(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년05월06일
(11) 등록번호 10-1261885
(24) 등록일자 2013년04월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 14/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0081170
(22) 출원일자 2012년07월25일
심사청구일자 2012년07월25일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090063173 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
김성웅
경상남도 창원시 성산구 가음동 13-3 재료연구소 아파트 308호
나영상
경상남도 창원시 성산구 대암로 253 일신대동프리빌리지아파트 103동 1303호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이성재

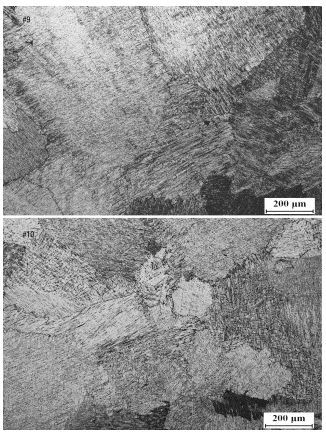
전체 청구항 수 : 총 5 항 심사관 : 김동국

(54) 발명의 명칭 **베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄계 합금**

(57) 요 약

본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금은, 40 ~ 46at%의 알루미늄(Al)과, 3 ~ 6at%의 니오븀(Nb)과, 0.2 ~ 0.4at%의 크립성향상제와, 1 ~ 3at%의 내연화성향상제 및 잔부인 타이타늄을 포함하고, 응고 주조법으로 제조됨을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도5



(72) 발명자

김승언

경남 창원시 성산구 상남동 45-1 성원아파트 503-2401

염종택

경상남도 김해시 장유면 한림리츠빌@ 1002-1202

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	PKC1270
부처명	지식경제부
연구사업명	자체연구사업
연구과제명	경량 고온 타이타늄 신합금 설계 및 특성연구
주관기관	한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간	2012.03.01 ~ 2013.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

40 ~ 46at%의 알루미늄(Al)과, 3 ~ 6at%의 니오븀(Nb)과, 0.2 ~ 0.4at%의 크립성향상제와, 1 ~ 3at%의 내연화성향상제 및 잔부인 타이타늄을 포함하고, 180 ~ 220㎬의 영률(Young's modulus)을 가지며, 응고 주조법으로 제조됨을 특징으로 하는 내연화성 및 크립성이 향상되도록 한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 크립성향상제는 탄소(C)와 규소(Si) 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 내연화성향상제는 텅스텐(W)과, 크롬(Cr) 중 어느 하나가 채택됨을 특징으로 하는 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 335.6 Hv 이상의 평균 경도를 갖는 것을 특징으로 하는 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금.

청구항 5

삭제

청구항 6

제 4 항에 있어서, 453.8 ~ 540 ㎫의 인장 강도를 갖는 것을 특징으로 하는 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 베타-감마상을 가지는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄계 합금에 관한 것으로, 보다 상세하게는 베타상 안정화를 위해 일반적으로 첨가되는 몰리브덴(Mo)과 바나듐(V) 대신 저가인 텅스텐(W), 크롬(Cr)을 첨가하여 베타상 안정화 효과를 높이고 제조 원가가 절감되도록 한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은, 결정립 미세화 및 크리프 저항성에 효과적인 탄소(C)와 규소(Si))를 첨가하되 함량을 낮추어 석출물 형성을 억제함으로써 기계적 성질을 개선하며, 니오븀(Nb)을 첨가하여 고온내산화성 및 연성이 향상될 수 있도록 한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 타이타늄-알루미늄계 합금은 차세대 경량내열재료로서 주목받고 있는 금속간화합물(intermetallic compound)의 일종으로 Ti_3Al을 10% 정도 포함하고 있는 2상(two-phase)합금이다.

[0004] 통상적인 용해응고법으로 제조하면 TiAl(γ)+Ti3Al(α_2)의 2상으로 이루어지는 층상조직(lamellar structure)의

잉고트(ingot)를 얻게 된다.

[0005] TiAl의 층상조직은 파괴인성, 피로강도, 크리프강도가 우수해서 TiAl을 경량고온재료로서 실용화하는데 유용한 특성을 제공하는 것으로 알려져 있으나, 상온에서의 연성 부족이 주조재로 사용하는데 가장 큰 장애요소로 알려져 있다.

