(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년10월23일
(11) 등록번호 10-1562669
(24) 등록일자 2015년10월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 14/00 (2006.01) *C22F 1/16* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0130903
(22) 출원일자 2014년09월30일
심사청구일자 2014년09월30일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020030061007 A*
US7261782 B2
US20070137742 A1
KR1020020026891 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
박찬희
경상남도 창원시 성산구 가음정로23번길 10-21, 103동 101호(가음동, 가음 한림 풀에버)
염종택
경상남도 김해시 번화1로 168, 1002동 1202호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이성재

전체 청구항 수 : 총 5 항 심사관 : 김수성

(54) 발명의 명칭 **비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금**

(57) 요 약

본 발명은 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금에 있어서, 상기 타이타늄 합금은, 나이오븀(Nb)와, 지르코늄(Zr)과 산소(O)와 잔부(殘部)인 타이타늄(Ti) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하여 구성된다.

본 발명은 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금에 있어서, 상기 타이타늄 합금은, 전체 질량에 대하여 나이오븀(Nb) 29~33 질량%와, 지르코늄(Zr) 5.7~9.7 질량%와, 산소(O) 0.03~1.0 질량%와, 잔부(殘部)인 타이타늄(Ti) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하여 구성된다.

대 표 도

구분	조성(중량%)	인장강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	평균탄성계수 (GPa)	초탄성 연신율 (%)
실시예1	Ti-31Nb-7.7Zr-0.05O	1044	40	30	3.0
실시예2	Ti-31Nb-7.7Zr-0.3O	1161	52	35	2.7
실시예3	Ti-31Nb-7.7Zr-0.6O	1228	57	36	2.6
실시예4	Ti-31Nb-7.7Zr-0.9O	1307	57	45	2.6

(72) 발명자

이학성

경상남도 김해시 율하2로 125, 1002동 603호(율하동, 율현마을 동원로얄듀크아파트)

홍재근

경상남도 창원시 성산구 삼정자로 79, 114동 502호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10043804
부처명 지식경제부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 핵심방산소재기술개발사업
연구과제명 고품위 티타늄합금 대형 빌렛 제조기술 개발
기 여 율 1/2
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2013.12.01 ~ 2014.11.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711017959
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 산업기술연구회
연구사업명 주력산업소재 기술개발사업
연구과제명 달 탐사선 경량화 소재기술 개발
기 여 율 1/2
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2014.01.01 ~ 2014.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금에 있어서,

상기 타이타늄 합금은,

전체 질량에 대하여 나이오븀(Nb) 29~33 질량%와, 지르코늄(Zr) 5.7~9.7 질량%와, 산소(O) 0.03 이상 0.08 미만 질량%와, 잔부(殘部)인 타이타늄(Ti) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하여 구성되며,

냉간 가공 후 산소농도(wt.%) 증가에 대한 초탄성 연신율(%) 감소의 상관계수가 -0.5 (%/wt.%) 이상이고,

냉간 가공 후 인장강도(MPa)를 평균 탄성계수(GPa)로 나눈 값이 0.025 이상인 것을 특징으로 하는 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 타이타늄 합금은,

냉간 가공 후 2.5% 이상의 초탄성 연신율을 갖는 것을 특징으로 하는 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 타이타늄 합금은,

냉간 가공 후 60GPa 이하의 탄성계수를 갖는 것을 특징으로 하는 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 타이타늄 합금은,

냉간 가공 후 1000MPa 이상의 인장강도를 갖는 것을 특징으로 하는 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 4 항에 있어서, 상기 타이타늄 합금은,

냉간 가공 후 인장강도(MPa)를 탄성계수(GPa)로 나눈 값이 0.020 이상인 것을 특징으로 하는 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 1000 ㎫ 이상의 강도, 60 ㎬ 이하의 탄성계수를 가지며 동시에 산소농도(wt.%) 증가에 대한 초탄성 연신율(%) 감소의 상관계수가 -0.5 (%/wt.%) 이상인 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금에 관한 것이다.

