(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0102715
(43) 공개일자 2018년09월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 14/00 (2006.01) *C22C 30/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 14/00 (2013.01)
C22C 30/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0028805
(22) 출원일자 2017년03월07일
심사청구일자 2017년03월07일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
김기범
서울특별시 강남구 언주로130길 30 102동 1102호 (논현동,동양파라곤)
황윤중
경기도 고양시 덕양구 호국로 859 대림e편한세상 아파트 120동 1002호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **Ti-Fe계 과공정 합금**

(57) 요 약

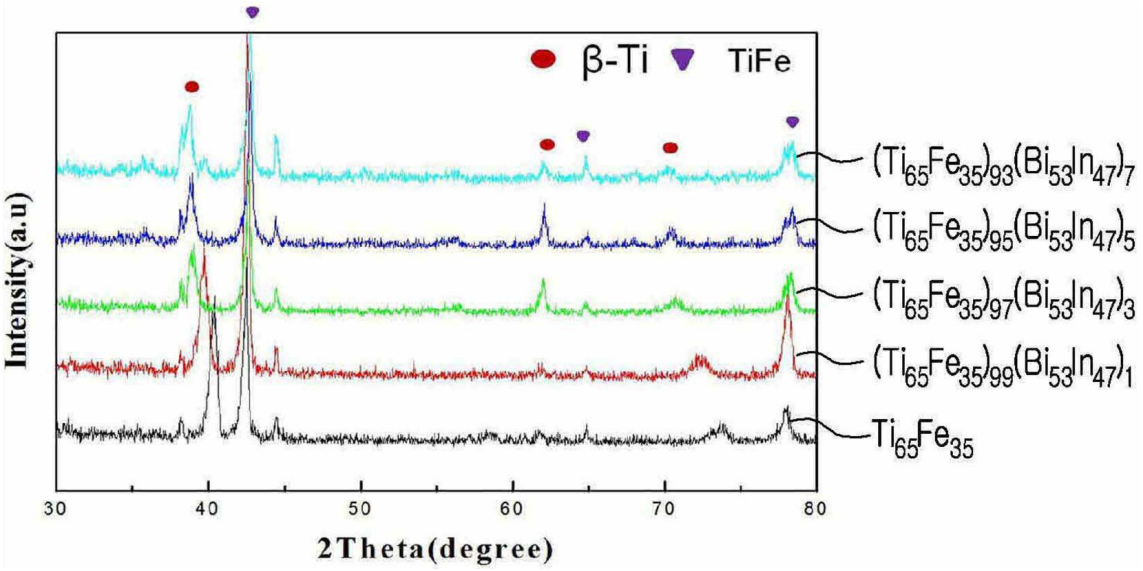
TiFe계 합금을 제공한다. 상기 TiFe계 합금은 하기 화학식 1로 나타낼 수 있다.

[화학식 1]

$(Ti_{100-y}Fe_y)_{100-x}(Bi_{100-z}In_z)_x$

상기 화학식 1에서, x는 1 내지 7이고, y는 30 내지 47.5이고, z는 46.8 내지 50이다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

김영석

서울특별시 중랑구 동일로157나길 33

홍성환

대전광역시 중구 천근로69번길 114 계룡문화아파트 1310호

김정태

경기도 김포시 김포한강11로 275 롯데캐슬 310동 1903호

박혜진

경기도 남양주시 경춘로 377 마제스타워 101동 3203호

정연범

서울특별시 동대문구 한천로46길 17 3층

김희진

경기도 의정부시 신촌로 18-7 에스케이뷰아파트 204동 1501호

명 세 서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 1로 나타낸 TiFe계 합금:

[화학식 1]

$(Ti_{100-y}Fe_y)_{100-x}(Bi_{100-z}In_z)_x$

상기 화학식 1에서, x는 1 내지 7이고, y는 30 내지 47.5이고, z는 46.8 내지 50이다.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 합금은 β-Ti 수지상을 초정상으로 갖는 TiFe계 합금.

청구항 3

제1항에 있어서,

x는 3 내지 7인 TiFe계 합금.

청구항 4

제3항에 있어서,

x는 3 내지 5인 TiFe계 합금.

청구항 5

과공정 조성의 Ti와 Fe를 갖고,

β-Ti 수지상을 초정상으로 갖는 TiFe 계 합금.