[0006] 이러한 연성부족의 가장 큰 원인은 층상경계면(lamellar boundary)에 수직한 방향으로 응력이 작용할 때 경계면에서의 분리현상 (delamination)이 일어나기 때문인 것으로 알려져 있다.

[0007] 또한, 조대한 결정립사이즈도 낮은 연성의 원인이된다. 따라서, 결정립 사이즈를 작게하고 층상조직에 비해 상대적으로 연성이 우수한 베타 및 감마상을 포함시킬 수 있다면, 우수한 고온 특성 뿐만 아니라 뛰어난 강도 및 연성도 얻을 수 있다.

[0008] 베타 및 감마상을 포함하는 층상조직 TiAl 합금을 제조하기 위해, 기존 연구에서는 Ti-(41~45)Al-(3~5)Nb-(Mo,V)-(B,C) 합금계를 사용하는 것으로 보고되었다 (H. Z. Niu et al, Intermetallics 21 (2012) 97 및 T. Sawatzky, Y. W. Kim et al., Mat. Sci. Forum 654-656 (2010) 500).

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 보다 상세하게는 베타상 안정화를 위해 일반적으로 첨가되는 몰리브덴(Mo)과 바나듐(V) 대신 저가인 텅스텐(W), 크롬(Cr)을 첨가하여 베타상 안정화 효과를 높이고 제조 원가가 절감되도록 한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금을 제공하는데 있다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은, 결정립 미세화 및 크리프 저항성에 효과적인 탄소(C)와 규소(Si))를 첨가하되 함량을 낮추어 석출물 형성을 억제함으로써 기계적 성질을 개선하며, 니오븀(Nb)을 첨가하여 고온내산화성 및 연성이 향상될 수 있도록 한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금은, 40 ~ 46at%의 알루미늄(Al)과, 3 ~ 6at%의 니오븀(Nb)과, 0.2 ~ 0.4at%의 크립성향상제와, 1 ~ 3at%의 내연화성향상제 및 잔부인 타이타늄을 포함하고, 응고 주조법으로 제조됨을 특징으로 한다.

[0012] 상기 크립성향상제는 탄소(C)와 규소(Si) 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 내연화성향상제는 텅스텐(W)과, 크롬(Cr) 중 어느 하나가 채택됨을 특징으로 한다.

[0014] 335.6 Hv 이상의 평균 경도를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0015] 180 ~ 220GPa의 영률(Young's modulus)을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0016] 453.8 ~ 540 MPa의 인장 강도를 갖는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에서는 베타상 안정화를 위해 일반적으로 첨가되는 몰리브덴(Mo)과 바나듐(V) 대신 저가인 텅스텐(W), 크롬(Cr)을 첨가하여 베타상 안정화 효과가 극대화되는 이점이 있다.

[0018] 또한, 결정립 미세화 및 크리프 저항성에 효과적인 탄소(C)와 규소(Si))를 첨가하되 함량을 낮추어 석출물 형성을 억제함으로써 기계적 성질을 개선되는 이점이 있다.

[0019] 뿐만 아니라, 니오븀(Nb)을 첨가하여 고온내산화성 및 연성이 향상되며 제조 원가가 절감되는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1 은 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 외관을 보인 실물 사진.

도 2 는 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금과 비교예의 조성을 나타

낸 표.

도 3 은 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 실시예1의 미세조직 사진.

도 4 는 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 실시예2의 미세조직 사진.

도 5 는 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 실시예3의 미세 조직 사진.

도 6 은 비교예의 미세조직 사진.

도 7 은 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 실시예2 및 실시예3과 비교예의 인장강도를 비교한 표.

도 8 은 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 실시예1 내지 실시예3과 비교예의 비커스 경도를 비교한 표.

도 9 는 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 실시예2 및 실시예3과 비교예의 인장시험 결과를 비교하여 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하 첨부된 도 1 및 도 2 를 참조하여 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금에 대하여 살펴본다.

[0022] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0023] 따라서 본 명세서에 기재된 실시 예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0024] 도 1에는 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 외관을 보인 실물 사진이 도시되어 있고, 도 2에는 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금과 비교예의 조성을 나타낸 표가 첨부되어 있다.