[0003] 본 발명은 인체에 대하여 독성이 있는 Al, V, Ni 등의 원소와, 생체 내에서 내식성이 낮은 Sn을 전혀 포함하지 않고, 인체에 무해한 Ti, Nb, Zr, O 만으로 구성되면서 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금에 관한 것이다.

[0004] 본 발명은 무겁고 고융점을 갖는 Ta(용융점 온도: 3,017℃)을 포함하지 않아 용해 및 응고시 Ta 조성 불균일을 미연에 차단할 수 있으며, 가벼우면서도 대량 생산이 가능한 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0005] 타이타늄 합금은 대표적인 경량금속으로 다른 소재가 가질 수 없는 특수성을 바탕으로 각 산업 분야에서 큰 부가가치를 창출하는 소재로 잘 알려져 있다.

[0006] 즉, 타이타늄 합금은 높은 비강도 및 우수한 내식성을 가지므로 항공우주용 재료, 화학공업용 재료, 생체용 재료, 전자용품 재료, 스포츠용품 재료 등 다양한 분야에 널리 적용될 수 있다.

[0007] 생체용 타이타늄으로는 순수 타이타늄, Ti-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb, Ti-Ni 합금 등이 사용되고 있으나 탄성계수가 인체 뼈 보다 과도하게 높아, 상대적으로 탄성계수가 낮은 골조직에는 응력이 적게 가해지는 응력차폐(stress shielding) 현상이 발생하게 되며 이로 인해 인체 시스템은 응력이 적게 가해지는 골 조직을 불필요한 부분으로 인식하여 파골세포를 활성화시켜 용해시키게 되는 문제점을 가지고 있다.

[0008] 또한 알루미늄(Al), 바나듐(V), 니켈(Ni) 등의 원소는 생체조직 내에서 독성이 있으므로 인체에 무해한 타이타늄(Ti), 나이오븀(Nb), 지르코늄(Zr), 탄탈늄(Ta) 등의 원소로 구성된 생체 친화적인 저탄성계수 타이타늄 합금 개발이 필요하다.

[0009] 그러므로 생체 친화적인 Ti, Nb, Zr, Ta 등의 원소로 구성되면서 탄성계수가 낮은 Ti-13Nb-13Zr, Ti-35Nb-5Ta-7Zr 등과 같은 합금들이 개발되어져 왔다.

[0010] 그러나 일반적인 금속의 특성상 탄성계수가 낮아지면 강도 또한 낮아지게 되므로 이들 소재로 만든 부품의 경우 피로 저항성이 현저히 낮아지며, 부품의 소형화에 한계가 있어 환자에게 매우 유리한 최소침습법 시행에 한계가 있다.

[0011] 또한 정형외과용 또는 치열교정용 소재의 경우 저탄성계수 및 고강도 특성과 더불어 높은 초탄성 변형율이 동시에 요구되므로 이에 대한 연구가 매우 절실하다.

[0012] 한편, 후술할 바와 같이 초고강도, 초저탄성계수, 초탄성 특성이 동시에 발현되는 소재는 미래산업인 플렉서블 디스플레이(flexible display)와 웨어러블 디바이스(wearable device)의 구조체 및 기타 용도로 획기적인 사용이 가능하다.

[0013] 플렉서블 디스플레이 및 웨어러블 디바이스에 사용되는 금속은 피부와 알레르기를 유발한다는 논란이 있는 Ni이

함유되지 않으면서 유연성이 극대화되어야 한다. 유연성은 크게 소재 자체의 유연성 및 구조적 유연성으로 분류할 수 있는데, 소재 자체의 유연성 향상을 위해서는 비선형적 탄성변형을 하며 안정적 초탄성 및 초저탄성계수 특성을 가지고 있어야 작은 힘으로도 쉽게 소재를 휠 수 있다.

