



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0141103

(43) 공개일자 2015년12월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22C 14/00 (2006.01) C22C 45/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0069731

(22) 출원일자 2014년06월09일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

박진만

서울특별시 송파구 백제고분로18길 8-19 로얄하이츠 403호

김기범

서울특별시 강남구 언주로130길 30 동양파라곤아파트 102-1102

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인세립

전체 청구항 수 : 총 11 항

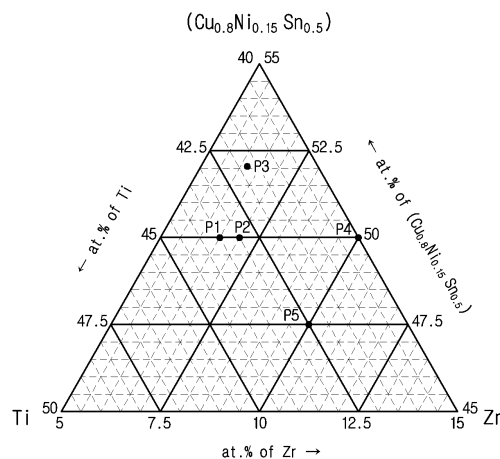
(54) 발명의 명칭 비정질 금속 기지 복합 재료

(57) 요약

형상기억 금속 입자를 포함하는 티타늄계 비정질 금속 기지 복합재료를 제공하고자 한다.

일 측면에 따른 비정질 금속 기지 복합 재료는, 비정질 금속 기지와, 비정질 금속 기지 내부에 포함되는 형상기억 금속입자를 포함하며, 형상기억 금속입자는, 상온 변형 시 응력유기 마르텐사이트 변태(stress-induced martensitic(SIM) transformation)에 의해 비정질 금속 기지 복합 재료에 가공경화 특성을 부여할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

홍성환

대전광역시 중구 천근로69번길 114 계룡아파트
1310호

박은수

전라북도 전주시 완산구 용리로 179 세창짜임아파
트 101동 1104호

홍석무

경기도 성남시 분당구 탄천로 95 아름마을삼호아파
트 401동 501호

명세서

청구범위

청구항 1

티타늄계 비정질 금속 기지와;

상기 비정질 금속 기지 내부에 포함되는 형상기억 금속입자;를 포함하는 비정질 금속 기지 복합 재료.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 형상기억 금속입자는,

상기 비정질 금속 기지 내부에 B2 결정상 형태로 포함되는 비정질 금속 기지 복합 재료.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 형상기억 금속입자는,

상온 변형 시 응력유기 마르텐사이트 변태(stress-induced martensitic(SIM) transformation)에 의해 가공경화 특성을 나타내는 비정질 금속 기지 복합 재료.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 형상기억 금속입자는,

티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 구리(Cu), 니켈(Ni) 및 주석(Sn)을 포함하는 군에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 비정질 금속 기지 복합재료.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 티타늄(Ti)은,

전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 40 내지 55 at% 범위 내로 포함되는 비정질 금속 기지 복합재료.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 지르코늄(Zr)은,

전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 0 내지 8 at% 범위 내로 포함되는 비정질 금속 기지 복합재료.

청구항 7

제 4항에 있어서,

상기 구리(Cu)는,

전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 35 내지 42 at% 범위 내로 포함되는 비정질 금속 기지 복합재료.

청구항 8

제 4항에 있어서,

상기 니켈(Ni)은,

전체 비정질 금속 기지 복합 재료의 함량 대비 6.5 내지 7.9 at% 범위 내로 포함되는 비정질 금속 기지 복합재료.

청구항 9

제 4항에 있어서,

상기 주석(Sn)은,

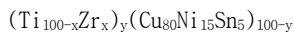
전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 2 내지 2.7 at% 범위 내로 포함되는 비정질 금속 기지 복합재료.

청구항 10

제 1항에 있어서,

하기의 [화학식 1]로 표시되는 비정질 금속 기지 복합재료:

[화학식 10]



여기서, x는 0 내지 16 범위 내의 원자 퍼센트이고, y는 43.75 내지 52.5 범위 내의 원자 퍼센트인 것으로 한다.

청구항 11

제 1항에 있어서,

상기 형상기억 금속입자는,

전체 비정질 금속 기지 복합재료 대비 5 내지 95 범위 내의 부피%로 포함되는 비정질 금속 기지 복합재료.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비정질 금속 기지 복합 재료에 관한 발명으로, 보다 상세하게 형상기억 금속 입자를 포함하는 티타늄계 비정질 금속 기지 복합 재료에 관한 발명이다.

배경 기술

[0002] 비정질 합금(amorphous alloy)은 결정질 합금(crystalline alloy)과 달리 비주기적 원자 배열 구조를 가지는 금속 소재로, 결정질 합금에 비해 고강도, 내부식성, 내마모성, 자성 등의 우수한 특성을 가지고 있다.

[0003] 비정질 합금은 상온 변형 시 국부적인 응력 집중에 의해 전단띠(shear band)가 형성될 수 있으며, 순간적인 전파로 인해 거시적인 소성 변형 없이 급작스러운 파괴가 발생할 수 있다.

[0004] 이에, 이를 해결하고 높은 소성을 부여하고자 벌크 비정질 합금 내에 전단띠의 불균일 핵생성(heterogeneous nucleation)을 촉진하여 전단띠를 재료 전반에 분산시키고자 하는 목적으로 벌크 비정질 합금 내에 결정상이 분산된 벌크 비정질 복합 재료에 대한 연구가 진행되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 개시된 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로 형상기억 금속 입자를 포함하는 티타늄계 비정질 금속 기지 복합재료를 제공하고자 한다.

[0006] 또한, 형상기억 금속 입자가 결정상으로 균일하게 분산된 티타늄계 비정질 금속 기지 복합재료를 제공하고자 한다.