[0025] 도면과 같이 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금(이하 타이타늄-알루미늄 합금(10)이라 칭함)은 도 2에 표시된 금속 성분을 응고 주조법으로 제조하여 형성된 것으로, 열처리, 열간정수압, 롤링, 단조 등의 후속 공정을 전혀 실시하지 않은 상태이다.

[0026] 보다 구체적으로 살펴보면, 타이타늄-알루미늄 합금(10)은 열처리 등의 후속 공정을 실시하는 경우 경도, 내연화성, 크립성 등이 향상되는 것이 자명하나, 본 발명의 실시예에서는 응고 주조법으로 제조된 지름 60㎜ 크기의 버튼(Botton) 형상의 실시예를 토대로 경도 및 인장 시험을 실시하여 비교예와 비교하였다.

[0027] 이때 비교예는 일본의 Daido steel에서 출원한 일본공개특허공보 특개평10-220236호와, 특개평10-193087호에 개시된 TiAl 내열합금 조성을 토대로 제조한 것이다.

[0028] 본 발명의 실시예는 실시예1 내지 실시예3으로 분류할 수 있다.

[0029] 실시예1은 텅스텐(W)과 탄소(C)의 조성비는 일정하게 유지하되 알루미늄(Al)과 니오븀(Nb)의 양을 변화시켜 제조된 것이고, 실시예2는 니오븀(Nb)의 양을 변화시켜 제조된 것이며, 실시예3은 크롬(Cr) 규소(Si), 탄소(C)의 양은 일정하게 유지하되 알루미늄(Al)과 니오븀(Nb)의 양을 변화시켜 제조한 것이다.

[0030] 상기 타이타늄-알루미늄 합금(10)의 조성을 도 2를 토대로 정리해보면, 40 ~ 46at%의 알루미늄(Al)과, 3 ~ 6at%의 니오븀(Nb)과, 0.2 ~ 0.4at%의 크립성향상제와, 1 ~ 3at%의 내연화성향상제 및 잔부인 타이타늄을 포함하여 구성된다.

[0031] 이때 상기 크립성향상제는 탄소(C)와 규소(Si) 중 하나 이상을 포함하여 구성되고, 상기 내연화성향상제는 텅스

텐(W)과, 크롬(Cr) 중 어느 하나가 채택되며, 여러차리 등의 후속 공정을 전혀 실시하지 않은 상태에서 335.6 Hv 이상의 평균 경도와 180 ~ 220㎬의 영률(Young's modulus)을 갖는다.

[0032] 이하 첨부된 도 3 내지 도 6을 참조하여 본 발명의 실시예1 내지 실시예3과 비교예의 미세 조직을 비교한다.

[0033] 도 3 내지 도 5는 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 실시예1 내지 실시예3의 미세조직 사진이고, 도 6 은 비교예의 미세조직 사진이다.

[0034] 먼저 도 3은 내연화성향상제로서 텅스텐(W)을 채택하고 크립성향상제로서 탄소(C)를 첨가하여 제조된 것으로 모두 층상 구조를 이루는 것을 확인할 수 있다.

[0035] 도 4는 내연화성향상제로서 텅스텐(W)을 채택하고 크리성향상제로서 규소(Si)를 첨가하여 제조된 것으로 역시 층상 구조를 이루고 있다.

[0036] 도 5는 내연화성향상제로서 크롬(Cr)을 채택하고, 크립성향상제로서 탄소(C)와 규소(Si)를 동시에 첨가하여 제조한 것으로서 층상 구조를 이루고 있다.

[0037] 그러나, 도 6과 같이 비교예의 타이타늄-알루미늄 합금은 결정립사이즈는 작으나, 결정립 내의 층상조직이 뚜렷하게 보이지 않고, 결정립계를 따라 취약한 α_2 (Ti_3Al)상이 분포하고 있다.

[0038] 본원발명의 실시예와 비교예는 상기와 같은 미세 조직의 차이에 의해 도 7과 같이 강도에서 차이를 가지게 된다.

