



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0043600
(43) 공개일자 2018년04월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 45/10 (2006.01) C22C 30/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 45/10 (2013.01)
C22C 30/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0136506
(22) 출원일자 2016년10월20일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
박진만
서울특별시 강남구 논현로119길 34 (논현동) 401호
전창우
경기도 수원시 영통구 인계로270번길 11-3 (매탄동) 프로방스 205호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인세림

전체 청구항 수 : 총 5 항

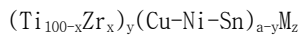
(54) 발명의 명칭 타이타늄계 비정질 합금

(57) 요약

타이타늄계 비정질 합금에 대한 것으로, 보다 상세하게 열적 안정성이 우수한 타이타늄계 벌크 비정질 합금에 관한 것이다.

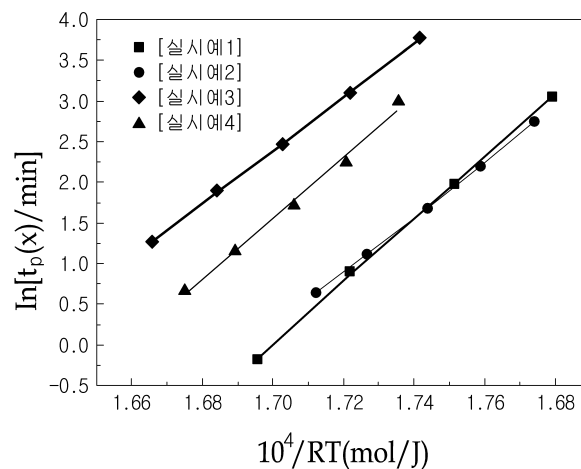
일 측면에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 하기의 [화학식 1]으로 나타나는 조성을 가질 수 있다.

[화학식 1]



화학식 1에서 M은 규소(Si), 인(P), 붕소(B) 및 탄소(C)를 포함하는 군에서 선택된 적어도 하나를 포함하고, x는 0 내지 16 범위 내의 정수이고, a는 99.9 내지 99 범위 내의 정수이고, y는 43.75 내지 52.5 범위 내의 정수이고, z는 0.1 내지 1.0 범위 내의 정수이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

심재원

경기도 수원시 권선구 경수대로 408 (권선동) 청광
오피스텔 521호

김기범

서울특별시 강남구 언주로130길 30 (논현동, 동양
파라곤) 102동 1102호

현홍철

경기도 성남시 분당구 동판교로 275 (삼평동, 붓
들마을1단지풍성신미주아파트) 124동 804호

홍성환

대전광역시 중구 천근로69번길 114 (문화동, 계룡
문화아파트) 1310호

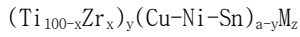
명세서

청구범위

청구항 1

하기의 화학식 1으로 나타나는 조성을 가지는 타이타늄계 비정질 합금:

[화학식 1]



화학식 1에서 M은 규소(Si), 인(P), 붕소(B) 및 탄소(C)를 포함하는 군에서 선택된 적어도 하나를 포함하고,

x는 0 내지 16 범위 내의 정수이고,

a는 99.9 내지 99 범위 내의 정수이고,

y는 43.75 내지 52.5 범위 내의 정수이고,

z는 0.1 내지 1.0 범위 내의 정수이다.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 타이타늄계 비정질 합금은,

300 kJ/mol 이상의 결정화에 대한 활성화 에너지 값을 가지는 것을 특징으로 하는 타이타늄계 비정질 합금.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 타이타늄계 비정질 합금은,

과냉각 액상 영역에서 온도에 따른 결정화에 대한 인큐베이션 시간(incubation time)이 1 내지 13분 범위를 가지는 것을 포함하는 타이타늄계 비정질 합금.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 타이타늄계 비정질 합금은,

과냉각 액상영역의 온도 구간 내에서 결정화가 일어나기 전까지 온도가 상승함에 따라 점도가 떨어지는 특성을 가지는 타이타늄계 비정질 합금.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 타이타늄계 비정질 합금은,

과냉각 액상영역의 온도 구간 내에서 $10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 이상의 점도 값을 가지는 타이타늄계 비정질 합금.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 타이타늄계 비정질 합금에 대한 발명으로, 보다 상세하게 열적 안정성이 우수한 타이타늄계 벌크 비정질 합금에 관한 발명이다.

