(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년04월21일
(11) 등록번호 10-1614124
(24) 등록일자 2016년04월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 14/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0164660
(22) 출원일자 2014년11월24일
심사청구일자 2014년11월24일
(56) 선행기술조사문헌
JP05247566 A*
KR1020090063173 A*
JP2001316743 A
JP2000017360 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
김성웅
경상남도 창원시 성산구 원이대로878번길 7 재료연구소 아파트 308호 (가음동)
나영상
경상남도 창원시 성산구 대암로 253 103동 1303호 (성주동, 프리빌리지아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인가산

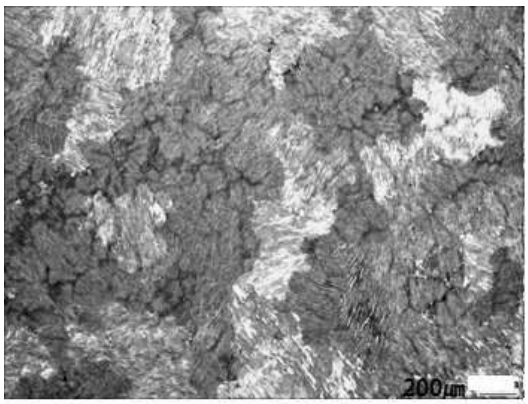
전체 청구항 수 : 총 3 항 심사관 : 김수성

(54) 발명의 명칭 **타이타늄-알루미늄계 합금**

(57) 요 약

본 발명은 40 ~ 46at%의 알루미늄(Al); 3 ~ 6at%의 니오븀(Nb); 0.3 ~ 0.5at%의 크립성향상제; 1 ~ 3at%의 내연화성향상제; 및 잔부인 타이타늄을 포함하고, 상기 크립성향상제는 규소(Si) 및 붕소(B)를 포함하며, 상기 붕소(B)의 함량은 0.05 ~ 0.2at%로 포함되는 타이타늄-알루미늄계 합금에 관한 것으로, 크립성향상제로 붕소를 포함함과 동시에, 상기 알루미늄(Al)의 함량을 40 ~ 46at%로 포함함으로써, 우수한 인장 강도 특성을 갖는 타이타늄-알루미늄계 합금을 제조할 수 있다.

대 표 도 - 도1a



(72) 발명자

김승언

경상남도 창원시 성산구 원이대로 774 503-2401 (상남동, 성원아파트)

홍재근

경상남도 창원시 성산구 삼정자로 79 114동 502호 (성주동, 유니온빌리지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 PNK3930

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 산업기술연구회

연구사업명 주요사업

연구과제명 TiAl 합금의 상온연성 발현기구 규명 및 미세조직 제어를 통한 물성향상 방안 연구(1/2)

기 여 율 1/1

주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소

연구기간 2014.01.01 ~ 2014.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

40 ~ 46at%의 알루미늄(Al);

3 ~ 6at%의 니오븀(Nb);

0.3 ~ 0.5at%의 크립성향상제;

1 ~ 3at%의 텅스텐(W) 및 크롬(Cr) 중 적어도 어느 하나; 및

잔부인 타이타늄을 포함하고,

상기 크립성향상제는 규소(Si) 및 붕소(B)를 포함하며,

상기 붕소(B)의 함량은 0.05 ~ 0.2at%로 포함되는 타이타늄-알루미늄계 합금.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 크립성향상제는 탄소(C)를 더 포함하며,

상기 크립성향상제로 상기 탄소(C)를 더 포함하는 경우, 상기 붕소(B)와 상기 탄소(C)의 합의 함량이 0.05 ~ 0.2at%로 포함되는 타이타늄-알루미늄계 합금.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 타이타늄-알루미늄계 합금은 α2상과 γ상이 규칙적으로 순차배열하는 라멜라 구조를 가지며, 상기 α2상과 상기 γ상의 두께비 γ/α2는 2.17 내지 2.22인 타이타늄-알루미늄계 합금.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 타이타늄-알루미늄계 합금에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 인장 강도 특성이 향상된 타이타늄-알루미늄계 합금에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 타이타늄-알루미늄계 합금은 차세대 경량내열재료로서 주목받고 있는 금속간화합물(intermetallic compound)의 일종으로 Ti_3Al을 10% 정도 포함하고 있는 2상(two-phase)합금이다.

[0003] 통상적인 용해응고법으로 제조하면 TiAl(γ)+Ti_3Al(α_2)의 2상으로 이루어지는 층상조직(lamellar structure)의 잉고트(ingot)를 얻게 된다.

[0004] 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.

[0005] 이러한 연성부족의 가장 큰 원인은 층상경계면(lamellar boundary)에 수직한 방향으로 응력이 작용할 때 경계면

에서의 분리현상 (delamination)이 일어나기 때문인 것으로 알려져 있다.

[0006] 또한, 조대한 결정립사이즈도 낮은 연성의 원인이 된다. 따라서, 결정립 사이즈를 작게 하고 층상조직에 비해 상대적으로 연성이 우수한 베타 및 감마상을 포함시킬 수 있다면, 우수한 고온 특성 뿐만 아니라 뛰어난 강도 및 연성도 얻을 수 있다.

[0007] 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

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 인장 강도 특성이 향상된 타이타늄-알루미늄계 합금을 제공하고자 한다.

[0009] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 지적된 문제점을 해결하기 위해서 본 발명은 40 ~ 46at%의 알루미늄(Al); 3 ~ 6at%의 니오븀(Nb); 0.3 ~ 0.5at%의 크립성향상제; 1 ~ 3at%의 내연화성향상제; 및 잔부인 타이타늄을 포함하고, 상기 크립성향상제는 규소(Si) 및 붕소(B)를 포함하며, 상기 붕소(B)의 함량은 0.05 ~ 0.2at%로 포함되는 타이타늄-알루미늄계 합금을 제공한다.

[0011] 또한, 본 발명은 상기 크립성향상제는 탄소(C)를 더 포함하며, 상기 크립성향상제로 상기 탄소(C)를 더 포함하는 경우, 상기 붕소(B)와 상기 탄소(C)의 합의 함량이 0.05 ~ 0.2at%로 포함되는 타이타늄-알루미늄계 합금을 제공한다.

[0012] 또한, 본 발명은 상기 내연화성향상제는 텅스텐(W) 및 크롬(Cr) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 타이타늄-알루미늄계 합금을 제공한다.

[0013] 또한, 본 발명은 상기 타이타늄-알루미늄계 합금은 α2상과 γ상이 규칙적으로 순차배열하는 라멜라 구조를 가지며, 상기 α2상과 상기 γ상의 두께비 γ/α2는 2.17 내지 2.22인 타이타늄-알루미늄계 합금을 제공한다.

발명의 효과

[0014] 상기한 바와 같은 본 발명에 따르면, 크립성향상제로 붕소를 포함함과 동시에, 상기 알루미늄(Al)의 함량을 40 ~ 46at%로 포함함으로써, 우수한 인장 강도 특성을 갖는 타이타늄-알루미늄계 합금을 제조할 수 있다.