[0039] 즉, 도 7은 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 실시예2 및 실시예3과 비교예의 인장강도를 비교한 표로서, 본원발명의 실시예는 453.8㎫ 이상의 인장강도를 갖는 반면, 비교예는 384.5㎫의 인장 강도를 나타내어 본원발명에 따른 타이타늄-알루미늄 합금의 강도가 월등히 높은 것을 확인하였다.

[0040] 도 8은 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 실시예1 내지 실시예3과 비교예의 비커스 경도를 비교한 표이다.

[0041] 도 8과 같이 본원발명의 실시예1 내지 실시예3의 각 시료에 대하여 3회씩 비커스 경도를 측정한 결과 335.6 Hv 이상의 평균 경도를 나타내었다.

[0042] 반면 비교예의 시료는 268.4 Hv의 경도를 나타내어 본원발명의 실시예보다 현저히 낮은 경도를 갖는 것을 확인하였다.

[0043] 마지막으로 도 9는 본 발명에 의한 베타-감마상을 포함하는 층상 구조의 타이타늄-알루미늄 합금의 실시예2 및 실시예3과 비교예의 인장시험 결과를 비교하여 나타낸 그래프로서, 실시예2의 #7과, 실시예3의 #11, 그리고 비교예에 대하여 인장시험을 실시한 결과, 180 ~ 220㎬의 영률(Young's modulus)을 나타내었다.

[0044] 상기의 실험 결과는 도 2와 같은 조성을 포함하는 타이타늄-알루미늄 합금에 대하여 응고 주조법으로 제조된 실시예1 내지 실시예3에 대한 것으로, 열처리, 소성 가공 등의 후속 공정을 전혀 실시하지 않은 상태로 측정된 것이다.

[0045] 따라서, 상기와 같은 영률, 경도 및 인장강도는 후속 공정을 추가로 실시한다면 더욱 더 향상시킬 수 있을 것이며, 도 2의 조성 범위 내에서 첨가량을 변화시키고, 내연화성향상제와 크립성향상제를 선택적으로 첨가한다면 내연화성과 크립성을 선택적으로 증감시켜 요구되는 물성을 얻을 수 있음은 자명하다.

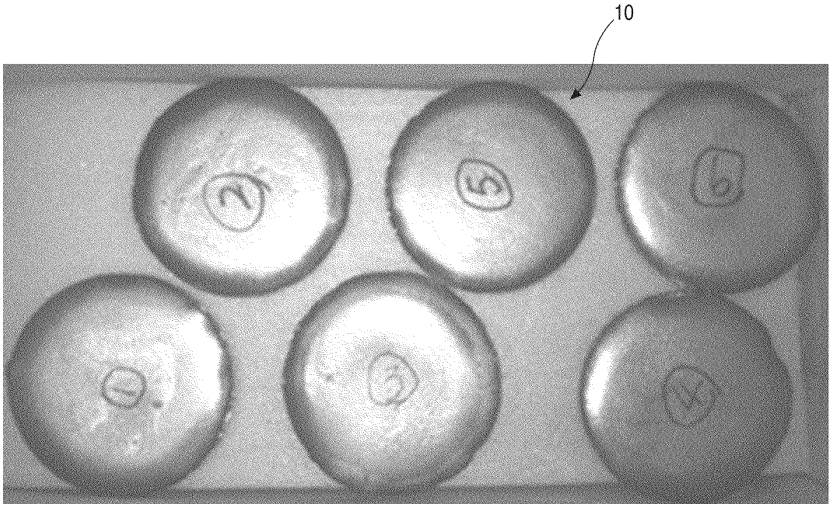
[0046] 이러한 본 발명의 범위는 상기에서 예시한 실시예에 한정되지 않고, 상기와 같은 기술범위 안에서 당업계의 통상의 기술자에게 있어서는 본 발명을 기초로 하는 다른 많은 변형이 가능할 것이다.