[0014] 또한 구조적 유연성은 소재의 두께가 얇을수록 향상되는데 강도가 낮을 경우 두께가 얇아지면 소재 자체의 피로저항성이 현격히 감소하므로 고강도화가 요구된다.

[0015] 그러므로 플렉서블 디스플레이 및 웨어러블 디바이스에 사용되는 금속이 가져야할 특성도 생체용 금속과 동일한 것을 알 수 있으며 상기 산업이 최첨단의 고 부가가치 산업임을 감안할 때 생체 친화적이면서, 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 갖는 타이타늄 합금의 개발은 매우 시급한 문제이다.

[0016] 예컨대 미국 등록특허 제7261782호에서는 비선형적 탄성변형을 하며 초탄성 특성을 가지는 타이타늄 합금이 개시되어 있다.

[0017] 그러나 강도가 높아질수록 탄성계수가 급격하게 증가하는 단점이 있다.

[0018] 또한, 인체에 대하여 독성을 가지는 V을 포함하고 있어 생체용 타이타늄으로는 적용이 불가하다.

[0019] 뿐만 아니라, 용융점 온도가 3,017℃로 고융점인 Ta을 포함하고 있으므로, 반복적인 용해가 필요해 제조 비용을 증가시키게 되며, Ta 조성 불균일이 빈번하게 발생하는 문제점이 있다.

[0020] 한편, 미국 등록특허 제7722805호에는 초저탄성 및 초탄성 특성을 가지는 타이타늄 합금이 개시되어 있다.

[0021] 그러나, 강도 상승을 위해 산소를 첨가할 경우 초탄성 연신율이 급격히 하락하는 단점이 있고 주요 원소인 Sn은 생체 내에서 Ti, Nb, Zr과 비교해 내식성이 현저히 낮아 Sn이 이온화될 경우 부식이 발생한다는 단점이 있다.

[0022] 또한 강도 향상을 위해서는 추가적인 열처리 공정이 요구되므로 복잡한 공정에 의해 제조 비용을 증가시키게 되어 바람직하지 못하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0023] 본 발명의 목적은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 인체에 대하여 독성이 있는 Al, V, Ni 등의 원소와, 생체 내에서 내식성이 낮은 Sn을 포함하지 않고, 인체에 무해한 Ti, Nb, Zr, O 만으로 구성되면서 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금을 제공하는 것에 있다.

[0024] 본 발명의 다른 목적은, 1000 ㎫ 이상의 강도, 60 ㎬ 이하의 탄성계수를 가지며 동시에 산소농도(wt.%) 증가에 대한 초탄성 연신율(%) 감소의 상관계수가 -0.5 (%/wt.%) 이상인 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금을 제공하는 것에 있다.

[0025] 본 발명의 또 다른 목적은, 무겁고 고융점을 갖는 Ta(용융점 온도: 3,017℃)을 포함하지 않아 용해 및 응고시 Ta 조성 불균일을 미연에 차단할 수 있으며, 가벼우면서도 대량 생산이 가능한 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0026] 상기와 같은 목적을 해결하기 위한 본 발명은 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금에 있어서, 상기 타이타늄 합금은, 나이오븀(Nb)와, 지르코늄(Zr)과 산소(O)와 잔부(殘部)인 타이타늄(Ti) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하여 구성됨을 특징으로 한다.

[0027] 본 발명은 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금에 있어서, 상기 타이타늄 합금은, 전체 질량에 대하여 나이오븀(Nb) 29~33 질량%와, 지르코늄(Zr) 5.7~9.7 질량%와, 산소(O) 0.03~1.0 질량%와, 잔부(殘部)인 타이타늄(Ti) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하여 구성됨을 특징으로 한다.

[0028] 상기 기타 불가피한 불순물은, 알루미늄(Al), 바나듐(V), 니켈(Ni), 주석(Sn)을 포함하지 않는 것을 특징으로 하는 한다.

[0029] 상기 타이타늄 합금은, 냉간가공 후 산소농도(wt.%) 증가에 대한 초탄성 연신율(%) 감소의 상관계수가 -0.5

(%/wt.%) 이상인 것을 특징으로 한다.