[0015] 또한, 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.

[0016] 또한, 결정립 미세화 및 크리프 저항성에 효과적인 붕소(B)와 규소(Si)를 첨가하되, 탄소(B) 대비 저가의 붕소(B)fmf 사용함으로써, 제조단가를 낮출 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1a는 상기 실시예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이고, 도 1b는 상기 실시예 1에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이다. 또한, 도 2a는 상기 실시예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이고, 도 2b는 상기 실시예 2에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이다.

또한, 도 3a는 상기 비교예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이고, 도 3b는 상기 비교예 1에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이다. 또한, 도 4a는 상기 비교예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이고, 도 4b는 상기 비교예 2에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이다.

도 5는 상기 실시예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 명시야상(bright field image) 투과전자현미경 사진

사진이다. 또한, 도 6a은 상기 실시예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 명시야상(bright field image) 투과전자현미경 사진 사진이고, 도 6b는 상기 실시예 2에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 명시야상(bright field image) 투과전자현미경 사진 사진이다.

또한, 도 7은 상기 비교예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 명시야상(bright field image) 투과전자현미경 사진 사진이다. 또한, 도 8은 상기 비교예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 명시야상(bright field image) 투과전자현미경 사진 사진이다.

도 9a는 상기 실시예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이고, 도 9b는 상기 실시예 1에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이다. 또한, 도 10a는 상기 실시예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이고, 도 10b는 상기 실시예 2에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이다.

또한, 도 11은 상기 비교예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이다. 또한, 도 12a는 상기 비교예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이고, 도 12b는 상기 비교예 2에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이다.

도 13a는 상기 실시예 1에 따른 제1시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이고, 도 13b는 상기 실시예 1에 따른 제2시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이다. 또한, 도 14a는 상기 실시예 2에 따른 제1시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이고, 도 14b는 상기 실시예 2에 따른 제2시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이다.

또한, 도 15a는 상기 비교예 1에 따른 제1시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이고, 도 15b는 상기 비교예 1에 따른 제2시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이다. 또한, 도 16a는 상기 비교예 2에 따른 제1시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이고, 도 16b는 상기 비교예 2에 따른 제2시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0019] 아래 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 상세히 설명한다. 도면에 관계없이 동일한 부재번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.

[0020] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

[0021] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0022] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0024] 먼저, 본 발명에 따른 타이타늄-알루미늄계 합금은 40 ~ 46at%의 알루미늄(Al)과, 3 ~ 6at%의 니오븀(Nb)과, 0.3 ~ 0.5at%의 크립성향상제와, 1 ~ 3at%의 내연화성향상제 및 잔부인 타이타늄을 포함하고, 상기 타이타늄-알루미늄계 합금은 내연화성 및 크립성이 향상되도록 한 베타-감마상을 포함한다.

[0025] 이때, 본 발명에서 상기 크립성향상제는 규소(Si) 및 붕소(B)를 포함하며, 탄소(C)를 더 포함할 수 있으며, 이때, 붕소(B)의 함량은 0.05 ~ 0.2at%로 포함될 수 있으며, 상기 크립성향상제로 탄소(C)를 더 포함하는 경우, 상기 붕소(B)와 상기 탄소(C)의 합의 함량이 0.05 ~ 0.2at%로 포함되도록 제어하는 것이 바람직하다.

[0026] 또한, 상기 내연화성향상제는 텅스텐(W)과, 크롬(Cr) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0027] 한편, 본 발명에 따른 타이타늄-알루미늄계 합금은 α2상과 γ상이 규칙적으로 순차배열하는 라멜라 구조를 가지며, α2상과 γ상의 두께비 γ/α2는 2.17 내지 2.22일 수 있다.

[0028] 하기 표 1은 본 발명에 따른 타이타늄-알루미늄계 합금의 실시예와 비교예를 도시하고 있다.

표 1

[0029]

구분	조성(at%)
실시예 1	Ti-46Al-6Nb-0.5W-0.5Cr-0.3Si-0.1B
실시예 2	Ti-46Al-6Nb-0.5W-0.5Cr-0.3Si-0.1B-0.1C
비교예 1	Ti-48Al-6Nb-0.5W-0.5Cr-0.3Si-0.1C
비교예 2	Ti-48Al-6Nb-0.5W-0.5Cr-0.3Si-0.1B

[0030] 즉, 상기 실시예 1 및 상기 실시예 2에서 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에서는 46at%의 알루미늄과 6at%의 니오븀(Nb)과, 1at%의 내연화성향상제를 포함할 수 있으며, 이때, 상기 크립성향상제는 규소(Si) 및 붕소(B)를 포함한다.

[0031] 또한, 실시예 2에서 알 수 있는 바와 같이, 상기 크립성향상제로 탄소(C)를 더 포함할 수 있다.

[0032] 비교예 2의 경우, 실시예 1과 비교하여, 실시예 1에서는 46at%의 알루미늄을 포함하고 있으나, 비교예 2에서는 48at%의 알루미늄을 포함하고 있다.

[0033] 또한, 비교예 1의 경우, 실시예 1과 비교하여, 실시예 1에서는 46at%의 알루미늄을 포함하면서, 크립성향상제로 규소(Si) 및 붕소(B)를 포함하나, 비교예 1의 경우, 크립성향상제로 규소(Si) 및 탄소(C)를 포함하고 있다.

[0034] 이하에서는 상기 실시예 1, 2 및 상기 비교예 1, 2의 미세조직특성에 대해 설명하기로 한다.

[0035] 도 1a는 상기 실시예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이고, 도 1b는 상기 실시예 1에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이다. 또한, 도 2a는 상기 실시예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이고, 도 2b는 상기 실시예 2에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이다.

[0036] 또한, 도 3a는 상기 비교예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이고, 도 3b는 상기 비교예 1에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이다. 또한, 도 4a는 상기 비교예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이고, 도 4b는 상기 비교예 2에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 광학현미경 사진이다.

[0037] 도 5는 상기 실시예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 명시야상(bright field image) 투과전자현미경 사진 사진이다. 또한, 도 6a은 상기 실시예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 명시야상(bright field image) 투과전자현미경 사진 사진이고, 도 6b는 상기 실시예 2에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 명시야상(bright field image) 투과전자현미경 사진 사진이다.

[0038] 또한, 도 7은 상기 비교예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 명시야상(bright field image) 투과전자현미경 사진 사진이다. 또한, 도 8은 상기 비교예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 명시야상(bright field image) 투과전자현미경 사진 사진이다.

[0039] 도 9a는 상기 실시예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이고, 도 9b는 상기 실시예 1에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이다. 또한, 도 10a는 상기 실시예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field

image) 투과전자현미경 사진 사진이고, 도 10b는 상기 실시예 2에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이다.