배 경 기 술

- [0002] 벌크 비정질 합금은 비주기적 원자 배열 구조를 가지는 금속 소재로, 결정질 합금에 비해 고강도, 내부식성, 내마모성, 우수한 자기적 특성 등 뛰어난 물리적 특성을 가지고 있다.
- [0003] 벌크 비정질 합금은 승온 시 유리천이에 따른 흡열 반응과 결정화에 따른 발열 반응을 보이고, 이때 유리전이온도와 결정화 온도 사이에서 준안정 상태의 과냉각 액상 상태로 존재하게 된다.
- [0004] 벌크 비정질 합금은 과냉각 액상 온도구간에서 온도가 상승함에 따라 결정화가 발생하기 직전까지 지속적인 점도의 감소가 발생하고, 이러한 특성으로부터 초소성 특성을 나타낸다. 이러한 과냉각 액상영역에서의 초소성 특성을 이용하여 벌크 비정질 합금의 열가소성에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나, 비정질 형성을 위한 합금조성의 제한으로 제조 가능한 크기로의 적용에 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 일 측면은 높은 비강도를 나타내고 산업적 활용도가 높으며 우수한 열적 안정성을 갖는 타이타늄계(Ti-based) 비정질 합금을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0006] 일 측면에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 하기의 화학식 1으로 나타나는 조성을 가진다.
- [0007] [화학식 1]
- [0008] $(\text{Ti}_{100-x}\text{Zr}_x)_y(\text{Cu-Ni-Sn})_{a-y}\text{M}_z$
- [0009] 화학식 1에서 M은 규소(Si), 인(P), 붕소(B) 및 탄소(C)를 포함하는 군에서 선택된 적어도 하나를 포함하고, x는 0 내지 16 범위 내의 정수이고, a는 99.9 내지 99 범위 내의 정수이고, y는 43.75 내지 52.5 범위 내의 정수이고, z는 0.1 내지 1.0 범위 내의 정수이다.
- [0010] 또한, 타이타늄계 비정질 합금은, 300 kJ/mol 이상의 결정화에 대한 활성화 에너지를 가지는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 또한, 타이타늄계 비정질 합금은, 과냉각 액상 영역에서 온도에 따른 결정화에 대한 인큐베이션 시간(incubation time)이 1 내지 13분 범위를 가지는 것을 포함할 수 있다.
- [0012] 또한, 타이타늄계 비정질 합금은, 과냉각 액상영역의 온도 구간 내에서 결정화가 일어나기 전까지 온도가 상승함에 따라 점도가 떨어지는 특성을 가질 수 있다.
- [0013] 또한, 타이타늄계 비정질 합금은, 과냉각 액상영역의 온도 구간 내에서 $10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 이상의 점도 값을 가질 수 있다.

발명의 효과

- [0014] 제시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 고강도, 저탄성계수, 내부식성 및 내마모특성을 요구하는 다양한 산업 분야에 적용 가능할 수 있다.
- [0015] 예를 들면, 과냉각액상 온도 구간에서 비정질 합금이 초소성 특성을 가지는 것에 기초하여 열간 프레스, 가스 성형 공정을 적용해 비정질 합금을 다양한 형상으로 가공할 수 있다.
- [0016] 또한, 비정질합금의 열가소성 특성에 기반하여 스퍼터링용 비정질 합금의 타겟 제조가 가능할 수 있으며, 증착 공정을 적용해 미리 형상이 구현된 금속, 플라스틱, 유리, 세라믹 등의 소재 표면에 고경도 및 다양한 컬러 구현이 가능한 비정질 코팅 막을 형성 시킬 수도 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 제시된 발명에 따른 비정질 합금의 결정화에 대한 활성화 에너지를 나타내는 그래프이다.

도 2는 게시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금의 TTT 곡선을 나타낸 도면이다.

도 3에서는 [실시 예 1] 및 [비교 예 1]에 따른 합금의 XRD 분석 결과를 도시한 도면이다.

도 4는 [실시 예 2] 및 [비교 예 2]에 따른 합금의 XRD 분석 결과를 도시한 도면이다.

도 5는 [실시 예 3] 및 [비교 예 3]에 따른 합금의 XRD 분석 결과를 도시한 도면이다.

도 6은 [실시 예 4] 및 [비교 예 4]에 따른 합금의 XRD 분석 결과를 도시한 도면이다.