[0030] 상기 타이타늄 합금은, 냉간 가공 후 2.5% 이상의 초탄성 연신율을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0031] 상기 타이타늄 합금은, 냉간 가공 후 60GPa 이하의 탄성계수를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0032] 상기 타이타늄 합금은, 냉간 가공 후 1000MPa 이상의 인장강도를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0033] 상기 타이타늄 합금은, 냉간 가공 후 인장강도(MPa)를 평균 탄성계수(GPa)로 나눈 값이 0.020 이상인 것을 특징으로 한다.

[0034] 상기 타이타늄 합금은, 냉간 가공 후 인장강도(MPa)를 탄성계수(GPa)로 나눈 값이 0.020 이상인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0035] 본 발명에 의한 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가진 타이타늄 합금은 인체에 대하여 독성이 있는 Al, V, Ni 등의 원소와, 생체 내에서 내식성이 낮은 Sn을 전혀 포함하지 않고, 인체에 무해한 Ti, Nb, Zr, O 만으로 구성되어 있으면서도 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 이점이 있다.

[0036] 그리고 본 발명은 무겁고 고융점을 갖는 Ta(용융점 온도: 3,017℃)을 포함하지 않아 가볍고, Ta 미포함으로 인해 용해 및 응고 시 Ta 조성 불균일을 미연에 차단할 수 있으며 대량 생산이 가능한 이점이 있다.

[0037] 따라서 생체의료용, 플렉서블 디스플레이, 웨어러블 디바이스 이외에 항공우주, 발전 및 산업분야, 생활용품분야 등 다양한 분야에 응용이 가능한 효과를 가진다.

[0038] 그리고 본 발명은 타이타늄 합금의 전체 질량에 대하여 나이오븀(Nb) 29~33 질량%, 지르코늄(Zr) 5.7~9.7 질량%, 산소(O) 0.03~1.0 질량%, 잔부인 타이타늄(Ti) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하도록 구성함으로써 1000 MPa 이상의 인장강도, 60 GPa 이하의 탄성계수를 가지며, 냉간가공 후 산소농도(wt.%) 증가에 대한 초탄성 연신율(%) 감소의 상관계수가 -0.5 (%/wt.%) 이상인 이점이 있다.

[0039] 또한 본 발명은 저렴한 산소를 첨가하고 성형성을 향상시켜 종래의 고가 원소 첨가 및 난성형성으로 인한 가격 상승 문제를 해결할 수 있으며, 90%이상의 냉간 성형이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1 은 본 발명에 의한 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금의 바람직한 실시예의 조성 및 특성을 나타낸 표.

도 2 는 본 발명의 바람직한 실시예와 비교예에 대하여 인장강도를 탄성계수로 나눈 값을 비교한 그래프.

도 3 은 본 발명의 바람직한 실시예와 미국 등록특허 제7261782호(비교예 5)에 개시된 합금의 인장강도를 평균 탄성계수(탄성한계 강도의 1/2강도를 가지는 연신율에서 측정한 탄성계수)로 나눈 값을 비교한 그래프.

도 4 는 본 발명의 바람직한 실시예와 미국 등록특허 제7722805호(비교예 6)에 개시된 합금의 인장강도를 탄성계수로 나눈 값을 비교한 그래프.

도 5 는 본 발명의 바람직한 실시예와 미국 등록특허 제7722805호(비교예 6)에 개시된 합금에 대하여 산소의 함량 변화에 따른 초탄성 연신율의 변화를 비교한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041] 이하 첨부된 도 1을 참조하여 본 발명에 의한 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금(이하 '타이타늄 합금'이라 칭함)에 대하여 설명한다.

[0042] 도 1은 본 발명에 의한 비선형적 탄성변형을 하며 초고강도, 초저탄성계수, 안정적 초탄성 특성을 동시에 가지는 타이타늄 합금의 바람직한 실시예의 조성 및 특성을 나타낸 표이고, 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예와 비교예에 대하여 인장강도를 탄성계수로 나눈 값을 비교한 그래프이다.