[0040] 또한, 도 11은 상기 비교예 1에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이다. 또한, 도 12a는 상기 비교예 2에 따른 제1시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이고, 도 12b는 상기 비교예 2에 따른 제2시편의 미세조직을 도시한 암시야상(dark field image) 투과전자현미경 사진 사진이다.

[0041] 먼저, 실시예 1의 미세조직을 도시하는 도 1, 도 5 및 도 9를 참조하면, 실시예 1의 경우, 모두 층상 구조를 이루는 것을 확인할 수 있다.

[0042] 또한, 실시예 2의 미세조직을 도시하는 도 2, 도 6 및 도 10을 참조하면, 실시예 2의 경우도, 모두 층상 구조를 이루는 것을 확인할 수 있다.

[0043] 이때, 실시예 1 및 실시예 2에서 밝은 부분은 β_2 상이고 어두운 부분은 α과 γ상이 라멜라 구조를 이루는 부분이며 회색영역은 주로 감마 단상영역을 나타낸다.

[0044] 하지만, 비교예 1의 미세조직을 도시하는 도 3, 도 7 및 도 11, 비교예 2의 미세조직을 도시하는 도 4, 도 8 및 도 12를 참조하면, 비교예 1 및 비교예 2의 경우, 결정립사이즈는 작으나, 결정립 내의 층상조직이 뚜렷하게 보이지 않고, 결정립계를 따라 취약한 $\alpha_2(Ti_3Al)$상이 분포하고 있음을 확인할 수 있다.

[0045] 하기 표 2는 본 발명에 따른 타이타늄-알루미늄계 합금의 실시예와 비교예의 미세조직 주요인자를 도시하고 있다.

표 2

[0046]

구분	실시예 1	실시예 2	비교예 1	비교예 2
Grain size(㎛)	288	358.4	213.3	109.3
γ lamellar width(㎛)	258.6	162.3	313.6	270.6
α2 lamellar width(㎛)	116.2	74.9	175.1	147.9
γ/α2 lamellar width ratio	2.22	2.17	1.79	1.54
α2-α1 spacing(㎛)	339.6	146	583.2	549.1

[0047] 상기 표 2에서 알 수 있는 바와 같이, 실시예 1 및 실시예 2의 경우, 비교예 1 비교예 2의 경우보다 큰 결정립 사이즈를 도시하고 있다.

[0048] 하지만, 본원발명의 실시예의 합금은 α_2상과 γ상의 두께비 γ/α_2가 2.17 내지 2.17인 반면에, 비교예 1의 경우 1.79를, 비교예 2의 경우 1.54를 나타내고 있어 현저한 차이를 가짐을 할 수 있다.

[0049] 상술한 바와 같이, 실시예 1에서는 46at%의 알루미늄을 포함하고 있으나, 비교예 2에서는 48at%의 알루미늄을 포함하고 있는 경우로써, 알루미늄의 함량 차이에 의하여, α_2상과 γ상의 두께비 γ/α_2가 현저한 차이를 나타냄을 알 수 있다.

[0050] 또한, 실시예 1에서는 46at%의 알루미늄을 포함하면서, 크립성향상제로 규소(Si) 및 붕소(B)를 포함하나, 비교예 1의 경우, 크립성향상제로 규소(Si) 및 탄소(C)를 포함하고 있는 경우로써, 크립성향상제로 붕소(B)를 포함하는지 여부에 따라 α_2상과 γ상의 두께비 γ/α_2가 현저한 차이를 나타냄을 알 수 있다.

[0051] 이러한 미세조직의 차이는, 각 시편에서의 강도의 차이를 나타내게 되며, 이하에서는 각 시편의 강도특성을 설명하기로 한다.

[0052] 도 13a는 상기 실시예 1에 따른 제1시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이고, 도 13b는 상기 실시예 1에 따른 제2시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이다. 또한, 도 14a는 상기 실시예 2에 따른 제1시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이고, 도 14b는 상기 실시예 2에 따른 제2시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이다.

[0053] 또한, 도 15a는 상기 비교예 1에 따른 제1시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이고, 도 15b는 상기 비교예 1에 따른 제2시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이다. 또한, 도 16a는 상기 비교예 2에 따른 제1시편의

응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이고, 도 16b는 상기 비교예 2에 따른 제2시편의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프이다.

[0054] 먼저, 도 13을 참조하면, 실시예 1에 따른 제1시편의 최대 인장 강도(ultimate tensile strength, UTS)는 490.1MPa을 나타내었으며, 이때의 변형률은 0.3%에 해당하였고, 실시예 1에 따른 제2시편의 최대 인장 강도(ultimate tensile strength, UTS)는 553.4MPa을 나타내었으며, 이때의 변형률은 0.4%에 해당하였다.

[0055] 또한, 도 14를 참조하면, 실시예 2에 따른 제1시편의 최대 인장 강도(ultimate tensile strength, UTS)는 527.4MPa을 나타내었으며, 이때의 변형률은 0.3%에 해당하였고, 실시예 2에 따른 제2시편의 최대 인장 강도(ultimate tensile strength, UTS)는 545.1MPa을 나타내었으며, 이때의 변형률은 0.4%에 해당하였다.

[0056] 하지만, 도 15를 참조하면, 비교예 1에 따른 제1시편의 최대 인장 강도(ultimate tensile strength, UTS)는 151MPa을 나타내었으며, 이때의 변형률은 0.1%에 해당하였고, 비교예 1에 따른 제2시편의 최대 인장 강도(ultimate tensile strength, UTS)는 309.9MPa을 나타내었으며, 이때의 변형률은 0.2%에 해당하였다.

[0057] 또한, 도 16을 참조하면, 비교예 2에 따른 제1시편의 최대 인장 강도(ultimate tensile strength, UTS)는 445.0MPa을 나타내었으며, 이때의 변형률은 0.3%에 해당하였고, 비교예 2에 따른 제2시편의 최대 인장 강도(ultimate tensile strength, UTS)는 429.7MPa을 나타내었으며, 이때의 변형률은 0.3%에 해당하였다.

[0058] 상술한 바와 같이, 실시예 1에서는 46at%의 알루미늄을 포함하고 있으나, 비교예 2에서는 48at%의 알루미늄을 포함하고 있는 경우로써, 알루미늄의 함량 차이에 의하여, 본 발명에서는 최대 인장 강도가 향상함을 확인할 수 있다.

[0059] 또한, 실시예 1에서는 46at%의 알루미늄을 포함하면서, 크립성향상제로 규소(Si) 및 붕소(B)를 포함하나, 비교예 1의 경우, 크립성향상제로 규소(Si) 및 탄소(C)를 포함하고 있는 경우로써, 크립성향상제로 붕소(B)를 포함하는지 여부에 따라, 본 발명에서는 최대 인장 강도가 매우 향상함을 확인할 수 있다.

[0060] 이상과 같이, 본 발명에 따른 타이타늄-알루미늄계 합금은 40 ~ 46at%의 알루미늄(Al)을 포함하며, 또한, 크립성향상제로 규소(Si) 및 붕소(B)를 포함하며, 이때, 붕소(B)의 함량은 0.05 ~ 0.2at%로 포함될 수 있다.