도 7은 [실시 예 4] 및 [비교 예 4]에 따른 합금의 SEM 이미지를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다. 본 명세서가 실시 예들의 모든 요소들을 설명하는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 일반적인 내용 또는 실시 예들 간에 중복되는 내용은 생략한다.
- [0019] 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0020] 제 1, 제 2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 전술된 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0021] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 예외가 있지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0022] 이하 첨부된 도면들을 참고하여 본 발명의 작용 원리 및 실시 예들에 대해 설명한다.
- [0023] 게시된 발명은 타이타늄계 비정질 합금에 관한 것으로, 타이타늄계 벌크 비정질 합금 조성에 비금속원소를 소량 첨가하여 결정화에 대한 저항성 향상을 도모한 타이타늄계 비정질 합금에 관한 것이다.
- [0024] 일반적으로 비정질 합금의 열소성가공을 위해서는 과냉각 액상영역에서의 낮은 점도 값 및 우수한 열적 안정성이 요구된다. 또한, 공정 온도 조건에서 충분한 공정 시간을 확보하기 위해 결정화에 대해 충분히 긴 인큐베이션 시간(incubation time)이 요구된다.
- [0025] 이러한 조건을 만족하는 비정질 합금은 매우 제한적이기 때문에 과거에는 상대적으로 낮은 점도 값 및 높은 인큐베이션 시간을 나타내는 플래티늄(Pt-) 및 팔라듐(Pd-)계 즉, 귀금속계 벌크 비정질 합금에서 제한적으로 열소성 가공에 대한 연구가 진행되어 왔다.
- [0026] 이후 연구를 통해 과 냉각 액상영역에서 낮은 점도 값 및 우수한 열적안정성을 갖는 지르코늄(Zr)계 벌크 비정질 합금이 개발되었고, 이를 이용한 열소성 가공에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 하지만 플래티늄(Pt-), 팔라듐(Pd-)계 및 지르코늄(Zr-)계 벌크 비정질 합금들의 경우 높은 원소재 가격 때문에 산업적으로 널리 적용하기에 제약이 있는 실정이다.
- [0027] 게시된 발명에서는 타이타늄계 비정질 합금의 과냉각 액상 영역에서 결정화에 대한 시간-온도 변태 곡선 및 온도에 따른 점도 분석을 통해 열 안정성이 우수한 타이타늄계 비정질 합금 및 이들 합금의 열 소성가공 공정조건을 제공하고자 한다.
- [0028] 게시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 구리(Cu), 니켈(Ni), 주석(Sn) 및 비금속 원소를 포함할 수 있다.
- [0029] 보다 상세하게, 게시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 하기의 화학식 1으로 나타낼 수 있다.
- [0030] 화학식 1
- [0031] $(\text{Ti}_{100-x}\text{Zr}_x)_y(\text{Cu-Ni-Sn})_{a-y}\text{M}_z$
- [0032] 화학식 1에서 M은 규소(Si), 인(P), 붕소(B) 및 탄소(C)를 포함하는 군에서 선택된 적어도 하나를 포함한다. x, a, y 및 z는 각각의 성분들에 대한 원자%를 의미하는 것으로, x는 0 내지 16 범위 내의 정수이고, a는 99.9 내지 99 범위 내의 정수이고, y는 43.75 내지 52.5 범위 내의 정수이고, z는 0.1 내지 1.0 범위 내의 정수이다.
- [0033] 화학식 1과 같은 조성비를 가지는 게시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금은, 300 kJ/mol 이상의 결정화에 대한 활성화 에너지 값을 가질 수 있다. 보다 상세하게, 게시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금은, 티타늄

(Ti), 지르코늄(Zr), 구리(Cu), 니켈(Ni) 및 주석(Sn)에서 선택된 복수의 성분들을 포함하는 비정질 합금 조성
에 비금속 원소를 소량 첨가함으로써 비정질에서 결정질로 상 변태할 때 온도가 상승함에 따라 결정화 반응에
대해 300 kJ/mol 이상의 활성화 에너지 값을 가지도록 할 수 있으며, 결과적으로 결정화에 대해 저항성 향상을
도모한 타이타늄계 비정질 합금을 제공할 수 있다.

[0034] 활성화 에너지가 높은 경우, 앞서 설명한 바와 같이 결정화에 대한 저항성 향상이 도모 되므로 합금 재료를 가
공하기에 충분한 인큐베이션 시간(incubation time)의 확보가 가능할 수 있다. 즉, 게시된 발명에 따른 타이타
늄계 비정질 합금은 과냉각 액상 영역에서 온도에 따른 결정화에 대한 인큐베이션 시간(incubation time)을 1
내지 13분 범위로 확보할 수 있다.

