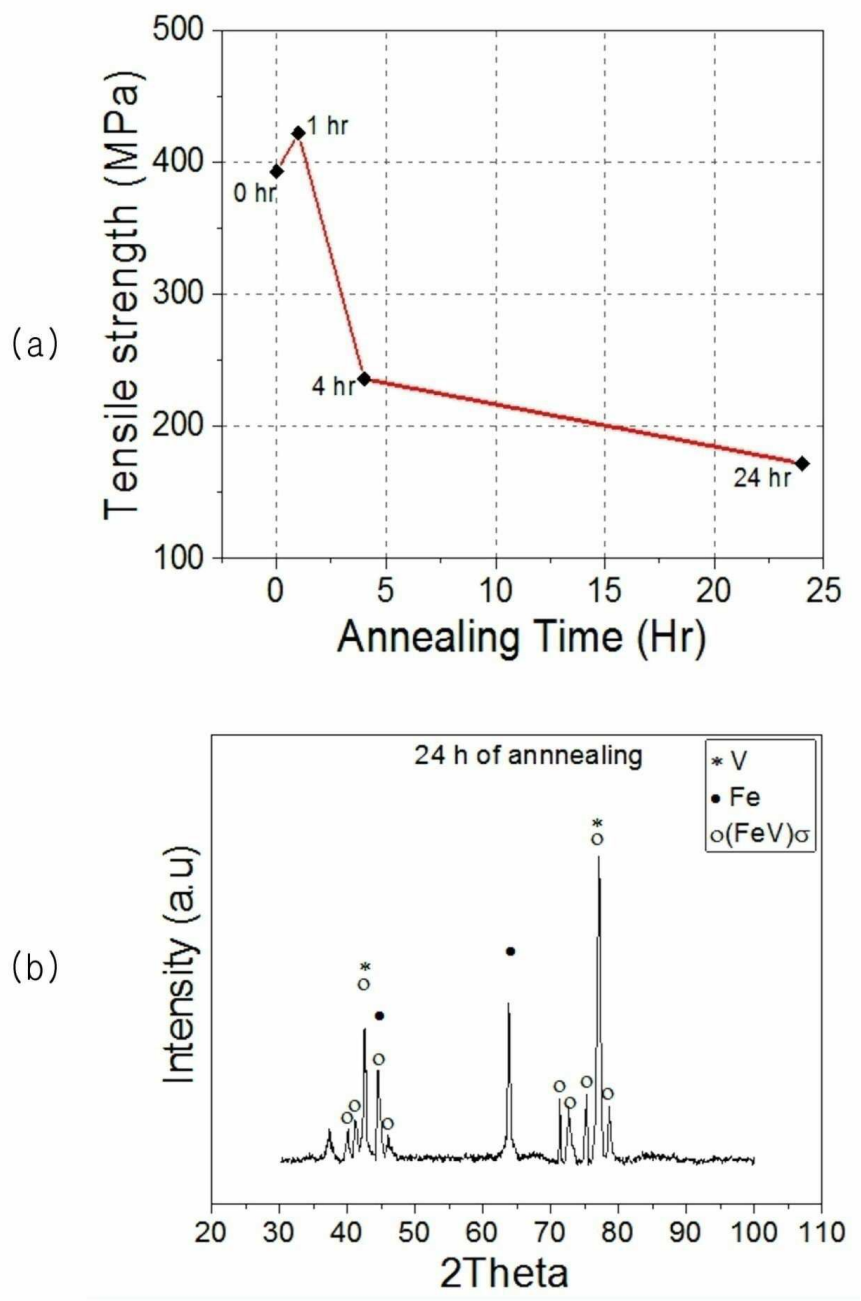
(a)


Stress (MPa)
500
400
300
200
100
0
0.00
0.01
0.02
0.03
A (150 W)
B (180 W)
C (210 W)

(b)


Stainless Steel
A
B
C
vanadium
Ti-6Al-4V

도면11



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1, 7번째 줄

【변경전】

용융된 바나듐 분말을 분사함에

【변경후】

용융된 바나듐을 분사함에

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1, 7~8번째 줄

【변경전】
용융된 바나듐 분말을 포함하는
【변경후】
용융된 바나듐을 포함하는

【직권보정 3】
【보정항목】 청구범위
【보정세부항목】 청구항 1, 12번째 줄
【변경전】
용융된 바나듐 분말을 기반으로
【변경후】
용융된 바나듐을 기반으로

【직권보정 4】
【보정항목】 청구범위
【보정세부항목】 청구항 10, 9번째 줄
【변경전】
용융된 바나듐 분말을 분사함에
【변경후】
용융된 바나듐을 분사함에

【직권보정 5】
【보정항목】 청구범위
【보정세부항목】 청구항 1, 9~10번째 줄
【변경전】
용융된 바나듐 분말을 포함하는
【변경후】
용융된 바나듐을 포함하는

【직권보정 6】
【보정항목】 청구범위
【보정세부항목】 청구항 1, 11번째 줄
【변경전】
용융된 바나듐 분말을 이용하여
【변경후】
용융된 바나듐을 이용하여