[0061] 즉, 본 발명에서는 크립성향상제로 붕소를 포함함과 동시에, 상기 알루미늄(Al)의 함량을 40 ~ 46at%로 포함함으로써, 우수한 인장 강도 특성을 갖는 타이타늄-알루미늄계 합금을 제조할 수 있다.

[0062] 또한, 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.

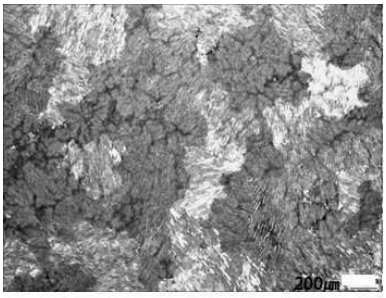
[0063] 또한, 결정립 미세화 및 크리프 저항성에 효과적인 붕소(B)와 규소(Si)를 첨가하되, 탄소(B) 대비 저가의 붕소(B)를 사용함으로써, 제조단가를 낮출 수 있다.

[0064] 뿐만 아니라, 본 발명에서는 니오븀(Nb)을 첨가하여 고온내산화성 및 연성이 향상될 수 있다.

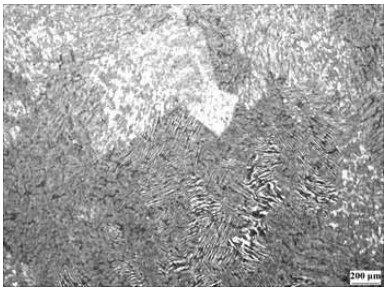
[0065] 이상과 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