[0035] 또한, 게시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금은, 과냉각 액상영역의 온도 구간 내에서 결정화가 일어나기
전까지 온도가 상승함에 따라 점도가 떨어지는 특성을 가지며, 최소 10^6 Pa·s 이상의 점도 값을 가질 수 있다.
게시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 과냉각 액상영역에서 약 10^6 Pa·s 정도의 낮은 점도 값을 가지므
로 낮은 하중으로도 가공이 가능할 수 있다.

[0036] 이하, 발명의 이해를 돕기 위해 발명의 실시 예 및 비교 예에 대한 물성 측정 실험 결과를 설명한다.

[0037] [실시 예 1]

[0038] 티타늄(Ti) 44 원자%, 구리(Cu) 39.8 원자%, 니켈(Ni) 7.3 원자%, 지르코늄(Zr) 5.4 원자%, 주석(Sn) 2.5 원자
% 및 탄소(C) 1 원자%를 포함하는 타이타늄계 비정질 합금을 제조 하였다.

[0039] [실시 예 2]

[0040] 티타늄(Ti) 44 원자%, 구리(Cu) 39.8 원자%, 니켈(Ni) 7.3 원자%, 지르코늄(Zr) 5.4 원자%, 주석(Sn) 2.5 원자
% 및 붕소(B) 1 원자%를 포함하는 타이타늄계 비정질 합금을 제조 하였다.

[0041] [실시 예 3]

[0042] 티타늄(Ti) 44 원자%, 구리(Cu) 39.8 원자%, 니켈(Ni) 7.3 원자%, 지르코늄(Zr) 5.4 원자%, 주석(Sn) 2.5 원자
% 및 인(P) 1 원자%를 포함하는 타이타늄계 비정질 합금을 제조 하였다.

[0043] [실시 예 4]

[0044] 티타늄(Ti) 44 원자%, 구리(Cu) 39.8 원자%, 니켈(Ni) 7.3 원자%, 지르코늄(Zr) 5.4 원자%, 주석(Sn) 2.5 원자
% 및 실리콘(Si) 1 원자%를 포함하는 타이타늄계 비정질 합금을 제조 하였다.

[0045] [비교 예 1]

[0046] 티타늄(Ti) 44 원자%, 구리(Cu) 39.8 원자%, 니켈(Ni) 7.3 원자%, 지르코늄(Zr) 4.4 원자%, 주석(Sn) 2.5 원자
% 및 탄소(C) 2 원자%를 포함하는 타이타늄계 비정질 합금을 제조 하였다.

[0047] [비교 예 2]

[0048] 티타늄(Ti) 44 원자%, 구리(Cu) 39.8 원자%, 니켈(Ni) 7.3 원자%, 지르코늄(Zr) 4.4 원자%, 주석(Sn) 2.5 원자
% 및 붕소(B) 2 원자%를 포함하는 타이타늄계 비정질 합금을 제조 하였다.

[0049] [비교 예 3]

[0050] 티타늄(Ti) 44 원자%, 구리(Cu) 39.8 원자%, 니켈(Ni) 7.3 원자%, 지르코늄(Zr) 4.4 원자%, 주석(Sn) 2.5 원자
% 및 인(P) 2 원자%를 포함하는 타이타늄계 비정질 합금을 제조 하였다.

[0051] [비교 예 4]

[0052] 티타늄(Ti) 44 원자%, 구리(Cu) 39.8 원자%, 니켈(Ni) 7.3 원자%, 지르코늄(Zr) 4.4 원자%, 주석(Sn) 2.5 원자
% 및 실리콘(Si) 2 원자%를 포함하는 타이타늄계 비정질 합금을 제조 하였다.

[0053] [실시 예 1] 내지 [실시 예 4] 및 [비교예 1] 내지 [비교 예 4]의 타이타늄계 비정질 합금의 제반 물성을 다음
의 방법으로 평가 하였다.

[0054] 결정화에 대한 활성화 에너지

[0055] $t(x) = t_0 \cdot \exp[-E_c(x)/RT]$ 와 같은 아레니우스 식에 기초해 [실시 예 1] 내지 [실시 예 4]에 따른 비정질합금의

활성화 에너지 그래프를 도시하였다. 아레니우스 식에서 x 는 결정화 분율을, t_0 는 시간상수, $t(x)$ 는 $x\%$ 분율까지 결정화되는데 필요한 시간, $E_c(x)$ 는 x 분율에서의 활성화 에너지, T 는 열처리 온도를 의미한다.