부호의 설명

[0047] 10. 타이타늄-알루미늄 합금

도면

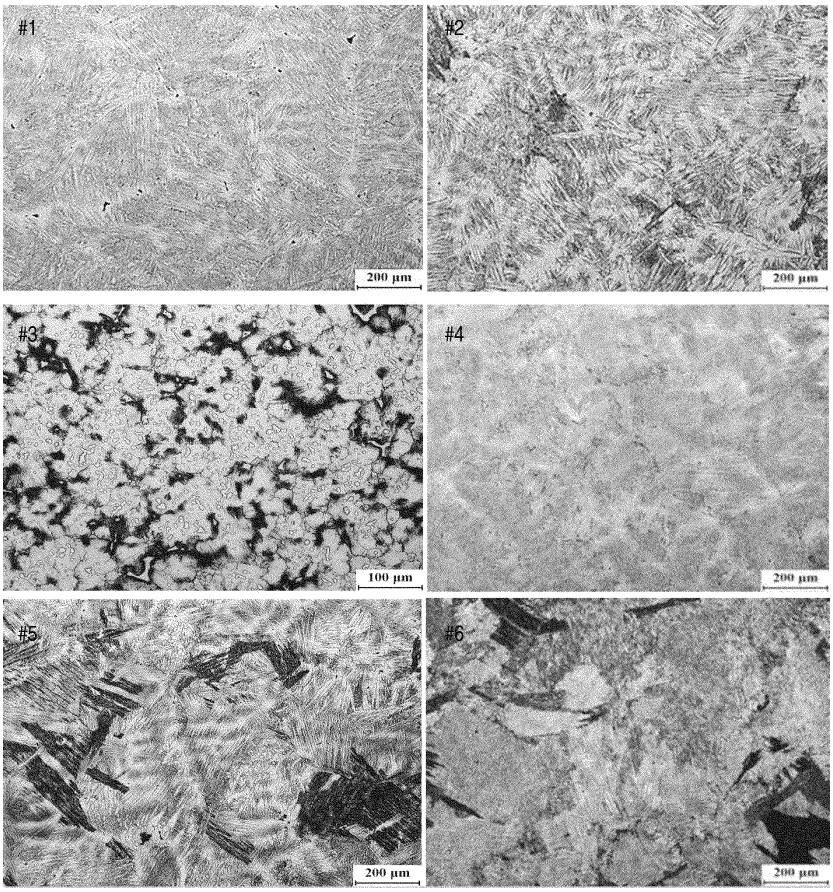
도면1



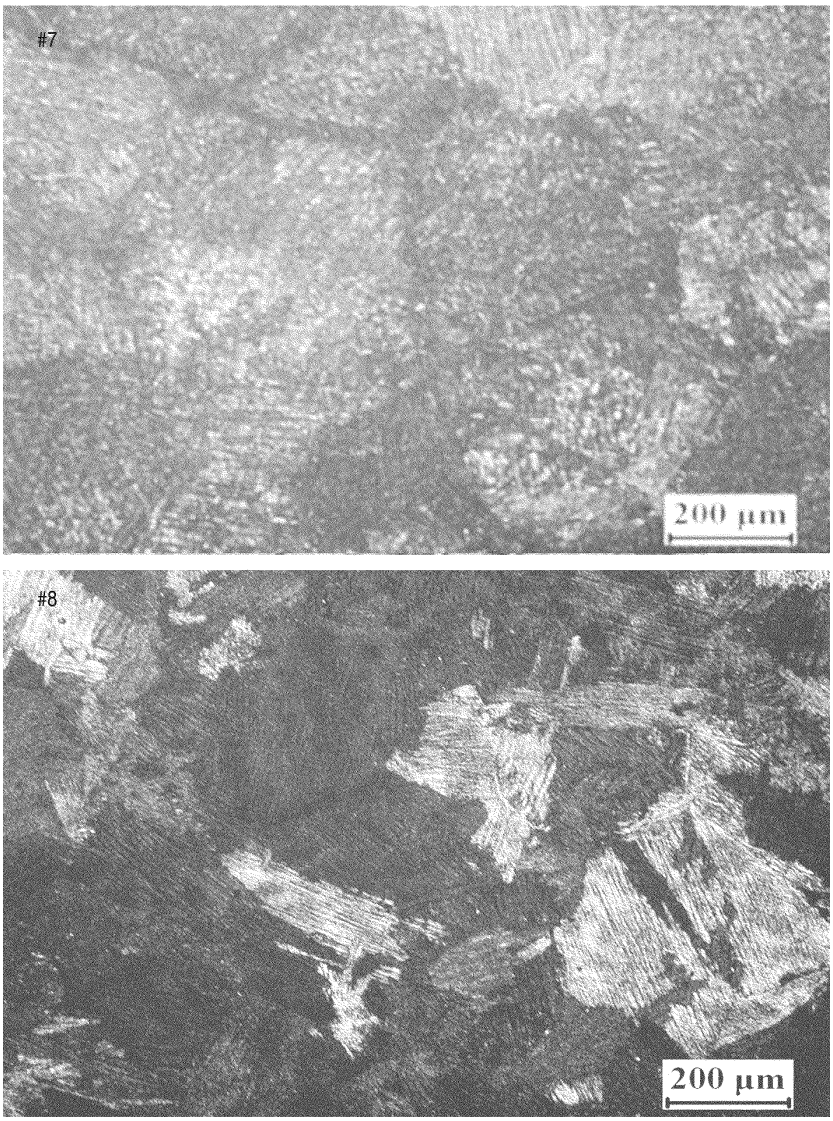
도면2

구 분		조성 (at. %)
실시예1	#1	Ti-40Al-3Nb-2W-0.2C
	#2	Ti-42Al-3Nb-2W-0.2C
	#3	Ti-44Al-3Nb-2W-0.2C
	#4	Ti-40Al-6Nb-2W-0.2C
	#5	Ti-42Al-6Nb-2W-0.2C
	#6	Ti-44Al-6Nb-2W-0.2C
실시예2	#7	Ti-44Al-3Nb-2W-0.3Si
	#8	Ti-44Al-6Nb-2W-0.3Si
실시예3	#9	Ti-44Al-3Nb-2Cr-0.3Si-0.1C
	#10	Ti-44Al-6Nb-2Cr-0.3Si-0.1C
	#11	Ti-46Al-6Nb-2Cr-0.3Si-0.1C
비교예		Ti-47.21Al-6.28Nb-0.49Cr-0.28Si-0.15Ni-0.17V