청구항 6

제5항에 있어서,

공정 조성의 Bi와 In을 더 함유하는 TiFe 계 합금.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 합금에 관한 것으로, 구체적으로는 Ti-Fe계 합금에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 타이타늄 합금은 우수한 강도특성과 높은 내부식성을 바탕으로 다양한 분야에 사용이 되고 있다. 타이타늄 합금 중에서도 Ti-6Al-4V 합금은 사용량이 약 50%에 육박하고 있다. 하지만 베타 안정상으로 첨가된 V 원소가 고가의 원소이기 때문에 이를 대체 할 수 있는 저가의 합금원소를 통한 합금 개발이 연구 되고 있다. 그 중에서도 V와 같은 베타 안정상이고 저가원소이며 강도향상에 큰 영향을 주는 Fe를 첨가한 Ti-Fe계 합금 개발 연구가 진행되어 왔다.

[0003] 관련하여 대한민국 공개공보 제2014-0032779호는 공정조직을 갖는 TiFe 합금에 Pb 또는 B를 추가하여 우수한 강도와 함께 유연성을 확보하는 것에 대해 개시한다. 그러나, TiFe 공정합금은 고가인 Ti의 함량이 여전히 높아 경제적으로 불리한 점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 고가 원소인 Ti의 함량을 줄임과 동시에 유연성을 가지면서도 적절한 강도를 유지하는 Ti-Fe계 합금을 제공함에 있다.

[0005] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 일 측면은 TiFe계 합금을 제공한다. 상기 TiFe계 합금은 하기 화학식 1로 나타낼 수 있다.

[0007] [화학식 1]

[0008] $(Ti_{100-y}Fe_y)_{100-x}(Bi_{100-z}In_z)_x$

[0009] 상기 화학식 1에서, x는 1 내지 7이고, y는 30 내지 47.5이고, z는 46.8 내지 50이다.

[0010] 상기 합금은 β-Ti 수지상을 초정상으로 가질 수 있다. x는 3 내지 7일 수 있다. 나아가, x는 3 내지 5일 수 있다.

[0011] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 다른 측면은 TiFe계 합금의 다른 예를 제공한다. 상기 TiFe계 합금은 과공정 조성의 Ti와 Fe를 갖고, β-Ti 수지상을 초정상으로 가질 수 있다. 이에 더하여, 공정 조성의 Bi와 In을 더 함유할 수 있다.

발명의 효과

[0012] 본 발명의 실시예들에 따른 합금은 Ti-Fe 과공정 조성에 공정 조성을 갖는 Bi-In을 소량 첨가하여, Ti-Fe가 과공정 조성을 가짐에도 불구하고 β-Ti 초정상이 형성됨에 따라 적절한 강도를 유지하면서도 연성과 가공성이 향상될 수 있다. 한편, 과공정 조성 Ti-Fe합금은 Ti의 함유량이 공정 또는 아공정 조성에 비해 감소되어 이를 사용한 제품의 가격 경쟁력을 증가시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 시편들 1 내지 5의 X선 회절 그래프이고, 도 2은 시편들 1 내지 5의 SEM 사진들이다.

도 3은 시편들 1 내지 5의 상온에서의 압축응력하의 응력-변형 커브 (stress-strain curve)이다.

도 4는 합금 시편 평가예에서 응력에 의해 파괴된 시편들 1 내지 4의 파단면을 촬영한 SEM 사진들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 TiFe계 합금은 하기 화학식 1로 나타낼 수 있다.

[0016] [화학식 1]

[0017] $(Ti_{100-y}Fe_y)_{100-x}(Bi_{100-z}In_z)_x$

[0018] 상기 화학식 1에서, x는 1 내지 7이고, y는 30 내지 47.5이고, z는 46.8 내지 50이다.

[0019] 이 때, Ti-Fe는 과공정 조성(hypereutectic composition)을 가지며, Bi-In은 공정(eutectic composition)조성을 가질 수 있다. 관련하여, z는 47일 수 있다.