- [0007] 또한, 티타늄(Ti), 구리(Cu), 니켈(Ni) 및 주석(Sn) 원소를 포함하는 금속 기지 복합재료를 제공하고자 한다.
- [0008] 또한, 티타늄(Ti), 구리(Cu), 니켈(Ni), 및 주석(Sn) 원소에, 지르코늄(Zr) 원소를 더 포함하는 금속 기지 복합재료를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상술한 목적을 달성하기 위한 일 측면에 따른 비정질 금속 기지 복합재료는 티타늄계 비정질 금속 기지와, 비정질 금속 기지 내부에 포함되는 형상기억 금속입자를 포함한다.
- [0010] 또한, 형상기억 금속입자는, 비정질 금속 기지 내부에 B2 결정상 형태로 포함될 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 형상기억 금속입자는, 상온 변형 시 응력유기 마르텐사이트 변태(stress-induced martensitic(SIM) transformation)에 의해 가공경화 특성을 가질 수 있다.
- [0012] 또한, 형상기억 금속입자는, 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 구리(Cu), 니켈(Ni) 및 주석(Sn)을 포함하는 군에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 티타늄(Ti)은, 전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 40 내지 55 at% 범위 내로 포함될 수 있다.
- [0014] 또한, 지르코늄(Zr)은, 전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 0 내지 8 at% 범위 내로 포함될 수 있다.
- [0015] 또한, 구리(Cu)는, 전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 35 내지 42 at% 범위 내로 포함될 수 있다.
- [0016] 또한, 니켈(Ni)은, 전체 비정질 금속 기지 복합 재료의 함량 대비 6.5 내지 7.9 at% 범위 내로 포함될 수 있다.
- [0017] 또한, 주석(Sn)은, 전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 2 내지 2.7 at% 범위 내로 포함될 수 있다.
- [0018] 또한, 하기의 [화학식 1]로 표시될 수 있다.
- [0019] [화학식 1]
- [0020] $(\text{Ti}_{100-x}\text{Zr}_x)_y(\text{Cu}_{80}\text{Ni}_{15}\text{Sn}_5)_{100-y}$
- [0021] 여기서, x는 0 내지 16 범위 내의 원자 퍼센트이고, y는 43.75 내지 52.5 범위 내의 원자 퍼센트인 것으로 한다.
- [0022] 또한, 형상기억 금속입자는, 전체 비정질 금속 기지 복합재료 대비 5 내지 95 범위 내의 부피%로 포함될 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 이상에서 설명한 바와 같이 구성되는 비정질 금속 기지 복합재료에 의하면 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.
- [0024] 먼저, 재료의 소성 변형시 비정질 금속 기지에 포함되는 형상기억 금속 입자는 비정질 기지와 이루는 계면에서 변형에 의해 많은 수의 전단파의 형성을 유도함으로써 재료 전반에 걸쳐 균일한 변형을 유도 할 수 있다.
- [0025] 또한, 소성 변형 시에 가해지는 응력에 의해 형상기억 금속 입자의 결정 구조를 바꾸어 가공 경화 특성을 가지도록 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 Ti-Zr-(Cu-Ni-Sn)의 삼원계 상태도(ternary phase diagram)이다.
- 도 2는 [실시에 1]에 따른 시료의 단면을 도시한 도면이다.
- 도 3은 [실시에 2]에 따른 시료의 단면을 도시한 도면이다.
- 도 4는 [실시에 3]에 따른 시료의 단면을 도시한 도면이다.
- 도 5는 [비교예 1]에 따른 시료의 단면을 도시한 도면이다.
- 도 6은 [비교예 2]에 따른 시료의 단면을 도시한 도면이다.
- 도 7은 [실시에 1]에 따른 X-선 회절 피크를 도시한 도면이다.

도 8은 [실시에 2]에 따른 X-선 회절 피크를 도시한 도면이다.
 도 9는 [실시에 3]에 따른 X-선 회절 피크를 도시한 도면이다.
 도 10은 [비교예 1]에 따른 X-선 회절 피크를 도시한 도면이다.
 도 11은 [비교예 2]에 따른 X-선 회절 피크를 도시한 도면이다.
 도 12는 [실시에 1]에 따른 압축시험 결과를 도시한 그래프이다.
 도 13는 [실시에 2]에 따른 압축시험 결과를 도시한 그래프이다.
 도 14는 [실시에 3]에 따른 압축시험 결과를 도시한 그래프이다.
 도 15는 [비교예 1]에 따른 압축시험 결과를 도시한 그래프이다.
 도 16는 [비교예 2]에 따른 압축시험 결과를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 명세서에 기재된 실시 예와 도면에 도시된 구성은 발명의 바람직한 예에 불과할 뿐이며, 본 출원의 출원시점에 있어서 본 명세서의 실시 예와 도면을 대체할 수 있는 다양한 변형 예들이 있을 수 있다. 이하, 첨부된 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 발명의 예시적 실시 예를 상세하게 설명한다.
- [0028] 일 실시 예에 따른 비정질 금속 기지 복합재료는 티타늄계 비정질 금속 기지와, 비정질 금속 기지 내부에 포함되는 형상기억 금속입자를 포함한다.
- [0029] 일 실시 예에 따른 비정질 금속 기지 복합재료는 비정질 금속 기지에 형상기억 금속입자를 혼합해 냉각속도 제어 및 조성 제어를 통해 비정질 기지 내에 형상기억 금속입자가 고르게 분산되도록 함으로써 제조될 수 있다.
- [0030] 비정질 금속 기지는 복합재료에 비정질 소재 고유의 특성인 높은 강도, 내부식성, 내마모성 등의 특성을 제공한다. 비정질 금속 기지로 티타늄계 비정질 금속 기지가 사용될 수 있다.
- [0031] 형상기억 금속입자 비정질 금속 기지 내에 결정상 형태로 분산되어 포함된다. 형상기억 금속입자는, 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 구리(Cu), 니켈(Ni) 및 주석(Sn)을 포함하는 군에서 선택된 적어도 하나의 형상기억 특성을 나타내는 입자를 포함할 수 있다.
- [0032] 보다 상세하게, 티타늄(Ti)은 전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 40 내지 55 at% 범위 내로 포함될 수 있고, 지르코늄(Zr)은 전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 0 내지 8 at% 범위 내로 포함될 수 있고, 구리(Cu)는 전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 35 내지 42 at% 범위 내로 포함될 수 있고, 니켈(Ni)은 전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 6.5 내지 7.9 at% 범위 내로 포함될 수 있고, 주석(Sn)은 전체 비정질 금속 기지 복합재료의 함량 대비 2 내지 2.7 at% 범위 내로 포함될 수 있다.
- [0033] 형상기억 금속입자는 전체 비정질 금속 기지 복합재료 대비 5 내지 95 부피%범위 내로 포함될 수도 있다.
- [0034] 형상기억 금속입자는, 상온 변형 시 응력유기 마르텐사이트 변태(stress-induced martensitic(SIM) transformation)에 의해 가공경화 특성을 나타낼 수 있다.
- [0035] 보다 상세하게, 결정상 형상기억 금속입자는 상온 소성 변형시 비정질 기지와 이루는 계면에서 변형에 의해 수많은 전단띠(shear band)의 형성을 유도하여, 재료 전반에 걸쳐 균일한 변형을 유도한다.
- [0036] 보다 상세하게, 전단띠는 재료에 응력이 가해질 경우 재료의 국부적인 변형이 집중되는 영역으로, 순수 비정질 재료의 경우 응력이 가해지면 응력이 가해지는 방향의 45° 방향으로 힘을 받아 이 부위에 전단띠가 형성된다. 반면, 비정질 재료에 결정상이 분산될 경우 재료 내에 균일하게 분포된 결정상과 비정질 재료의 계면에서 전단띠가 형성되어 재료 전반에 걸쳐 균일한 변형을 유도할 수 있다.
- [0037] 이에, 본 실시 예에서는 소성 변형 시에 가해지는 응력에 의해 형상기억 금속 입자의 결정 구조가 B2 구조에서 B19' 구조로 응력유기 마르텐사이트 변태가 발생하는데, 마르텐사이트 변태에 의해 석출된 B19' 상에 의해 복합재료의 소성 변형 시 가공경화 특성을 가지게 되고, 결과적으로 복합재료 전체의 인성을 크게 향상시킬 수 있다.
- [0038] 일 실시 예에 따른 비정질 금속 기지 복합재료는 하기의 [화학식 1]으로 표시될 수 있다.