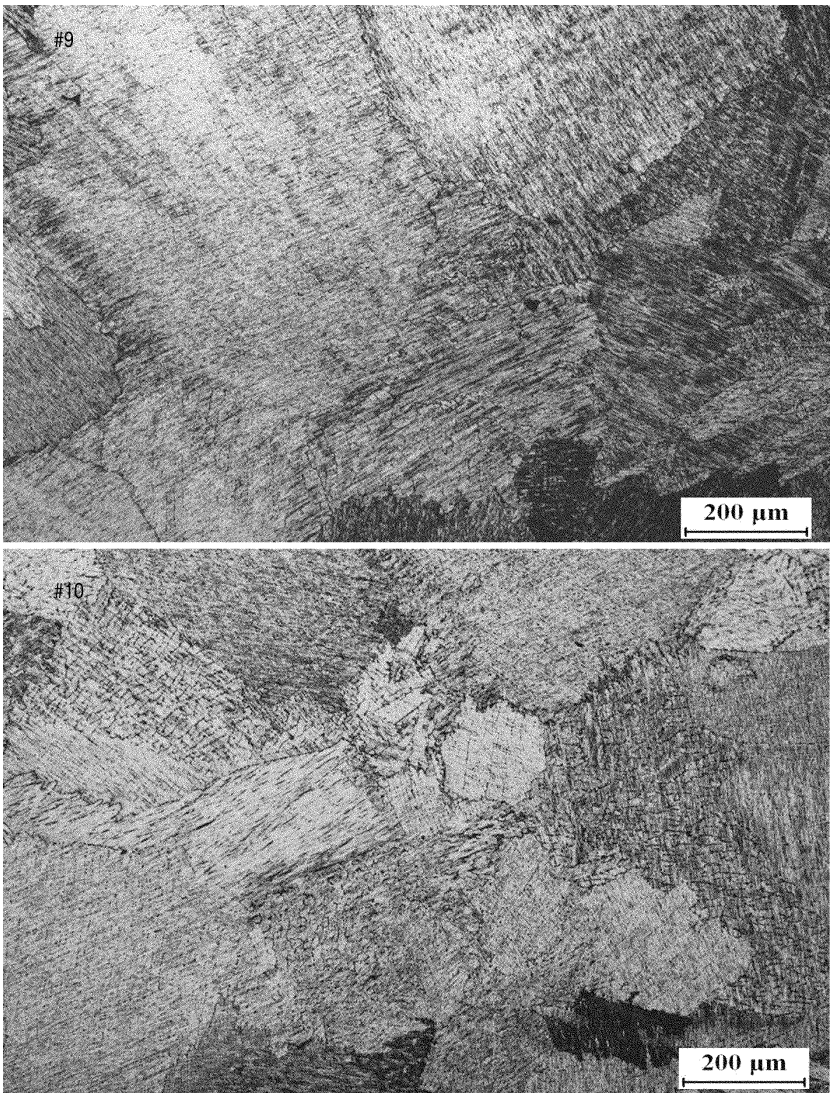
도면3



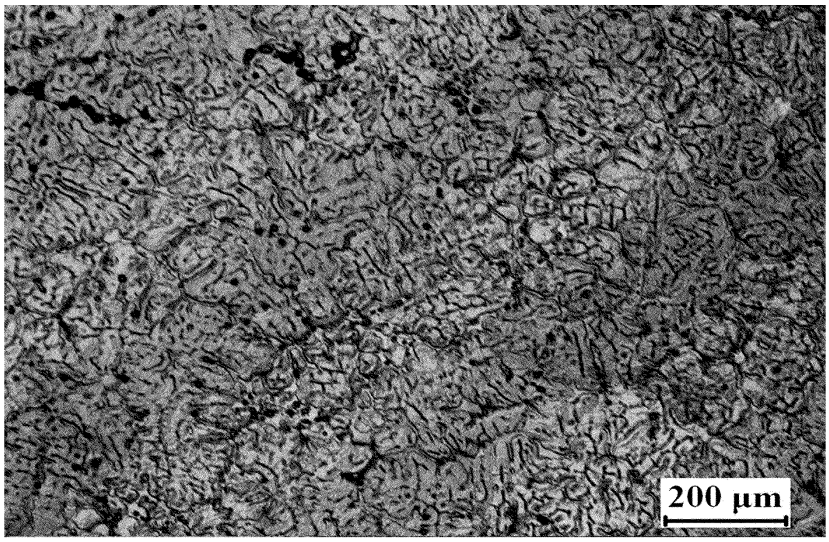
도면4



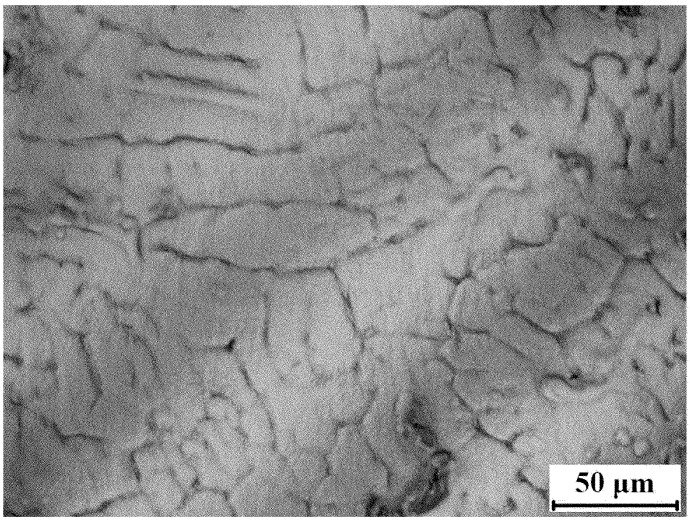
도면5



도면6



비교예



비교예 확대

도면7

구 분	파단강도 (MPa)
#7	494.9
#8	483.5
#9	453.8
#10	538.4
비교예	384.5

도면8

	1차	2차	3차	평균값
#1	327.2	285.7	393.8	335.6
#2	392.2	410.1	447.7	416.7
#3	446.8	483.9	491.9	474.2
#4	350.7	415.5	306.9	357.7
#5	440.4	402.2	419.2	420.6
#6	427.5	438.4	463.8	443.2
#7	406.1	415.9	393.5	405.2
#8	383.5	403.7	400.8	396.0
#9	367.9	392.5	371.2	377.2
#10	427.7	398	397.9	407.9
비교예	262.5	278.1	264.5	268.4

도면9