[0043] 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 원

칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0044] 따라서 본 명세서에 기재된 실시예와 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.

[0045] 도 1에 표시된 바와 같이 본 발명에 따른 타이타늄 합금의 실시예 1 내지 실시예 4는 단면감소율 90%로 냉간 가공한 것으로서, 나이오븀(Nb)과, 지르코늄(Zr)과, 산소(O) 와 잔부(殘部)인 타이타늄(Ti) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하여 구성되고, 타이타늄 합금의 전체 질량에 대하여 산소의 함량을 0.03 내지 1.0질량%의 범위 내에서 변화시킨 것이다.

[0046] 그리고, 상기 타이타늄 합금에는 알루미늄(Al)과, 바나듐(V), 니켈(Ni) 및 주석(Sn)이 포함되지 않도록 제한하였다.

[0047] 따라서, 실시예1(Ti-31Nb-7.7Zr-0.05O합금)의 경우 1044㎫의 인장강도와, 40㎬의 탄성계수와, 30㎬의 평균탄성계수 및 3.0%의 초탄성 연신율을 갖게 된다.

[0048] 따라서 인체 뼈와 유사한 초저탄성계수, 초고강도, 초탄성 특성이 동시에 발현됨을 알 수 있다.

[0049] 그리고, 저렴한 비용으로 얻을 수 있는 산소(O)의 함량을 증가시킴에 따라 실시예 4(Ti-31Nb-7.7Zr-0.9O 합금)의 경우 인장강도가 1307㎫ 까지 증가하였으며, 반면, 탄성계수(57GPa) 및 평균탄성계수(45GPa)는 여전히 낮은 수치를 유지하고 있음을 확인하였다.

[0050] 또한, 초탄성 연신율은 2.6%를 유지하여 산소(O) 함량을 증가시키더라도 초탄성 연신율의 저하율이 크지 않음을 확인하였다.

[0051] 이하 도 2를 참조하여 바람직한 실시예의 타이타늄 합금과 비교예를 비교해본다.

[0052] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예와 비교예에 대하여 인장강도를 탄성계수로 나눈 값을 비교한 그래프이다.

[0053] 생체용 타이타늄의 기계적 특성 적합성은 인장강도를 탄성계수로 나눈 값이 높을수록 향상되는 것으로 알려져 있으며, 비교예의 경우 냉간 가공된 실시예와 대비할 때 2배까지 차이 나는 것을 확인하였다.

[0054] 보다 상세하게는 비교예1(순수 Ti), 비교예2(Ti-6Al-4V), 비교예3(Ti-6Al-7Nb), 비교예4(Ti-13Nb-13Zr) 중 비교예 4가 가장 높은 0.0130을 나타내었으나, 실시예의 경우 가장 하한치를 나타낸 실시예3은 0.0215를 나타내었고, 가장 상한치를 나타낸 실시예1의 경우 0.0261를 나타내어 실시예가 비교예보다 1.6 내지 2.0배 높은 것을 확인할 수 있었다.

[0055] 이하 첨부된 도 3을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예와 비교예5(미국 등록특허 제7261782호에 개시된 조성물에 대한 실험 결과)의 비교 결과를 설명한다.

[0056] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예와 미국 등록특허 제7261782호(비교예 5)에 개시된 합금의 인장강도를 평균탄성계수로 나눈 값을 비교한 그래프로서, 평균 탄성계수는 탄성한계 강도의 1/2 강도를 가지는 연신율에서 측정한 탄성계수를 말한다.

[0057] 생체용 타이타늄의 기계적 특성 적합성은 인장강도를 평균 탄성계수로 나눈 값으로 판단할 수 있는데 이러한 값 역시 높을수록 향상된 것으로 볼 수 있다.