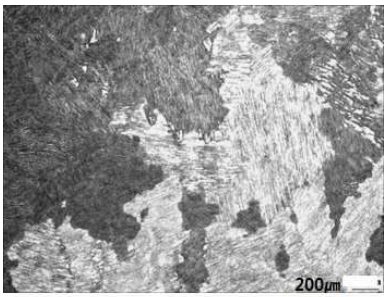
도면1a



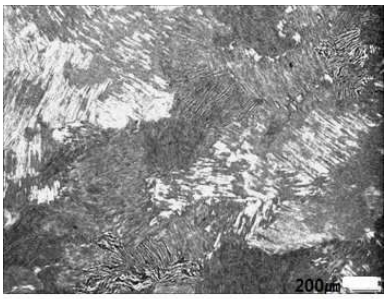
도면1b



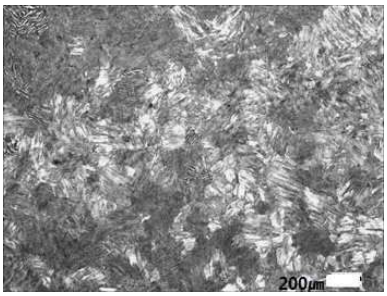
도면2a



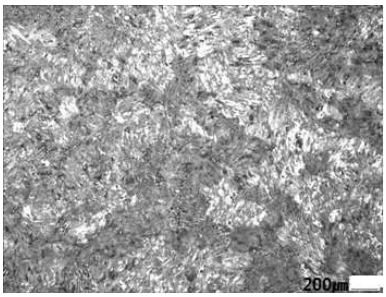
도면2b



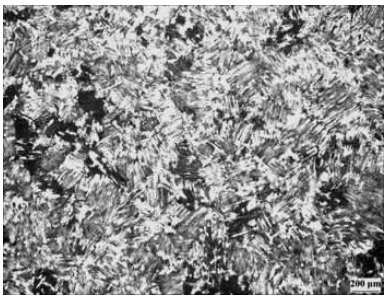
도면3a



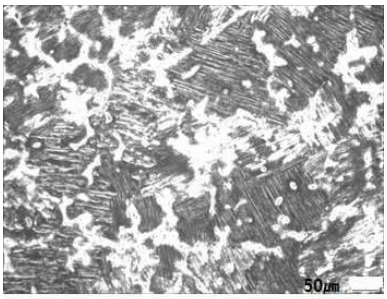
도면3b



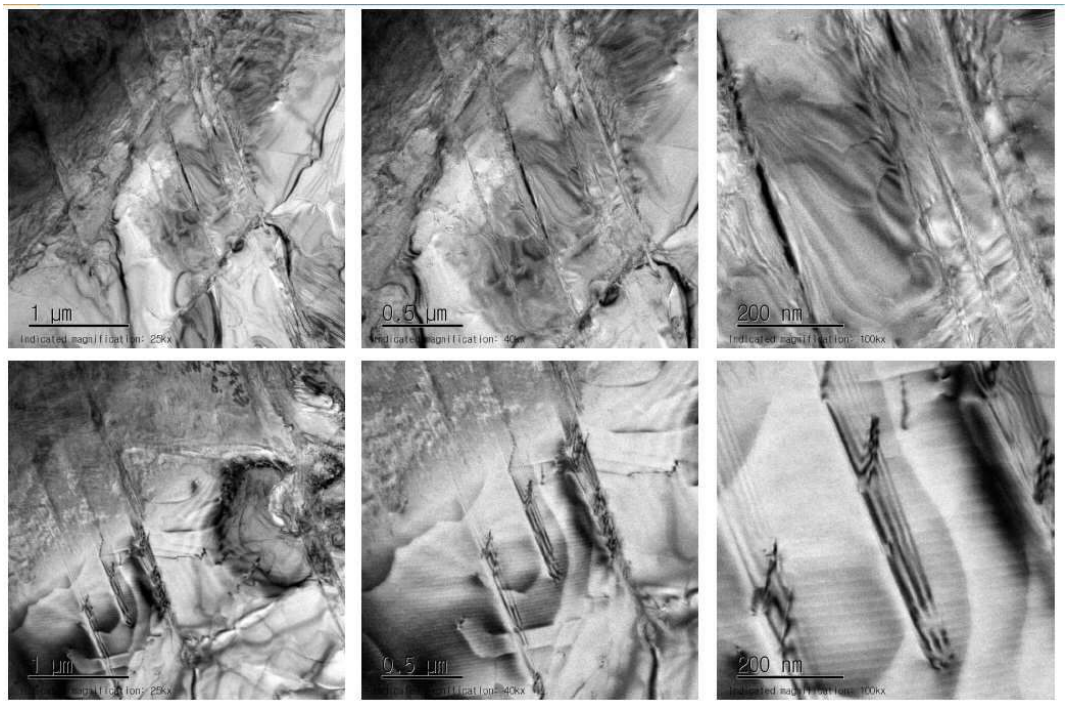
도면4a