[0020] 과공정 조성을 갖는 TiFe계 합금은 TiFe 금속간 화합물이 초정상으로 형성되어 가공성과 더불어 연성이 취약한 단점이 있다. 한편, 아공정 조성을 갖는 Ti-Fe 합금은 β-Ti 초정상을 가져 소성능을 갖는 것으로 알려져 있으

나, 아공정 조성의 경우 고가인 Ti의 함유량이 높아 경제적으로 불리한 단점이 있다. 그러나, 본 실시예에서는 Ti-Fe 과공정 조성에 공정 조성을 갖는 Bi-In을 소량 첨가하여, Ti-Fe가 과공정 조성을 가짐에도 불구하고 β-Ti 초정상이 형성됨에 따라 적절한 강도를 유지하면서도 연성과 가공성이 향상될 수 있다. 한편, 과공정 조성 Ti-Fe합금은 Ti의 함유량이 공정 또는 아공정 조성에 비해 감소되어 이를 사용한 제품의 가격 경쟁력을 증가시킬 수 있다.

[0021] 특히, 상기 화학식 1에서 x가 1 내지 7일 때 즉, Bi-In 공정합금 1 내지 7at%로 함유된 TiFe 과공정 합금의 경우 x가 0인 경우 즉, TiFe 과공정 합금 자체에 비해 연성의 증가가 나타날 수 있다. 이 경우, 강도는 다소 감소하나 여전히 여러 제품에 사용할 수 있는 정도이며 연성의 증가에 따른 가공성의 향상이 더 큰 장점일 수 있다. 한편, 화학식 1에서 x가 3 내지 7일 때 즉, Bi-In 공정합금 3 내지 7at%로 함유된 TiFe 과공정 합금의 경우 다른 경우에 비해 β-Ti 수지상이 확실히 관찰될 수 있다. 나아가, 화학식 1에서 x가 3 내지 5일 때 즉, Bi-In 공정합금 3 내지 5at%로 함유된 TiFe 과공정 합금의 경우 다른 경우에 비해 연성이 매우 우수할 수 있다.

[0022] 이러한 복합 합금은 99.9% 이상의 순도를 갖는 원소들을 정량한 후, 고순도 아르곤 가스분위기하에서 아크 용해법, 유도 가열법 및 흡입주조법을 사용하여 형성할 수 있다.

[0023] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실험예(example)를 제시한다. 다만, 하기의 실험예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 하기의 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0024] <합금 시편 제조예>

[0025] 99.9% 이상의 순도를 가지는 Ti, Fe, Bi, 및 In을 $Ti_{65}Fe_{35}$, $(Ti_{65}Fe_{35})_{99}(Bi_{53}In_{47})_1$, $(Ti_{65}Fe_{35})_{97}(Bi_{53}In_{47})_3$, $(Ti_{65}Fe_{35})_{95}(Bi_{53}In_{47})_5$, 및 $(Ti_{65}Fe_{35})_{93}(Bi_{53}In_{47})_7$의 조성을 갖도록 정량화한 후, 10^{-5} Torr의 진공도와 고순도 아르곤(99.9%)가스 분위기 하에서 아크 멜팅법을 사용하여 합금화하여 모합금을 제조하였다. 위에서 제조한 용탕 상태의 모합금을 메인 챔버와 석션챔버의 진공도 차이를 이용하여 수냉되고 있는 구리 몰드로 흡입하여 직경이 3㎜이고 길이가 50㎜인 봉상시편들($Ti_{65}Fe_{35}$ (시편 1), $(Ti_{65}Fe_{35})_{99}(Bi_{53}In_{47})_1$ (시편 2), $(Ti_{65}Fe_{35})_{97}(Bi_{53}In_{47})_3$ (시편 3), $(Ti_{65}Fe_{35})_{95}(Bi_{53}In_{47})_5$ (시편 4), 및 $(Ti_{65}Fe_{35})_{93}(Bi_{53}In_{47})_7$ (시편 5))를 제조하였다.

[0026] 도 1은 시편들 1 내지 5의 X선 회절 그래프이고, 도 2은 시편들 1 내지 5의 SEM 사진들이다.

[0027] 도 1 및 도 2를 참조하면, X선 회절 그래프에서 샤프한 피크들은 β-Ti 수지상 (dendrite)과 금속간 화합물(intermetallic compound)인 TiFe 수지상으로 정의될 수 있고, SEM 사진들에서도 상기 β-Ti 수지상과 TiFe 수지상이 관찰된다.