[0056] 온도에 따른 점도 및 인큐베이션 시간 변화

[0057] 온도에 따른 점도 및 인큐베이션 시간 변화를 나타내는 TTT 곡선(time temperature transformation diagram)을 도시하였다.

[0058] 구조 분석

[0059] [실시예 1] 내지 [실시예 4] 및 [비교예 1] 내지 [비교예 4]의 타이타늄계 비정질 합금 시료를 엑스선 회절 분석(XRD; X-ray Diffraction)법으로 분석하였다. 보다 상세하게 시료에 엑스레이를 조사하여 얻어지는 패턴을 측정하여 결정 구조를 확인하였다.

[0060] 또한, [실시예 1] 내지 [실시예 4] 및 [비교예 1] 내지 [비교예 4]의 타이타늄계 비정질 합금 시료의 SEM(Scanning electron microscope) 이미지를 분석하였다.

[0061] 위와 같은 방법으로 물성 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결과를 도출하였다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 제시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금의 특성을 설명하도록 한다.

[0062] 도 1은 제시된 발명에 따른 비정질 합금의 결정화에 대한 활성화 에너지를 나타내는 그래프이다. 도 1에서 각각의 그래프의 기울기는 각각 [실시예 1] 내지 [실시예 4]에 따른 타이타늄계 비정질 합금의 활성화 에너지를 의미한다.

[0063] 도 1에 도시된 바를 참조하면, 탄소(C)를 1 원자% 포함하는 [실시예 1]에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 약 384 kJ/mol의 활성화 에너지 값을 가지고, 붕소(B)를 1 원자% 포함하는 [실시예 2]에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 약 339 kJ/mol의 활성화 에너지 값을 가지고, 실리콘(Si)을 1 원자% 포함하는 [실시예 3]에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 약 327 kJ/mol의 활성화 에너지 값을 가지고, 인(P)을 1 원자% 포함하는 [실시예 4]에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 약 374 kJ/mol의 활성화 에너지 값을 가짐을 확인할 수 있었다.

[0064] 즉, 제시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 비정질 합금 조성에 비금속 원소를 약 1 원자 % 범위로 소량 첨가함으로써 결정화 반응에 대해 300 kJ/mol 이상의 활성화 에너지 값을 가지며, 결과적으로 결정화에 대해 저항성 향상을 도모한 타이타늄계 비정질 합금의 제공이 가능함을 확인할 수 있었다.

[0065] 도 2는 제시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금의 TTT 곡선을 나타낸 도면이다. 도 2에서는 제시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금 중 [실시예 4]에 따른 비정질 합금의 경우를 예로 들어 도시하였으며, 여러 온도 구간 중 해당 비정질 합금의 과냉각 액상 영역 구간에서 온도에 따른 점도 및 인큐베이션 시간 변화를 도시하였다.

[0066] 도 2에 도시된 바를 참조하면, 일 실시예에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 온도가 상승함에 따라 점도가 감소하고, 최소 약 10^6 Pa·s 이상의 낮은 점도 값을 가짐을 확인할 수 있었다. 즉, 제시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 과냉각 액상영역에서 약 10^6 Pa·s 정도의 낮은 점도 값을 가지므로 낮은 하중으로 가공이 가능함을 확인할 수 있었다.

[0067] 또한, 일 실시예에 따른 타이타늄계 비정질 합금은 온도가 낮아짐에 따라 인큐베이션 시간(incubation time)이 증가함을 확인할 수 있었다. 인큐베이션 시간이 높으면 가공 가능한 시간이 길다는 의미이므로 높은 가공성을 확보할 수 있게 된다. 다만, 비정질 합금의 온도가 지나치게 낮을 경우 앞서 설명한 바와 같이 제시된 발명에 따른 비정질 합금 조성물의 점도가 높아져 가공성이 저하되므로 적절한 가공 온도를 설정함이 바람직할 것이다.

[0068] 도 3 내지 도 6은 [실시예 1] 내지 [실시예 4] 및 [비교예 1] 내지 [비교예 4]에 따른 합금의 엑스선 회절(XRD) 분석 결과를 도시한 도면이다.

[0069] 먼저, 도 3에서는 [실시예 1] 및 [비교예 1]에 따른 합금의 XRD 분석 결과를 도시하였다.