[0058] 비교예 5에 기재된 다양한 조성에 대하여 모두 측정해본 결과, 가장 높은 값은 0.0212를 나타낸 반면, 냉간 가공된 실시예의 경우 0.0290~0.0348를 나타내어 비교예 5와 대비할 때 1.4배에서 1.6배까지 향상된 기계적 특성 적합성을 갖는 것을 알 수 있다.

[0059] 이하 첨부된 도 4를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예와 비교예6(미국 등록특허 제7722805호에 개시된 조성물에 대한 실험 결과)의 비교 결과를 설명한다.

[0060] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예와 미국 등록특허 제7722805호(비교예 6)에 개시된 합금의 인장강도(㎫)를 탄성계수(㎬)로 나눈 값을 비교한 그래프이다.

[0061] 생체용 타이타늄의 기계적 특성 적합성은 인장강도를 탄성계수로 나눈 값으로 판단할 수 있으며, 이러한 값 역시 높을수록 바람직하다.

[0062] 비교예 6에 기재된 두 가지 조성에 대하여 모두 측정해본 결과, 가장 높은 값은 0.0202를 나타낸 반면, 냉간 가

공된 실시예의 경우 0.0215 내지 0.0261을 나타내어 비교예 6보다 높은 값을 가지는 것을 알 수 있었다.

[0063] 도 5는 실시예와 비교예6에 대하여 산소함량에 따른 초탄성 연신율의 변화를 나타낸 그래프로서, 비교예 6은 산소를 첨가할수록 초탄성 연신율이 급격히 하락하여 산소농도(wt. %) 증가에 대한 초탄성 연신율(%) 감소의 상관계수가 -2.59 (%/wt. %)를 나타내었다.

[0064] 반면 냉간 가공된 실시예의 경우 산소농도(wt. %) 증가에 대한 초탄성 연신율(%) 감소의 상관계수가 -0.45 (%/wt. %)를 나타내어 산소농도가 증가하더라도 초탄성 연신율의 감소는 거의 발생하지 않은 것을 확인하였다.

[0065] 따라서, 실시예는 저렴한 산소를 합금화하여 초저탄성계수 및 초탄성을 유지할 수 있음을 확인시켜주었으며, 비용 상승을 유발하는 추가적인 열처리를 실시하지 않더라도 초고강도화가 가능하다는 것을 알 수 있다.

[0066] 결론적으로, 본 발명의 실시예에 따른 타이타늄 합금(Ti-31Nb-7.7Zr-O)은 항공우주용 재료, 화학공업용 재료, 생체용 재료, 전자용품 재료, 스포츠용품 재료 등 다양한 산업분야에서 적용 가능함을 확인하였다.

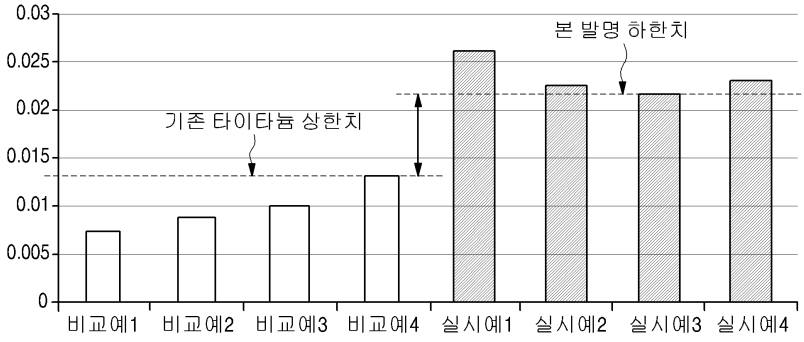
[0067] 이러한 본 발명의 범위는 상기에서 예시한 실시예에 한정하지 않고, 상기와 같은 기술범위 안에서 당업계의 통상의 기술자에게 있어서는 본 발명을 기초로 하는 다른 많은 변형이 가능할 것이다.