- [0039] [화학식 1]
- [0040] $(\text{Ti}_{100-x}\text{Zr}_x)_y(\text{Cu}_{80}\text{Ni}_{15}\text{Sn}_5)_{100-y}$
- [0041] 여기서, x 는 0 내지 16 범위 내의 원자 퍼센트이고, y 는 43.75 내지 52.5 범위 내의 원자 퍼센트인 것으로 한다.
- [0042] 이하에서 첨부한 도면을 참조하여 발명의 바람직한 실시 예를 상세하게 설명한다. 그러나 실시 예에는 발명의 구성 및 효과를 입증하기 위한 예일 뿐 발명이 실시 예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0043] 비정질 금속 기지 복합재료의 물성 측정을 위해 [실시예 1] 내지 [실시예 3], [비교예 1] 및 [비교예 2]의 조성비를 가지는 시료를 제조하였다.
- [0044] [실시예 1]
- [0045] 지름 5mm 크기를 가지며, $\text{Ti}_{43.5}\text{Zr}_{6.5}(\text{Cu}_{0.8}\text{Ni}_{0.15}\text{Sn}_{0.05})_{50}$ 의 화학식과 같은 조성비를 가지는 시료를 제조하였다. $\text{Ti}_{43.5}\text{Zr}_{6.5}\text{Cu}_{40}\text{Ni}_{7.5}\text{Sn}_{2.5}$ 와 같은 화식식으로 표시될 수도 있다.
- [0046] [실시예 2]
- [0047] 지름 5mm 크기를 가지며, $\text{Ti}_{43}\text{Zr}_7(\text{Cu}_{0.8}\text{Ni}_{0.15}\text{Sn}_{0.05})_{50}$ 의 화학식과 같은 조성비를 가지는 시료를 제조하였다. $\text{Ti}_{43}\text{Zr}_7\text{Cu}_{40}\text{Ni}_{7.5}\text{Sn}_{2.5}$ 와 같은 화식식으로 표시될 수도 있다.
- [0048] [실시예 3]
- [0049] 지름 5mm 크기를 가지며 $\text{Ti}_{41.8}\text{Zr}_{6.2}(\text{Cu}_{0.8}\text{Ni}_{0.15}\text{Sn}_{0.05})_{52}$ 의 화학식과 같은 조성비를 가지는 시료를 제조하였다. $\text{Ti}_{40}\text{Zr}_{10}\text{Cu}_{40}\text{Ni}_{7.5}\text{Sn}_{2.5}$ 와 같은 화식식으로 표시될 수도 있다.
- [0050] [비교예 1]
- [0051] 지름 5mm 크기를 가지며 $\text{Ti}_{40}\text{Zr}_{10}(\text{Cu}_{0.8}\text{Ni}_{0.15}\text{Sn}_{0.05})_{47.5}$ 의 화학식과 같은 조성비를 가지는 시료를 제조하였다. $\text{Ti}_{40}\text{Zr}_{10}\text{Cu}_{40}\text{Ni}_{7.5}\text{Sn}_{2.5}$ 와 같은 화식식으로 표시될 수도 있다.
- [0052] [비교예 2]
- [0053] 지름 5mm 크기를 가지며 $\text{Ti}_{42.5}\text{Zr}_{10}(\text{Cu}_{0.8}\text{Ni}_{0.15}\text{Sn}_{0.05})_{50}$ 의 화학식과 같은 조성비를 가지는 시료를 제조하였다. $\text{Ti}_{42.5}\text{Zr}_{10}\text{Cu}_{38}\text{Ni}_{7.1}\text{Sn}_{2.4}$ 와 같은 화식식으로 표시될 수도 있다.
- [0054] [실시예 1] 내지 [실시예 3], [비교예 1] 및 [비교예 2]의 조성비를 정리하면 이하 [표 1]과 같이 나타낼 수 있다.