[0070] 도 3에 도시된 바를 참조하면, [실시예 1]에 따른 합금은 비정질 합금의 XRD 패턴을 보임을 확인할 수 있었고, [비교예 1]에 따른 합금은 결정상을 포함하는 XRD 패턴을 보임을 확인할 수 있었다. 다시 말해, [비교예 1]에 따른 합금은 B2 결정구조를 갖는 결정상에서 관찰되는 피크가 나타남을 확인할 수 있었다.

[0071] 결과적으로, 비정질 합금 내에 탄소(C)를 1 원자%로 함유하는 경우, 탄소(C)를 2 원자%로 함유하는 경우와 비교

해 비정질 특성을 보다 잘 유지함을 확인할 수 있었다.

[0072] 다음으로, 도 4에서는 [실시 예 2] 및 [비교 예 2]에 따른 합금의 XRD 분석 결과를 도시하였다.

[0073] 도 4에 도시된 바를 참조하면, [실시 예 2]에 따른 합금은 비정질 합금의 XRD 패턴을 보임을 확인하였고, [비교 예 2]에 따른 합금은 B2구조를 갖는 결정상 및 γ -TiCu 결정상을 포함하는 XRD 패턴을 보임을 확인할 수 있었다. 다시 말해, [비교예 2]에 따른 합금은 2가지 결정상을 포함하는 피크가 나타남을 확인할 수 있었다.

[0074] 결과적으로, 비정질 합금 내에 붕소(B)를 1 원자%로 함유하는 경우, 붕소(B)를 2 원자%로 함유하는 경우와 비교해 비정질 특성을 보다 잘 유지함을 확인할 수 있었다.

[0075] 다음으로, 도 5에서는 [실시 예 3] 및 [비교 예 3]에 따른 합금의 XRD 분석 결과를 도시하였다.

[0076] 도 5에 도시된 바를 참조하면, [실시 예 3]에 따른 합금은 비정질 합금의 XRD 패턴을 보임을 확인할 수 있었고, [비교 예 3]에 따른 합금은 B2구조를 갖는 결정상 및 γ -TiCu 결정상을 포함하는 XRD 패턴을 보임을 확인할 수 있었다. 다시 말해, [비교예 3]에 따른 합금은 2가지 결정상을 포함하는 피크가 나타남을 확인할 수 있었다.

[0077] 결과적으로, 비정질 합금 내에 실리콘(Si)을 1 원자%로 함유하는 경우, 실리콘(Si)을 2 원자%로 함유하는 경우와 비교해 비정질 특성을 보다 잘 유지함을 확인할 수 있었다.

[0078] 다음으로, 도 6에서는 [실시 예 4] 및 [비교 예 4]에 따른 합금의 XRD 분석 결과를 도시하였다.

[0079] 도 6에 도시된 바를 참조하면, [실시 예 4]에 따른 합금은 비정질 합금의 XRD 패턴을 보임을 확인할 수 있었고, [비교 예 4]에 따른 합금은 비정질 합금의 XRD 패턴과 유사한 XRD 패턴을 보임을 확인할 수 있었다.

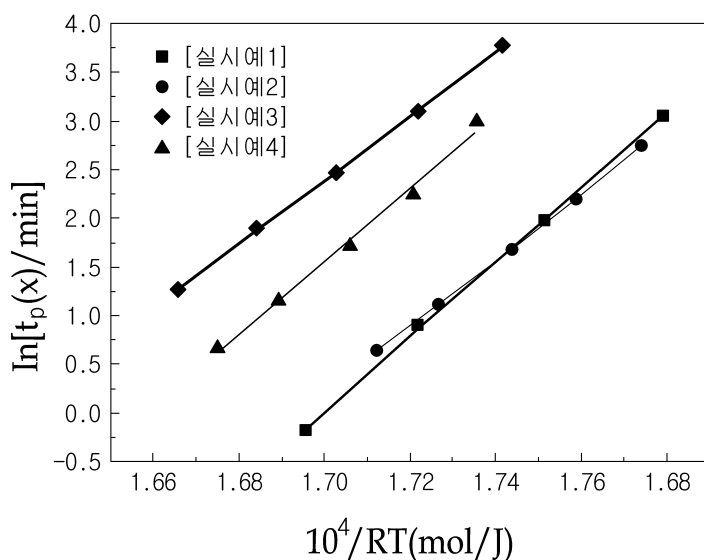
[0080] 한편, 도 7에 도시한 SEM 이미지에서는 [비교 예 4]에 따른 합금 이미지의 경우 [실시 예 4]에 따른 합금 이미지와는 달리 부분적으로 반점이 나타남을 확인할 수 있었으며, 이로부터 도 11에 따른 비정질 합금은 부분적으로 마이크로미터 크기의 결정상을 포함하는 복합 소재를 형성함을 확인할 수 있었다.