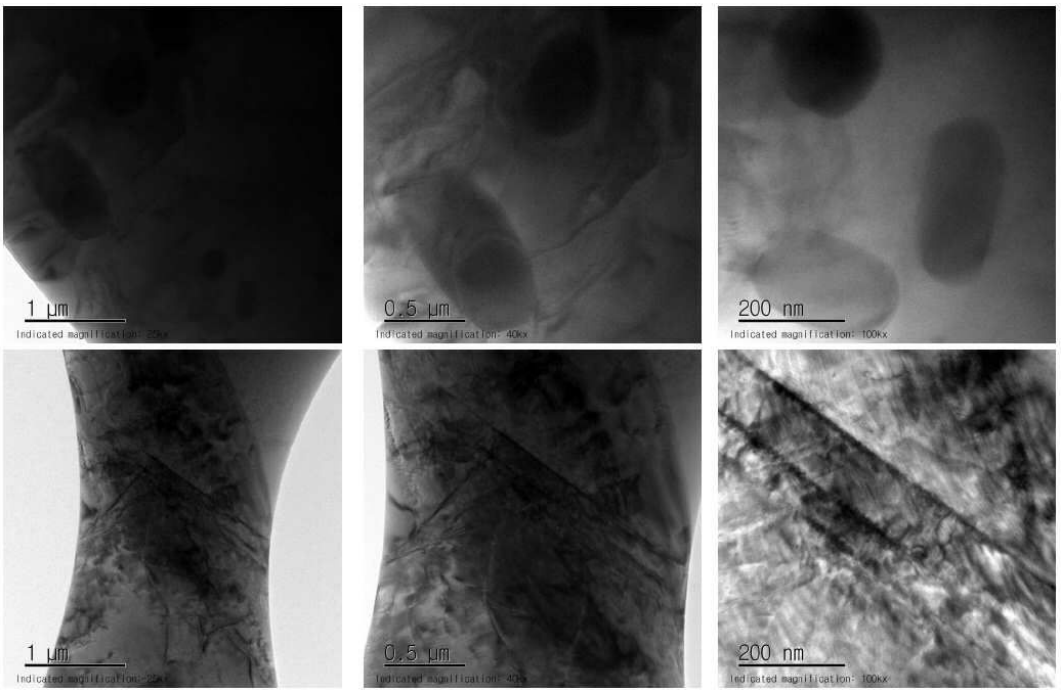
도면4b



도면5



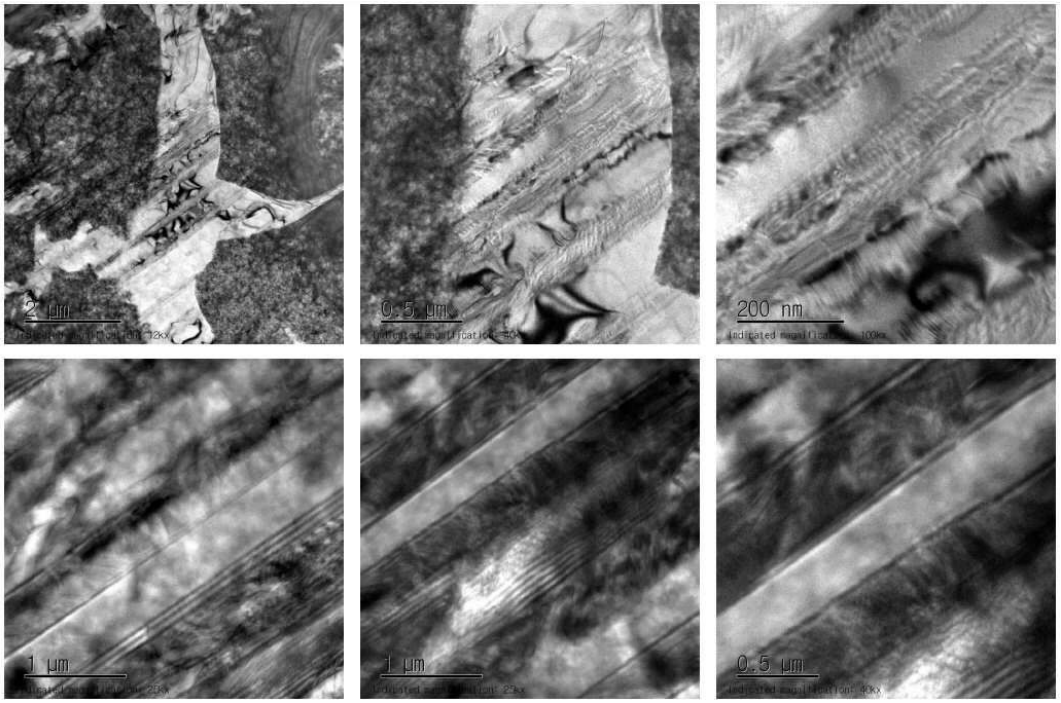
도면6a



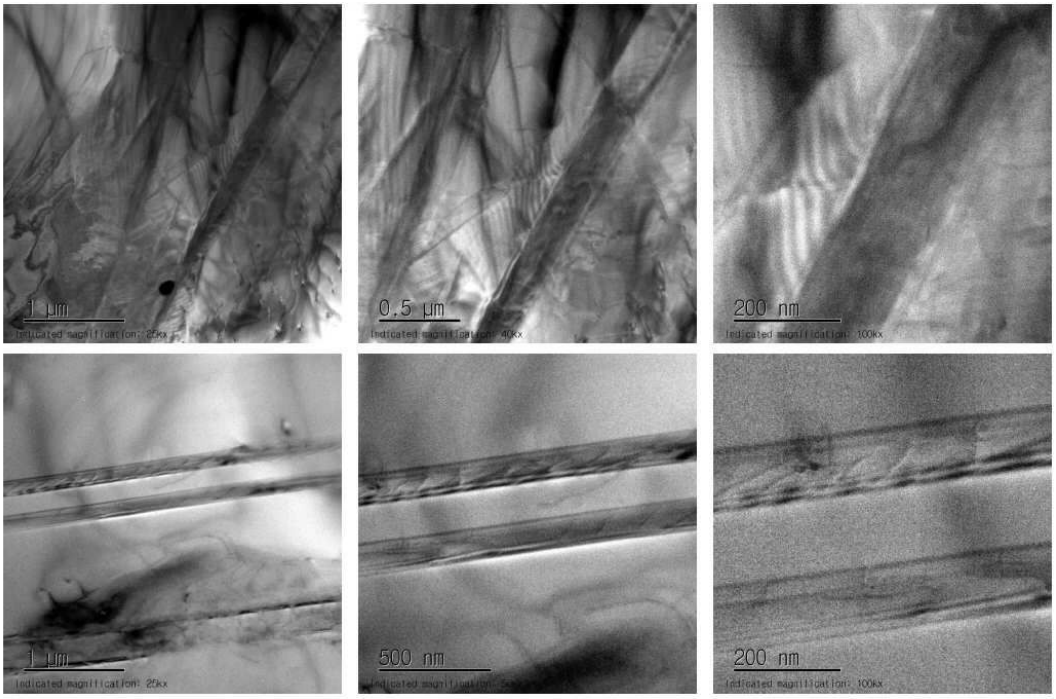
도면6b



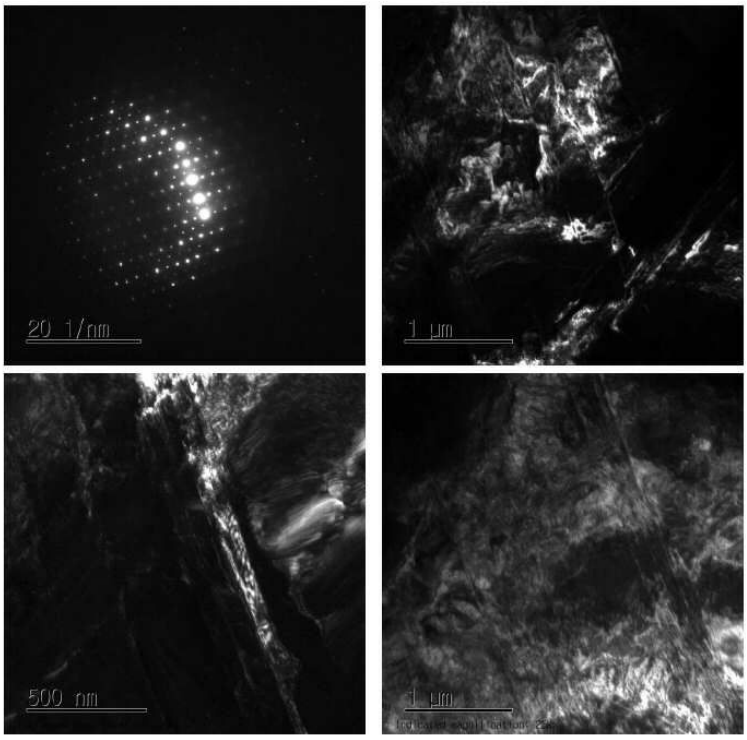
도면7



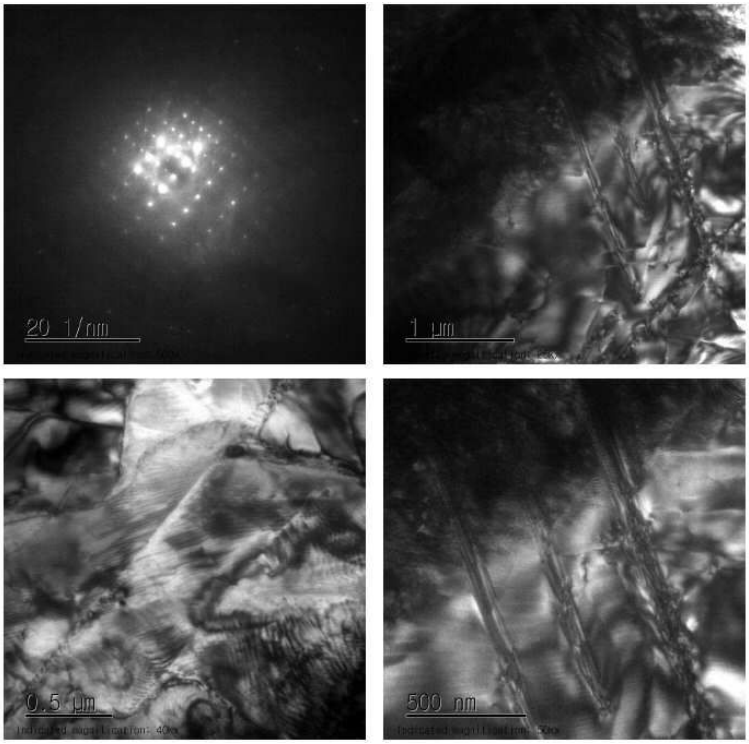
도면8



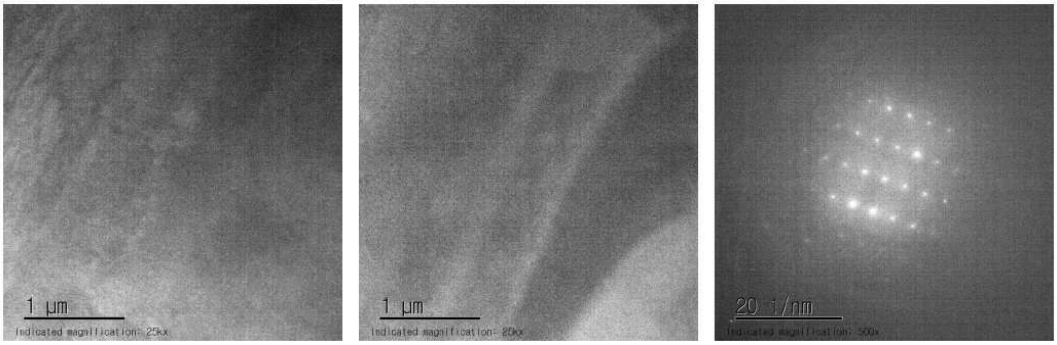
도면9a



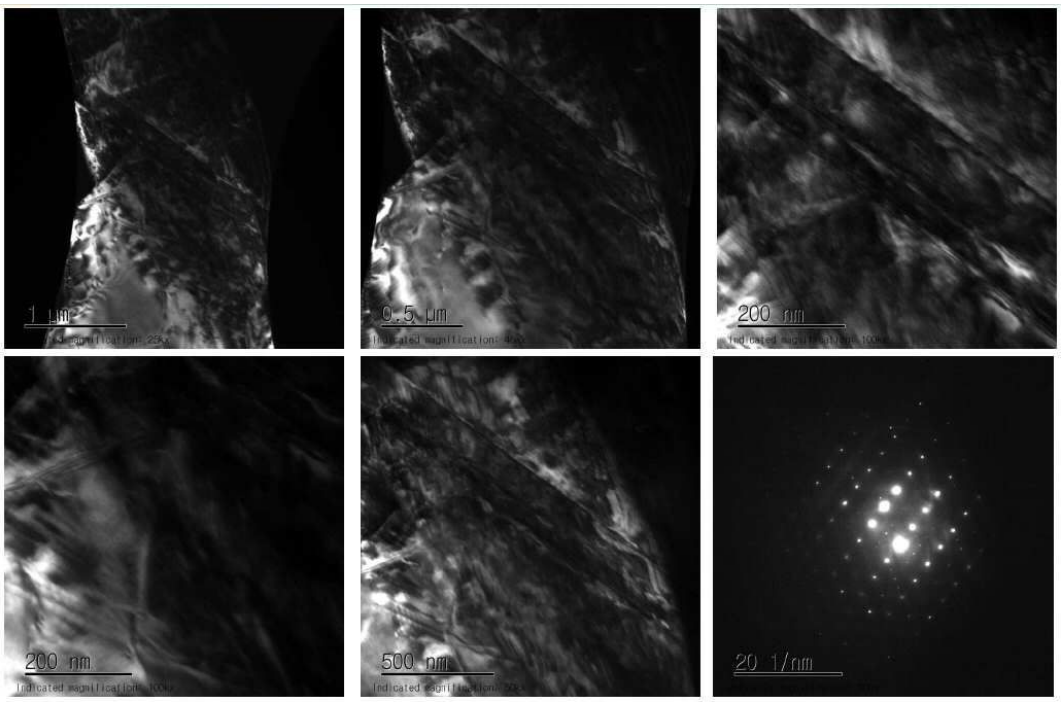
도면9b