표 1

원소		티타늄 (Ti)	지르코늄 (Zr)	구리 (Cu)	니켈 (Ni)	주석 (Sn)
함량 (at %)	실시예 1	43.5	6.5	40	7.5	2.5
	실시예 2	43	7	40	7.5	2.5
	실시예 3	41.8	6.2	41.6	7.8	2.5
	비교예 1	40	10	40	7.5	2.5
	비교예 2	42.5	10	38	7.1	2.4

- [0056] [표 1]은 각 실시 예에 대해 전체 비정질금속 기지 복합재료 대비 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 구리(Cu), 니켈(Ni) 및 주석(Sn)의 at% 비율을 나타낸 것이다.
- [0057] 도 1은 [실시예 1] 내지 [실시예 3], [비교예 1], 및 [비교예 2]의 조성을 도시한 Ti-Zr-(Cu-Ni-Sn)의 삼원계 상태도(ternary phase diagram)이다.
- [0058] 도 1에서는, 비정질금속 기지 복합재료에 포함된 각 성분을 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), (구리(Cu)-니켈(Ni)-주석(Sn))의 세 그룹으로 나누어 각 재료의 조성비를 나타내었다. 도 1에 도시한 P1 내지 P5는 각각 실시예 1 내

지 실시예 3, 비교예 1, 및 비교예 2를 의미한다. 한편, 실시예 1 내지 실시예 3은 발명의 예시적 실시 예에 불과할 뿐이며 비정질금속 기지 복합재료는 도 1의 A1 영역의 조성을 모두 포함할 수 있다.

다음으로, [실시예 1] 내지 [실시예 3], [비교예 1], 및 [비교예 2]의 조성을 가지는 시료의 분석 결과를 설명한다.

[실험예 1] : 시료 단면의 구조 분석

시료의 표면 형태를 확인하기 위해 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 시료의 단면을 관찰하였으며, 그 결과를 [표 2] 및 도 2 내지 도 6에 각각 도시하였다.

표 2

	시료의 크기(mm)	시료 단면의 구조	결정상의 부피율(Vol%)
실시예 1	5	비정질 기지 + B2 코어(core) + B2 파티클(particle)	50
실시예 2	5	비정질 기지 + B2 파티클(particle)	30
실시예 3	5	비정질 기지 + B2 코어(core)	50
실시예 4	5	비정질 기지 + 나노 결정질 입자	-
실시예 5	5	비정질 기지	-

도 2 내지 4는 [실시예 1] 내지 [실시예 3]에 따른 시료의 단면을 도시한 도면이고, 도 5는 [비교예 1]에 따른 시료의 단면을 도시한 도면이고, 도 6은 [비교예 2]에 따른 시료의 단면을 도시한 도면이다.

도 2 내지 4를 참조하면, [실시예 1] 내지 [실시예 3]에 따른 금속 기지 복합 재료의 경우 비정질 기지 내에 형상기억 금속 입자가 B2 페이즈(B2 phase) 형태의 결정을 이루며 분산되어 있다.

도 2를 참조하면, [실시예 1]에 따른 시료는 비정질 기지 내에 B2 페이즈의 형상기억 금속입자가 분산된다. B2 페이즈의 형상기억 금속입자는 코어(core) 형태 또는 이보다 더 작은 파티클(particle) 형태로 분산될 수 있다. [표 2]를 참조하면 형상기억 금속입자 결정상은 50 vol% 이하로 포함될 수 있다.

도 3을 참조하면, [실시예 2]에 따른 시료는 비정질 기지 내에 B2 페이즈의 형상기억 금속입자가 분산된다. [실시예 2]에 따른 시료의 경우 [실시예 1]에 따른 시료의 경우와는 달리 B2 페이즈의 형상기억 금속입자가 주로 파티클(particle) 형태로 분산된다. [표 2]를 참조하면 형상기억 금속입자 결정상은 30 vol% 이하로 포함될 수 있다.

도 4를 참조하면, [실시예 3]에 따른 시료는 비정질 기지 내에 B2 페이즈의 형상기억 금속입자가 분산된다. [실시예 3]에 따른 시료의 경우 [실시예 1]에 따른 시료의 경우와는 달리 B2 페이즈의 형상기억 금속입자가 주로 코어(core) 형태로 분산된다. [표 2]를 참조하면 형상기억 금속입자 결정상은 50 vol% 이하로 포함될 수 있다.

도 5를 참조하면, [비교예 1]에 따른 시료는 비정질 기지 내에 나노 사이즈의 형상기억 금속입자가 분산된다. 즉, 시료를 구성하는 조성물의 조성비가 전술한 실시 예의 조성 비를 벗어날 경우 금속 입자는 B2 페이즈가 아닌 다른 결정질 형태로 분산될 수 있으며 이에 신뢰성있는 가공성을 확보하기 어렵다.

도 6을 참조하면, [비교예 2]에 따른 시료는 비정질 기지 내에 B2 페이즈의 형상기억입자가 존재하지 않는다. 즉, [비교예 2]에 따른 시료는 순수한 비정질 합금이다.

[실험예 2] : 시료의 결정 구조 분석

시료의 결정 구조를 확인하기 위해 X-선 회절장치(XRD)를 이용하여 결정 구조를 분석하였다. 본 실험 예에서는 Cu K α 선을 2 theta 각도로 조사하여 시료의 결정 구조를 도시하였고, 그 결과를 도 7 내지 11에 도시하였다.

X-선 회절법은 시료에 조사한 X-선이 결정의 종류나 구조에 의해 산란 X-선 강도나 회절 각도가 변화하는 것을 이용하여 결정 구조나 화합물의 구조를 결정하는 방법으로, 결정질을 포함하는 재료는 특정 피크를 가지는 그래

프가 도출되고, 비정질 재료는 특정 피크가 없이 완만한 형태를 가지는 그래프가 도출된다.