[0028] 다만, Bi-In 공정합금이 추가되지 않은 TiFe 과공정 합금의 경우 (시편 1, $Ti_{65}Fe_{35}$) TiFe 수지상만 관찰되는 반면, Bi-In 공정합금이 추가되면서 ($(Ti_{65}Fe_{35})_{99}(Bi_{53}In_{47})_1$ (시편 2), $(Ti_{65}Fe_{35})_{97}(Bi_{53}In_{47})_3$ (시편 3), $(Ti_{65}Fe_{35})_{95}(Bi_{53}In_{47})_5$ (시편 4), 및 $(Ti_{65}Fe_{35})_{93}(Bi_{53}In_{47})_7$ (시편 5)) β-Ti 수지상이 나타나는 것을 알 수 있다. 특히, Bi-In 공정합금이 3 내지 7 at% 첨가되는 경우(시편들 3 내지 5) β-Ti 수지상이 확실히 관찰된 것으로 파악되고, 나아가 X선 회절 그래프에서 Bi-In 공정합금이 3 내지 5 at% 첨가되는 경우(시편들 3 내지 4) β-Ti 수지상에 대한 피크의 크기가 7at%인 경우에 비해 큰 것을 확인할 수 있다.

[0029] <합금 시편 평가예 : 기계적 특성 분석>

[0030] 제조된 합금 시편의 기계적 특성을 평가하기 위하여 인스트론 타입(Instron Type)의 만능시험기를 이용하여 압축강도를 측정하였다. 압축강도 측정은 상온에서 등축압축응력으로 시험하였으며 일정한 변형속도(strain rate=$1x10^{-4}$/s)의 조건에서 수행되었다. 제조된 합금 시편을 길이 6㎜로 절단하였으며, 시편의 파괴가 일어날 때까지 변형시키면서, 시편 변형이 시작될 때의 응력(σ_y(MPa)), 시편 파괴가 일어난 시점의 응력(σ_{max}(MPa)) 및 시편 변형이 시작되어 파괴에 이를 때까지의 변형의 정도(ε_p(%))를 측정하였다.

[0031] 하기 표 1은 제조된 합금 시편들의 조성 및 기계적 특성을 나타낸다.

표 1

[0032]

번호	조성	σ_y(MPa)	σ_{max}(MPa)	ε_p(%)
시편 1	$Ti_{65}Fe_{35}$	1686	1919.9	2.5
시편 2	$(Ti_{65}Fe_{35})_{99}(Bi_{53}In_{47})_1$	1549	2125	11.1
시편 3	$(Ti_{65}Fe_{35})_{97}(Bi_{53}In_{47})_3$	1382	2017	12
시편 4	$(Ti_{65}Fe_{35})_{95}(Bi_{53}In_{47})_5$	1319	2222	14.2
시편 5	$(Ti_{65}Fe_{35})_{93}(Bi_{53}In_{47})_7$	1301	2065	10.3

σ_y(MPa) : 시편 변형이 시작될 때의 응력
σ_{max}(MPa) : 시편 파괴가 일어난 시점의 응력
ε_p(%) : 변형의 정도

[0033] 도 3은 시편들 1 내지 5의 상온에서의 압축응력하의 응력-변형 커브 (stress-strain curve)이다.

[0034] 도 3 및 표 1을 참조하면, Bi-In 공정합금이 추가되지 않은 TiFe 과공정 합금 (시편 1, $Ti_{65}Fe_{35}$) 대비, Bi-In 공정합금이 추가된 경우($(Ti_{65}Fe_{35})_{99}(Bi_{53}In_{47})_1$ (시편 2), $(Ti_{65}Fe_{35})_{97}(Bi_{53}In_{47})_3$ (시편 3), $(Ti_{65}Fe_{35})_{95}(Bi_{53}In_{47})_5$ (시편 4), 및 $(Ti_{65}Fe_{35})_{93}(Bi_{53}In_{47})_7$ (시편 5)), 소성구간(ε_p(%))이 증가하여 연성이 향상됨을 알 수 있다. 또한, Bi-In 공정합금의 함유량이 1에서 5 at%로 증가할수록 연성은 향상되었다가 7at%에 이르러 연성이 갑자기 감소하였다. 이를 상기 X-선 회절 그래프와 연관시켜 판단하면, 연성의 향상은 β-Ti 수지상에 기인하는 것으로 유추할 수 있다.