[0081] 결과적으로, 비정질 합금 내에 인(P)을 1 원자%로 함유하는 경우, 인(P)을 2 원자%로 함유하는 경우와 비교해 비정질 특성을 보다 잘 유지함을 확인할 수 있었다.

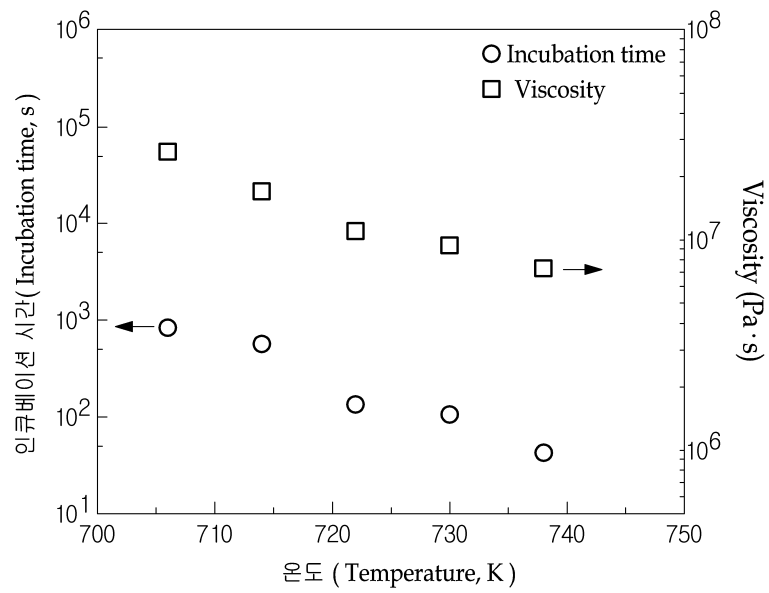
[0082] 이상으로 제시된 발명에 따른 타이타늄계 비정질 합금의 여러 실시 예에 대해 설명하였다. 발명의 기술적 사상이 전술한 실시 예들에 의해 한정되는 것은 아니며 당해 업계에서 통상의 지식을 가진 자가 쉽게 생각할 수 있는 범위 내의 변경을 포함하는 개념으로 넓게 이해되어야 할 것이다.