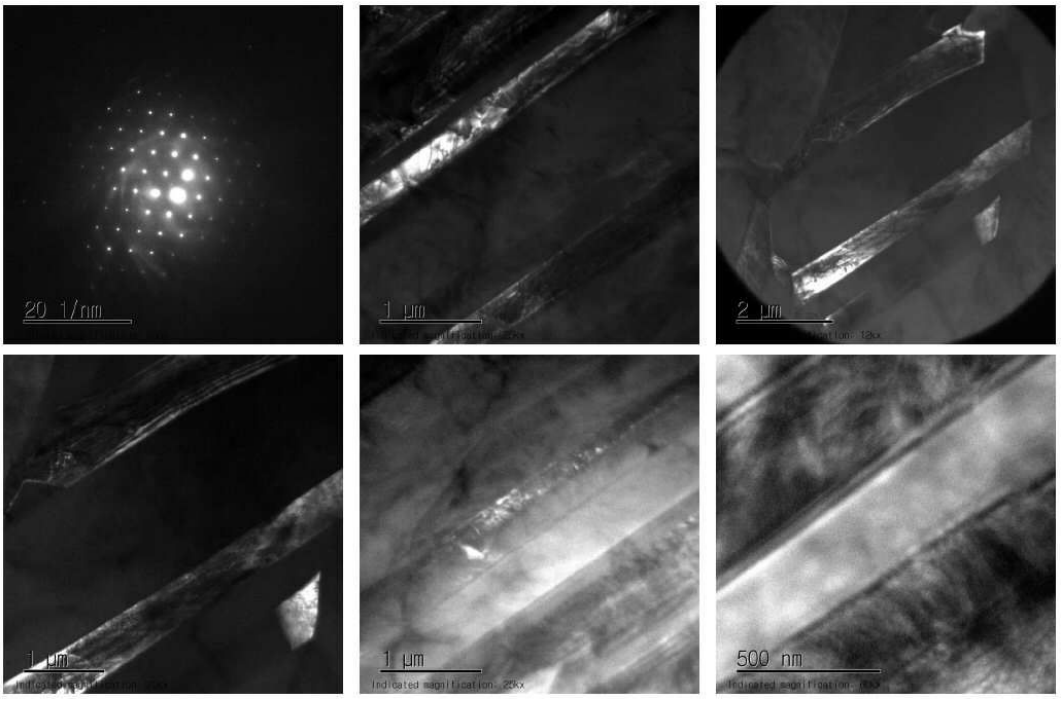
도면10a



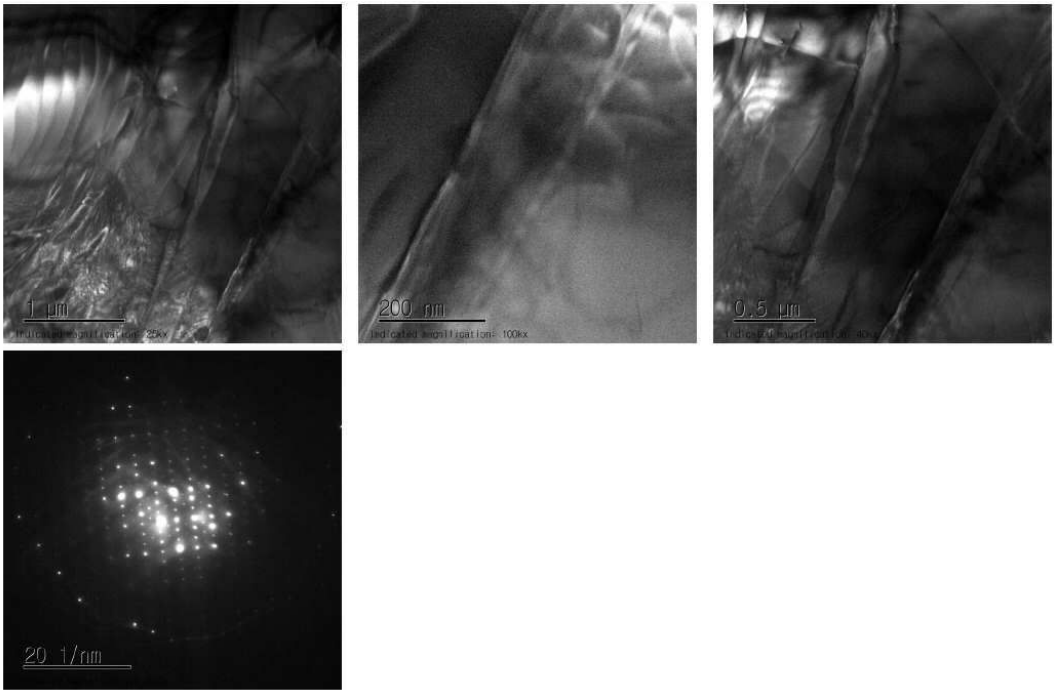
도면10b



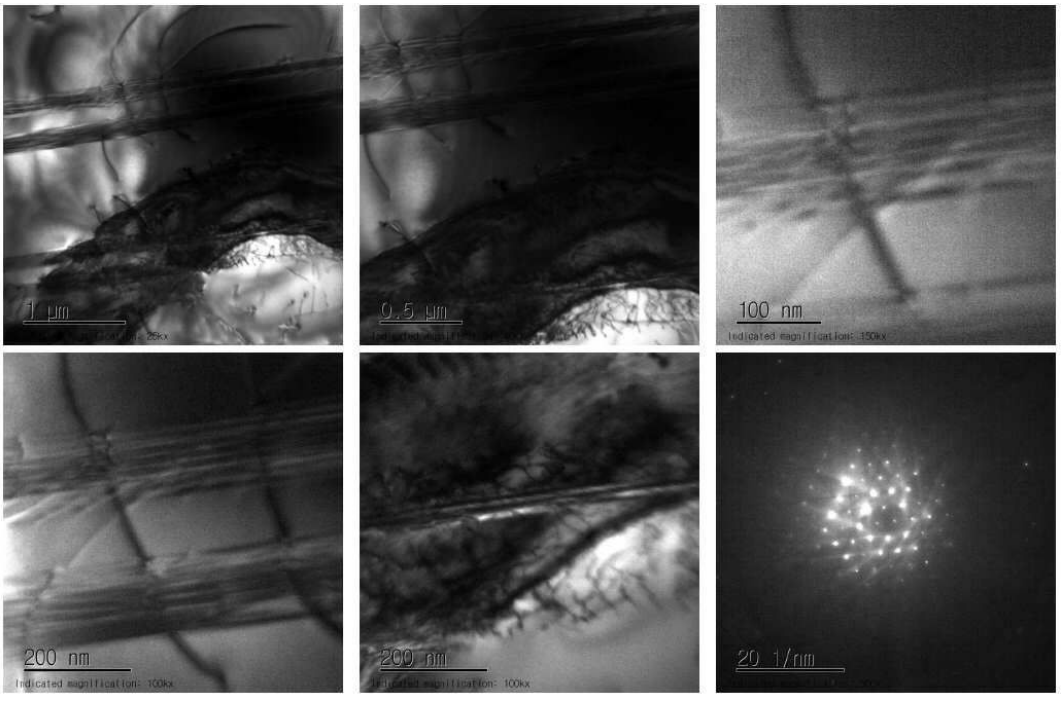
도면11



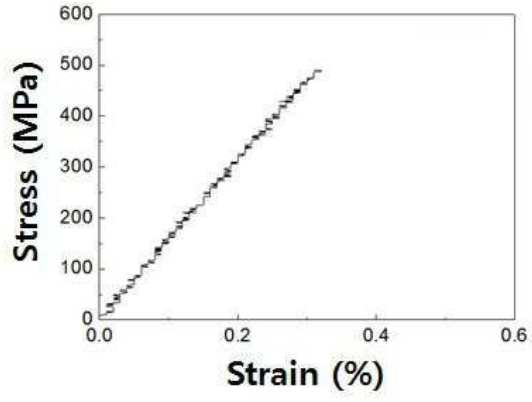
도면12a



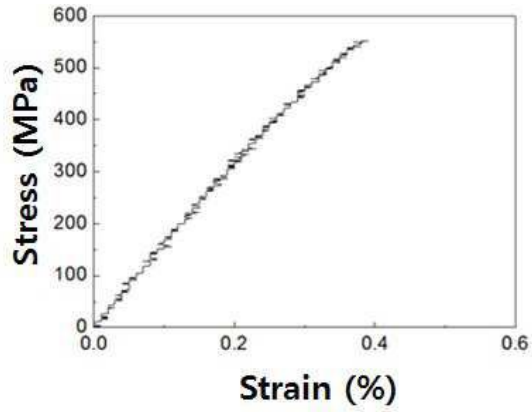
도면12b



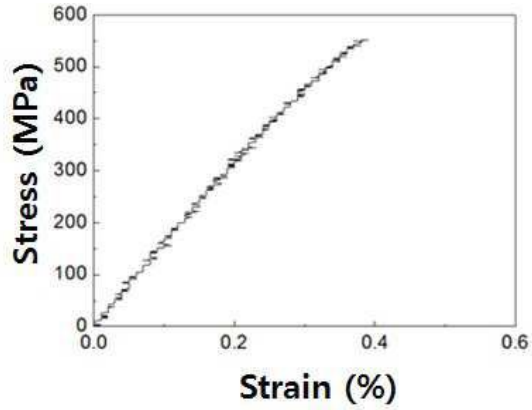
도면13a



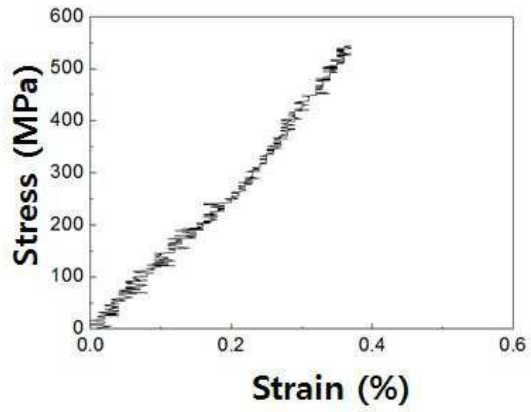
도면13b