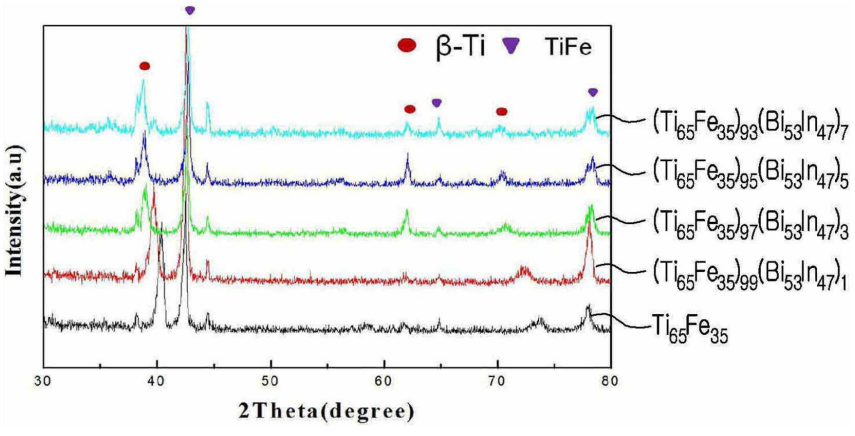
[0035] 도 4는 합금 시편 평가예에서 응력에 의해 파괴된 시편들 1 내지 4의 파단면을 촬영한 SEM 사진들이다.

[0036] 도 4를 참조하면, Bi-In 공정합금이 추가되지 않은 TiFe 과공정 합금 ((a) $Ti_{65}Fe_{35}$, 시편 1)의 파단면의 경우 파단면에 쪼개짐 패턴들만 관찰되는 반면, Bi-In 공정합금이 추가된 경우((b)$(Ti_{65}Fe_{35})_{99}(Bi_{53}In_{47})_1$, 시편 2, (c)$(Ti_{65}Fe_{35})_{97}(Bi_{53}In_{47})_3$, 시편 3, (d)$(Ti_{65}Fe_{35})_{95}(Bi_{53}In_{47})_5$, 시편 4)의 파단면들에서는 통상 연성 재료에서 관찰 가능한 딤플 패턴과 유사한 딤플-유사 패턴이 관찰되었다. 이를 통해서도, Bi-In 공정합금이 추가된 TiFe 과공정 합금의 경우 연성이 향상됨을 알 수 있다.

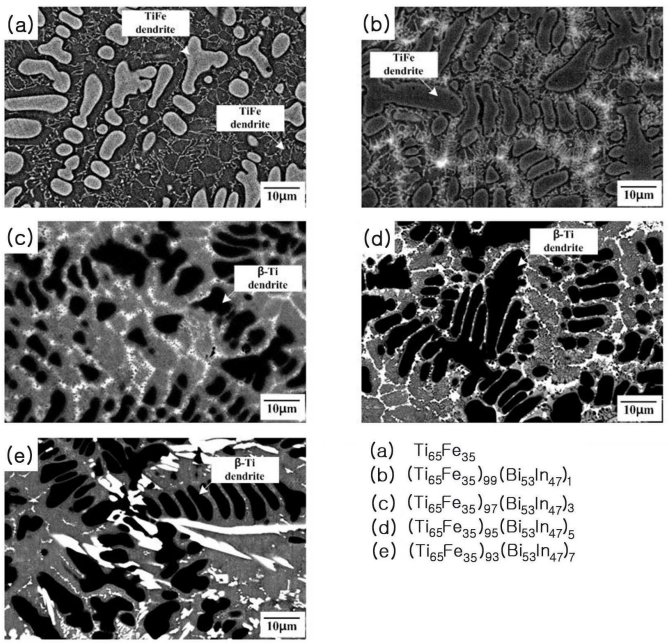
[0037] 이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상 및 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러가지 변형 및 변경이 가능하다.