도면

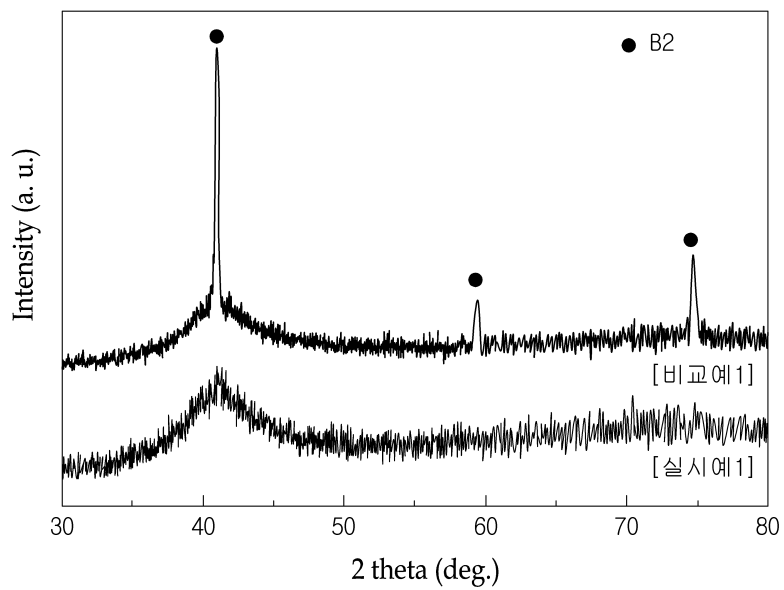
도면1



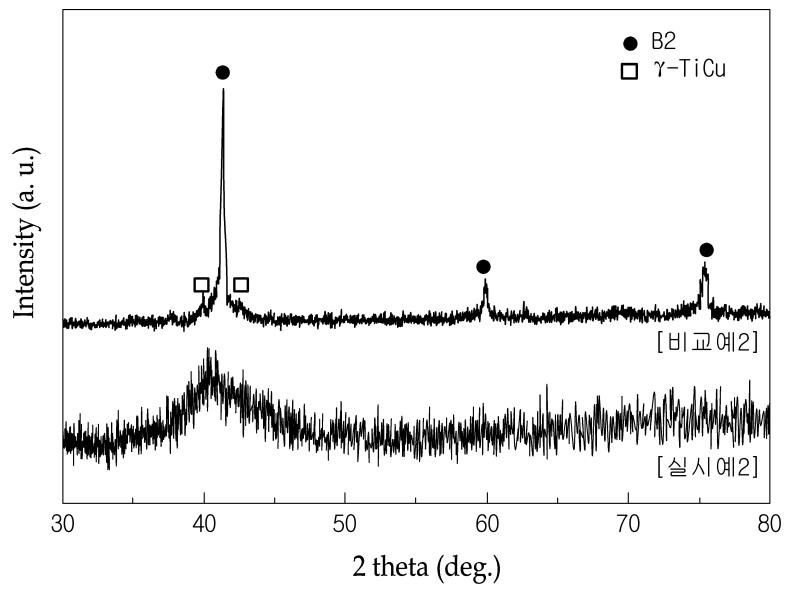
도면2



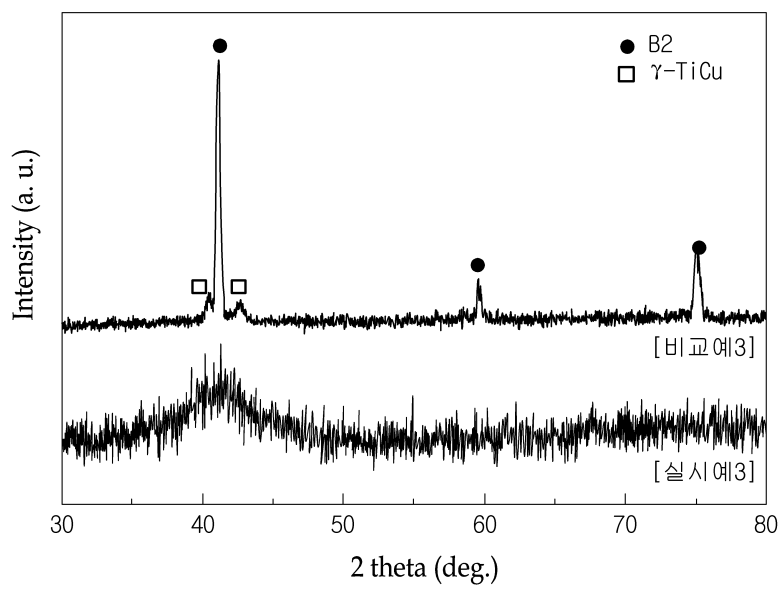
도면3



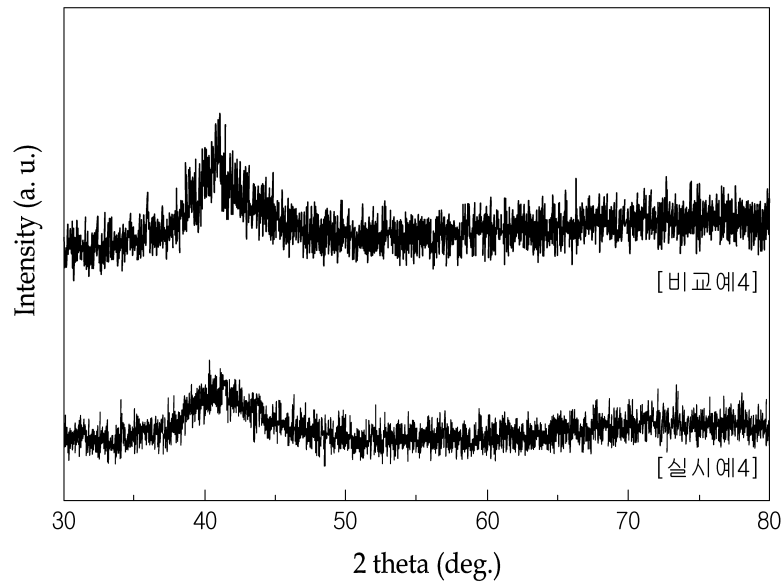
도면4



도면5



도면6



도면7