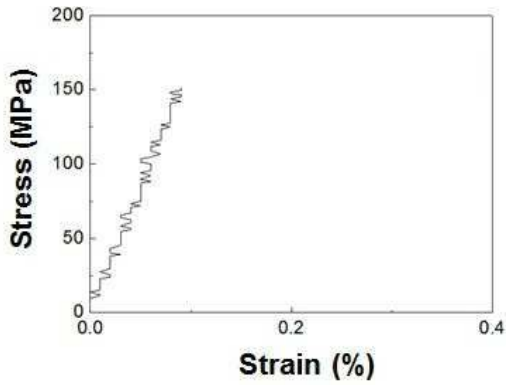
도면14a



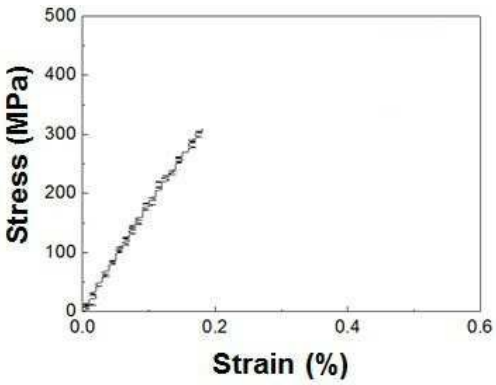
도면14b



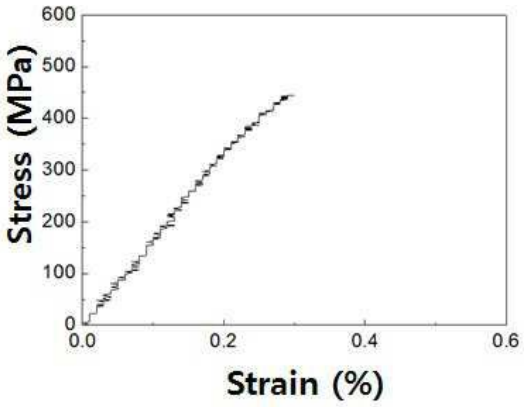
도면15a



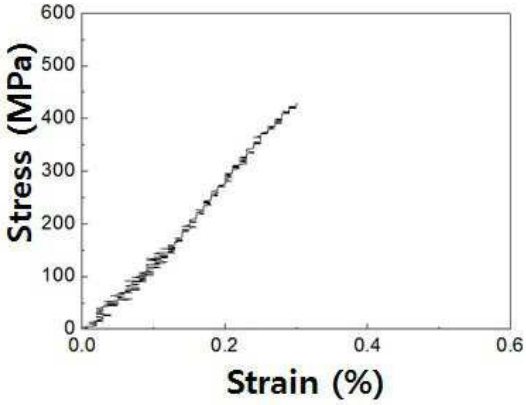
도면15b



도면16a


Stress (MPa)
600
500
400
300
200
100
0
0.0
0.2
0.4
0.6
Strain (%)

도면16b


Stress (MPa)
600
500
400
300
200
100
0
0.0
0.2
0.4
0.6
Strain (%)