도면

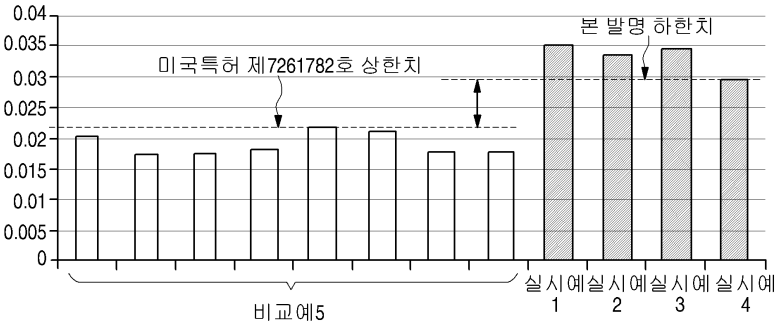
도면1

구분	조성(중량%)	인장강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	평균탄성계수 (GPa)	초탄성 연신율 (%)
실시예1	Ti-31Nb-7.7Zr-0.05O	1044	40	30	3.0
실시예2	Ti-31Nb-7.7Zr-0.3O	1161	52	35	2.7
실시예3	Ti-31Nb-7.7Zr-0.6O	1228	57	36	2.6
실시예4	Ti-31Nb-7.7Zr-0.9O	1307	57	45	2.6

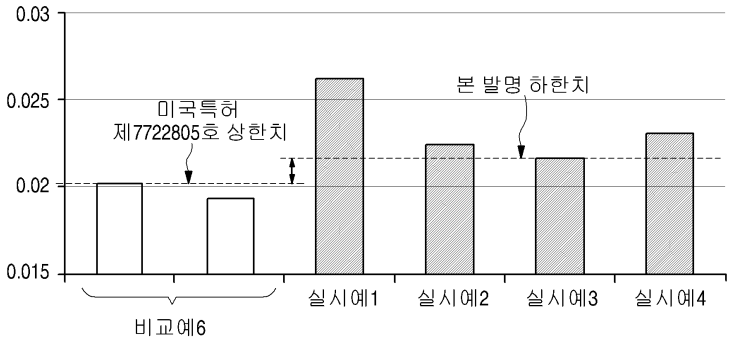
도면2


0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
본 발명 하한치
기존 타이타늄 상한치
비교예1
비교예2
비교예3
비교예4
실시예1
실시예2
실시예3
실시예4

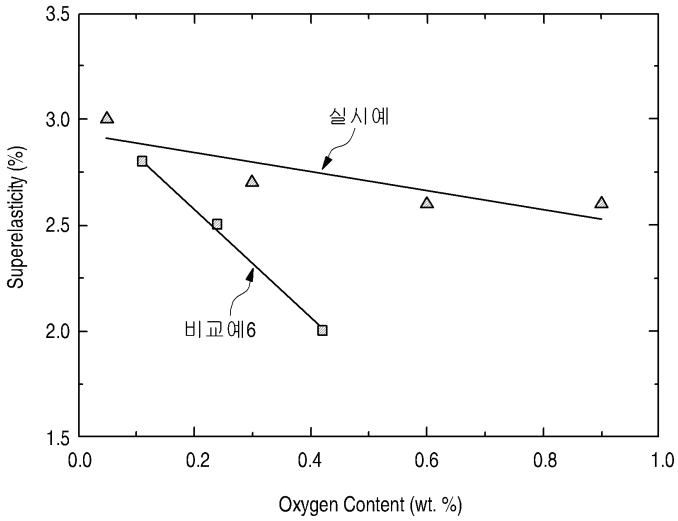
도면3


0.04
0.035
0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
본 발명 하한치
미국특허 제7261782호 상한치
비교예5
실시예 1
실시예 2
실시예 3
실시예 4

도면4


0.03
0.025
0.02
0.015
본 발명 하한치
미국특허
제7722805호 상한치
비교예6
실시예1
실시예2
실시예3
실시예4

도면5


3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Superelasticity (%)
Oxygen Content (wt. %)
실시예
비교예6