도면

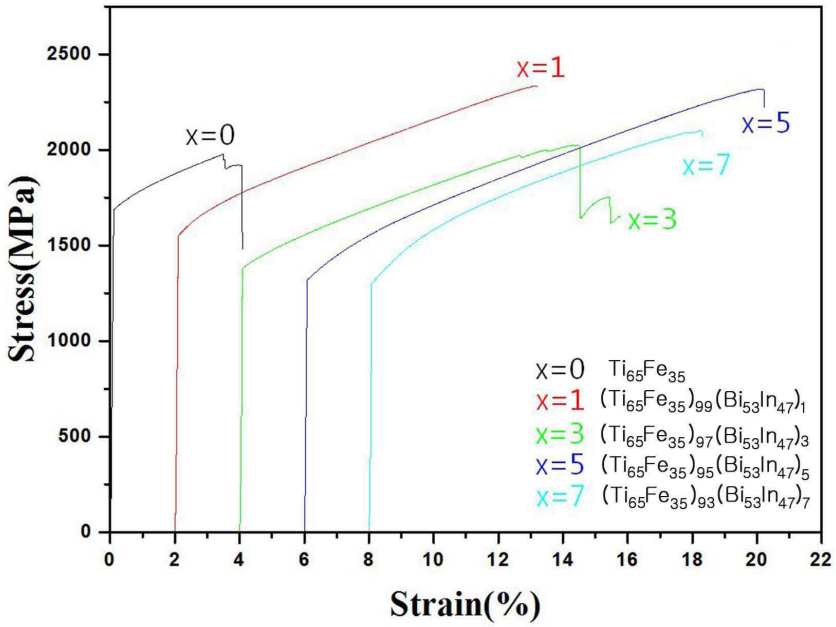
도면1



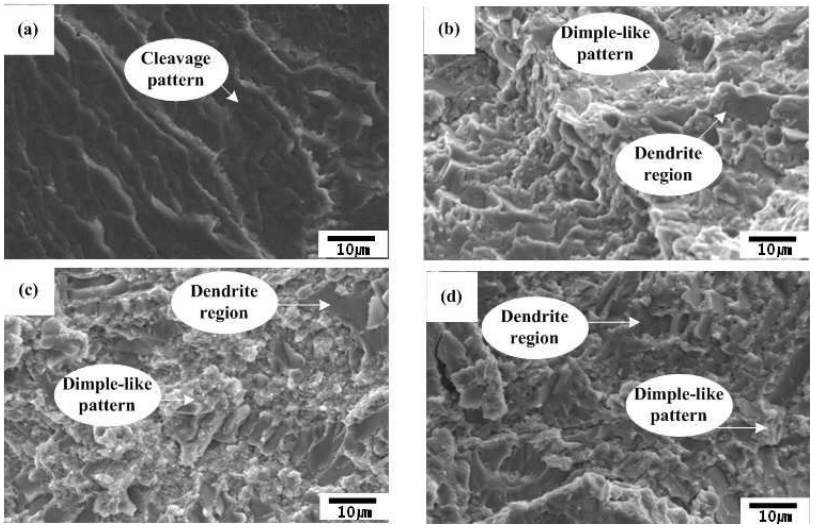
도면2


(a)
TiFe dendrite
TiFe dendrite
10μm
(b)
TiFe dendrite
10μm
(c)
β-Ti dendrite
10μm
(d)
β-Ti dendrite
10μm
(e)
β-Ti dendrite
10μm
(a) $Ti_{65}Fe_{35}$
(b) $(Ti_{65}Fe_{35})_{99}(Bi_{53}In_{47})_1$
(c) $(Ti_{65}Fe_{35})_{97}(Bi_{53}In_{47})_3$
(d) $(Ti_{65}Fe_{35})_{95}(Bi_{53}In_{47})_5$
(e) $(Ti_{65}Fe_{35})_{93}(Bi_{53}In_{47})_7$

도면3


Stress(MPa)
Strain(%)
x=0
x=1
x=3
x=5
x=7
x=0 $Ti_{65}Fe_{35}$
x=1 $(Ti_{65}Fe_{35})_{99}(Bi_{53}In_{47})_1$
x=3 $(Ti_{65}Fe_{35})_{97}(Bi_{53}In_{47})_3$
x=5 $(Ti_{65}Fe_{35})_{95}(Bi_{53}In_{47})_5$
x=7 $(Ti_{65}Fe_{35})_{93}(Bi_{53}In_{47})_7$

도면4


(a)
Cleavage pattern
10μm
(b)
Dimple-like pattern
Dendrite region
10μm
(c)
Dendrite region
Dimple-like pattern
10μm
(d)
Dendrite region
Dimple-like pattern
10μm