[0073] 도 7 내지 9는 [실시에 1] 내지 [실시에 3]에 따른 X-선 회절 피크를 도시한 도면이고, 도 10 및 11은 [비교예 1] 및 [비교예 2]에 따른 X-선 회절 피크를 도시한 도면이다.

[0074] 도 7 내지 9에 도시된 바와 같이, [실시에 1] 내지 [실시에 3]에 따른 시료의 경우 각각 3개의 피크가 검출됨을 확인하였다. 즉, [실시에 1] 내지 [실시에 3]에 따른 시료는 각각 결정질 구조를 가짐을 확인하였다.

[0075] 도 10에 도시된 바와 같이, [비교예 1]에 따른 시료는 6개의 피크가 검출되었으며, 다만 [실시에 1] 내지 [실시에 3]의 경우와 비교해 산란 X-선의 강도는 낮음을 확인하였다. 즉, [비교예 1]에 따른 시료는 결정질 구조를 포함하며 다만 [실시에 1] 내지 [실시에 3]에 따른 시료의 경우 보다 결정 정도가 더 낮음을 확인하였다.

[0076] 도 11에 도시된 바와 같이, [비교예 2]에 따른 시료는 특정 피크가 없이 완만한 형태를 가지는 그래프가 도출됨을 확인하였다. 즉, [비교예 2]에 따른 시료는 결정질 구조를 포함하지 않음을 확인할 수 있었다.

[0077] [실험예 3] : 시료의 압축 시험

[0078] 지름 5mm 크기로 제조된 시료를 $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 의 변형 속도(strain rate)로 압축하는 시험을 수행하여, 항복 강도(σ_y , yield strength), 파괴 강도($\sigma_{\max}$, breaking deformation), 탄성 변형(ϵ_y , elastic deformation) 및 소성 변형(ϵ_p , plastic deformation)을 측정하였으며, 그 결과를 [표 3] 및 도 12 내지 16에 도시하였다.

표 3

	항복강도(σ_y) (MPa)	파괴강도($\sigma_{\max}$) (MPa)	탄성변형(ϵ_y) (%)	소성변형(ϵ_p) (%)
실시에 1	1839	2209	1.49	4.74
실시에 2	1778	1829	1.43	0.33
실시에 3	2006	2150	1.62	1.46
비교예 1	-	1840	1.51	0
비교예 2	-	2108	1.71	0

[0080] [표 3]에서 항복 강도는 재료가 거시적인 소성 변형을 시작할 때의 응력을 의미하고, 파괴 강도는 재료가 파괴 되기까지 나타나는 공칭응력(公稱應力)의 최대 값을 의미하고, 탄성 변형은 탄성 한도 내의 변형을 의미하고, 소성 변형은 응력이 제거된 후에도 소실되지 않는 변형을 의미한다.

[0081] 도 12 내지 도 14는 [실시에 1] 내지 [실시에 3]의 압축 시험 결과를 도시한 그래프이고, 도 15는 [비교예 1]의 압축 시험 결과를 도시한 그래프이고, 도 16은 [비교예 2]의 압축 시험 결과를 도시한 그래프이다.

[0082] 도 12를 참조하면, [실시에 1]에 따른 시료는 약 1839 MPa의 항복 강도를 가지는 지점까지 탄성 변형을 하며 약 1839-2209 MPa 범위 내의 응력을 받으면 소성 변형을 하고, 약 2209 MPa보다 큰 응력을 받으면 파괴된다. 즉, [실시에 1]에 따른 시료는 4.74 %의 소성 변형 구간을 가짐을 확인할 수 있었다.

[0083] 도 13을 참조하면, [실시에 2]에 따른 시료는 약 1778 MPa의 항복 강도를 가지는 지점까지 탄성 변형을 하며 약 1778-1829 MPa 범위 내의 응력을 받으면 소성 변형을 하고, 약 1829 MPa보다 큰 응력을 받으면 파괴된다. 즉, [실시에 2]에 따른 시료는 0.33 %의 소성 변형 구간을 가짐을 확인할 수 있었다.

[0084] 도 14를 참조하면, [실시에 3]에 따른 시료는 약 2006 MPa의 항복 강도를 가지는 지점까지 탄성 변형을 하며 약 2006-2150 MPa 범위 내의 응력을 받으면 소성 변형을 하고, 약 2150 MPa보다 큰 응력을 받으면 파괴된다. 즉, [실시에 3]에 따른 시료는 1.46 %의 소성 변형 구간을 가짐을 확인할 수 있었다.

[0085] 도 15를 참조하면, [비교예 1]에 따른 시료는 약 1840 MPa의 파괴 강도를 가지는 지점까지 탄성 변형을 하며, 약 1840 MPa 이상의 응력을 받으면 파괴된다. 즉, [비교예 1]에 따른 시료는 소성 변형 구간을 가지지 않음을 확인할 수 있었다.

[0086] 도 16을 참조하면, [비교예 2]에 따른 시료는 약 2180 MPa의 파괴 강도를 가지는 지점까지 탄성 변형을 하며, 약 2180 MPa 이상의 응력을 받으면 파괴된다. 즉, [비교예 2]에 따른 시료는 소성 변형 구간을 가지지 않음을 확인할 수 있었다.

[0087] 요약하면, B2 페이지의 형상기억 금속입자 결정체를 포함하는 비정질 금속 기지 복합재료는 소성 변형을 하며,

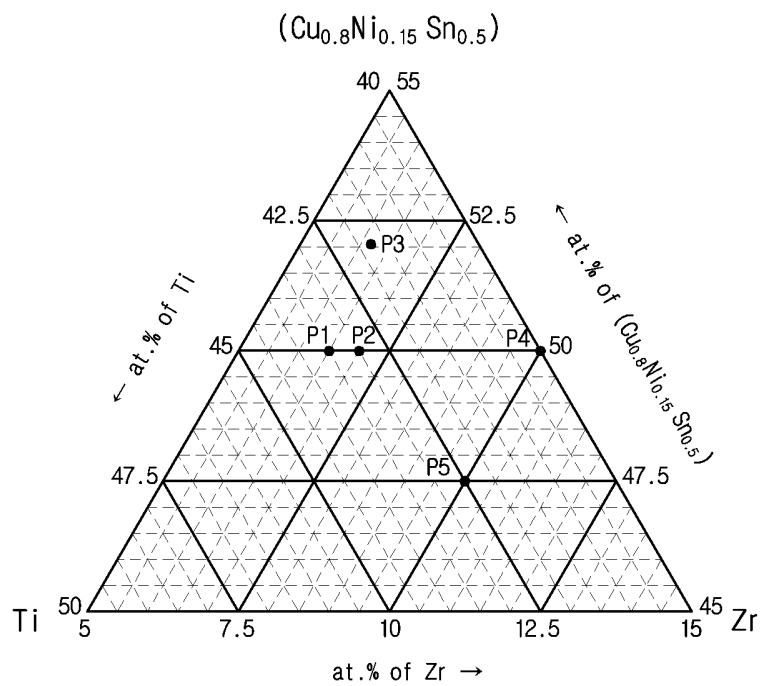
상은 소성 변형 시에 가해지는 응력에 의해 형상기억 금속 입자의 결정 구조가 변하며 가공 경화 특성을 가짐을 확인할 수 있었다.

[0088]

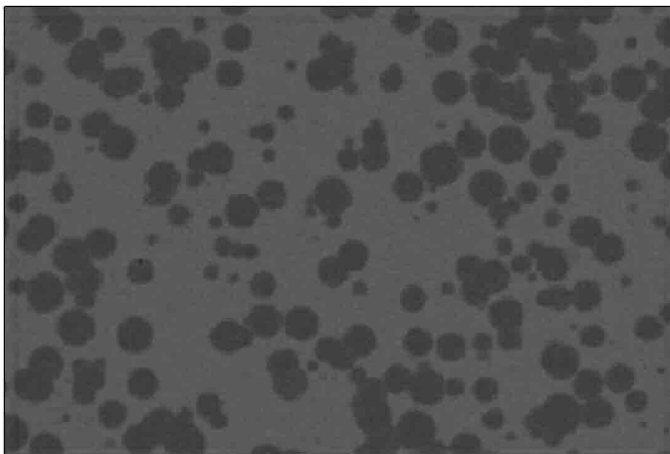
이상으로, 일 실시 예에 따른 비정질 금속 기지 복합재료에 대해 설명하였다. 전술한 실시 예는 발명의 예시적 조성에 불과하며 통상의 기술자가 쉽게 실시할 수 있는 범위 내의 변경을 포함하는 개념으로 넓게 이해되어야 할 것이다.

도면

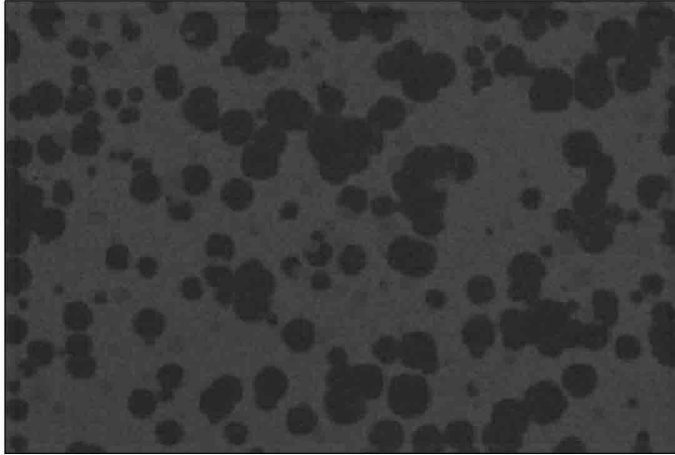
도면1



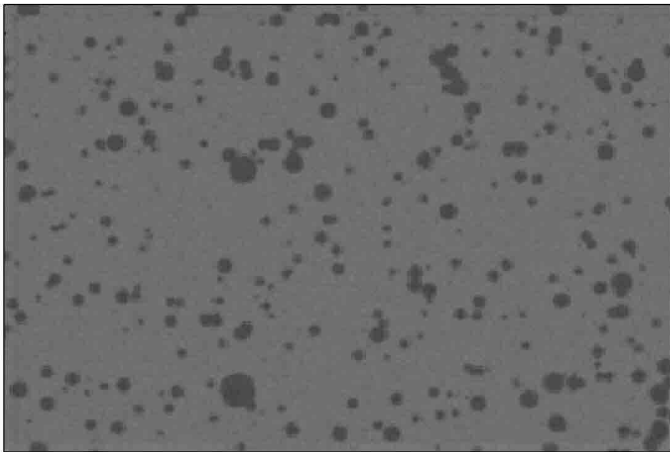
도면2



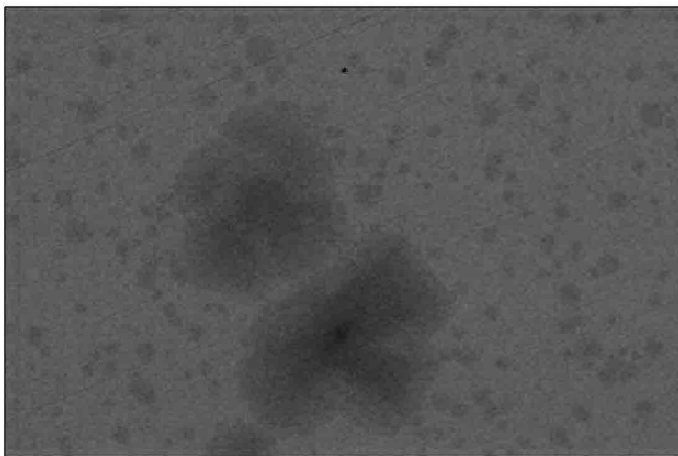
도면3



도면4



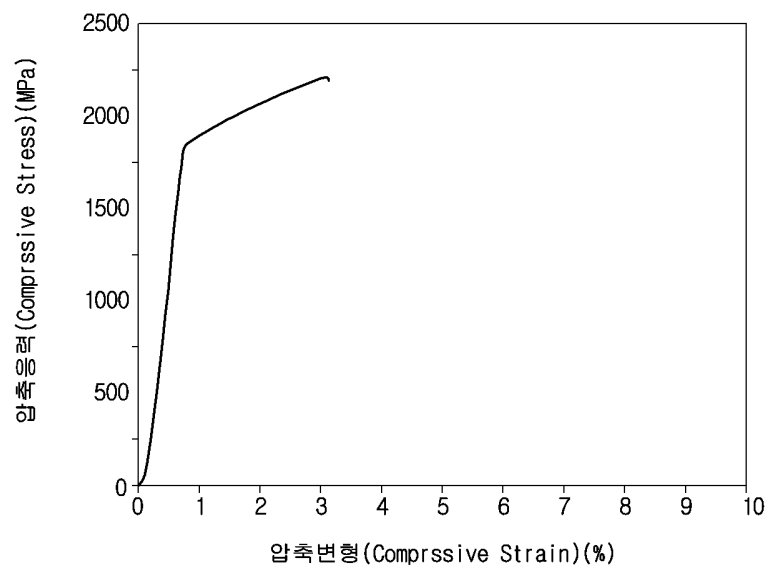
도면5



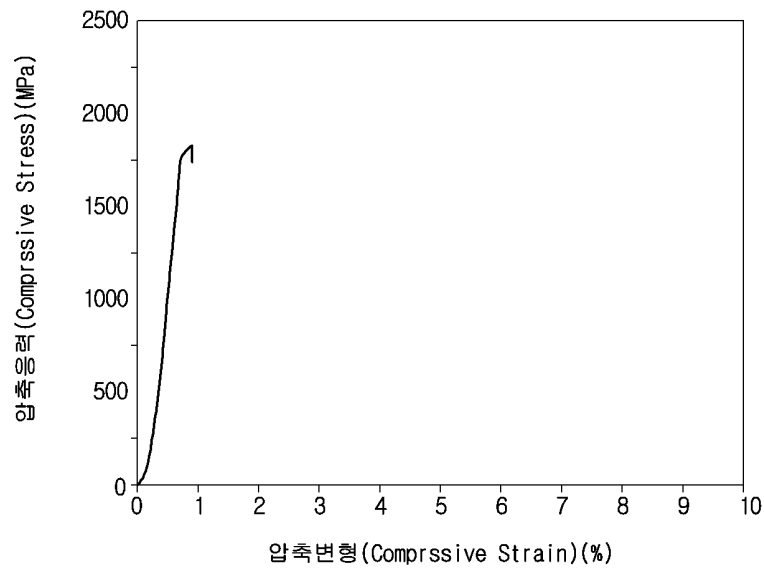
도면6



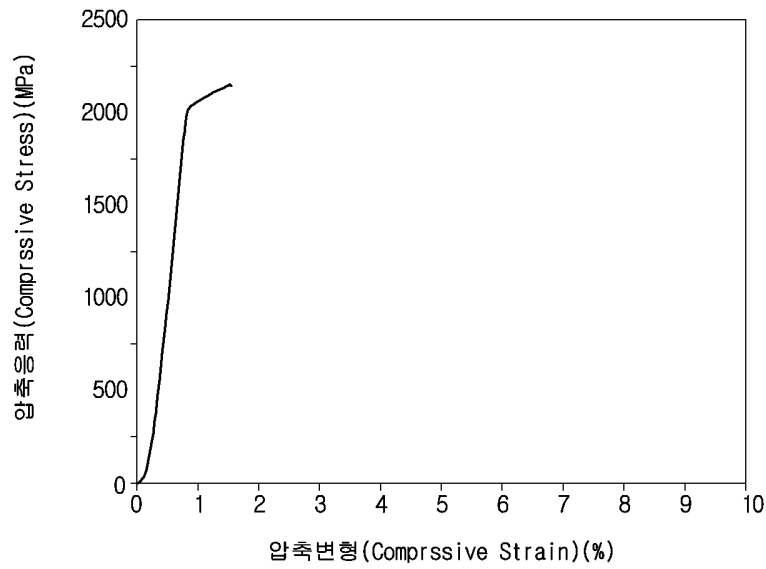
도면7



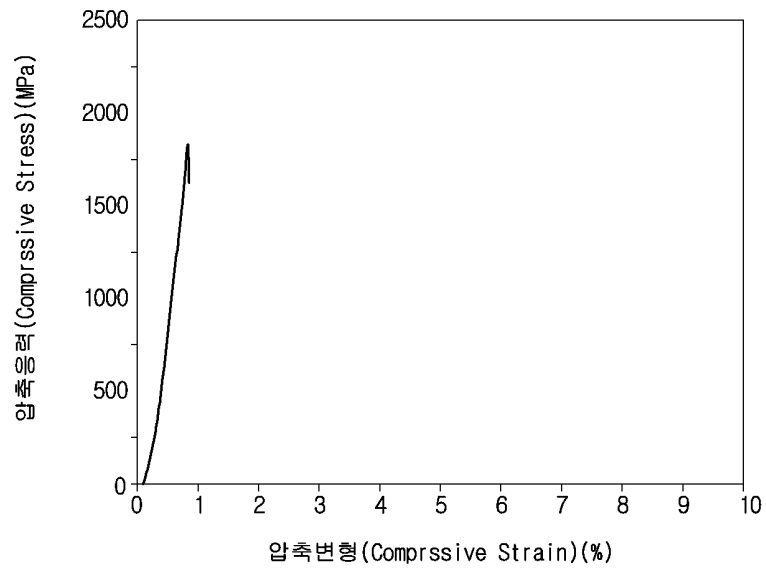
도면8



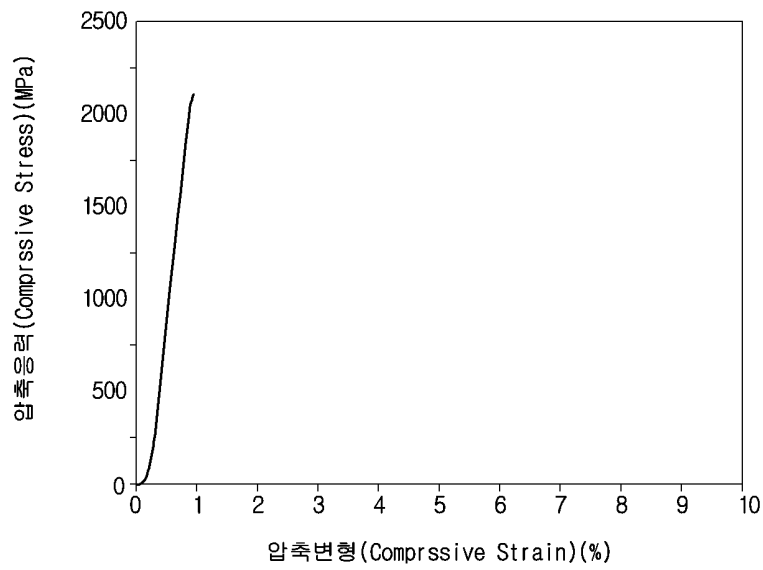
도면9



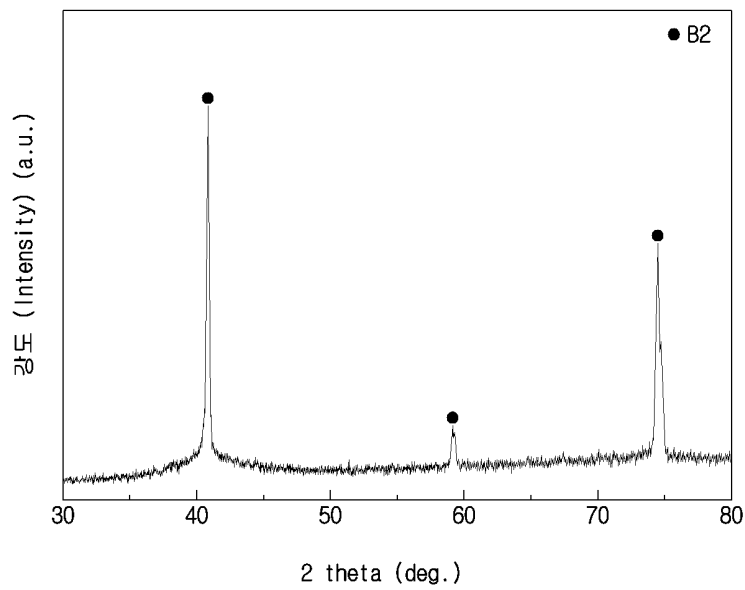
도면10



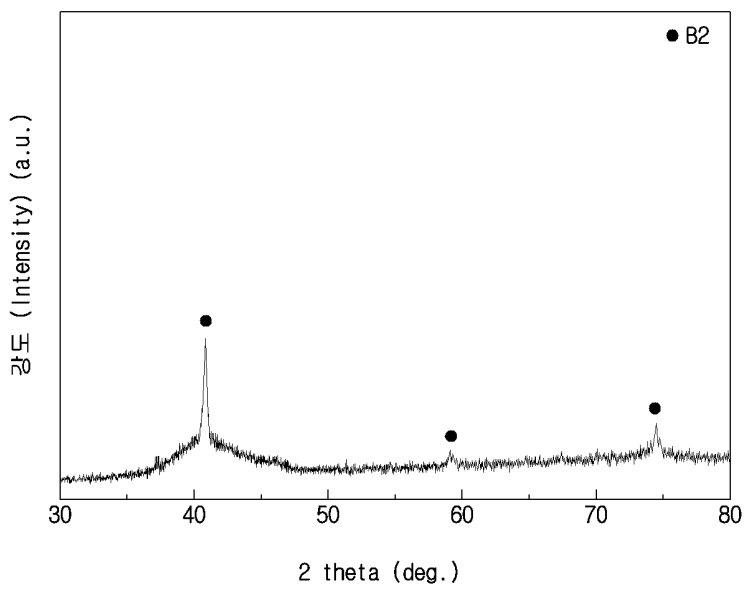
도면11



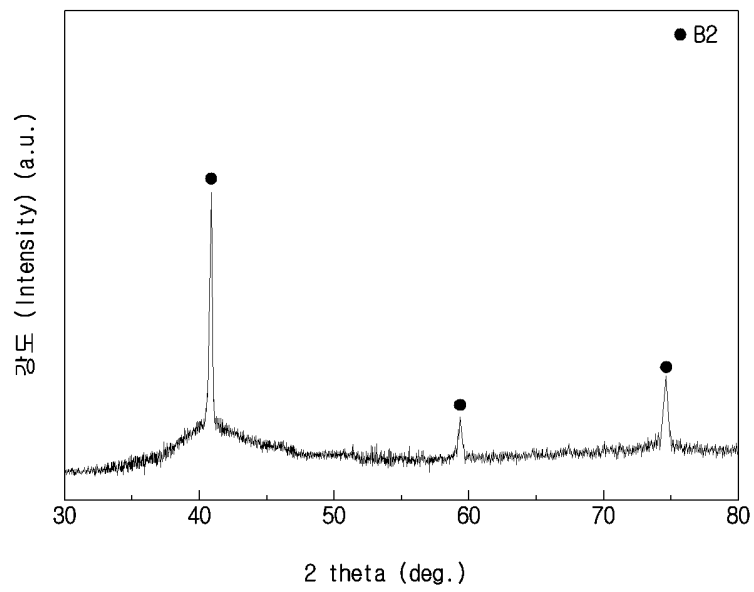
도면12



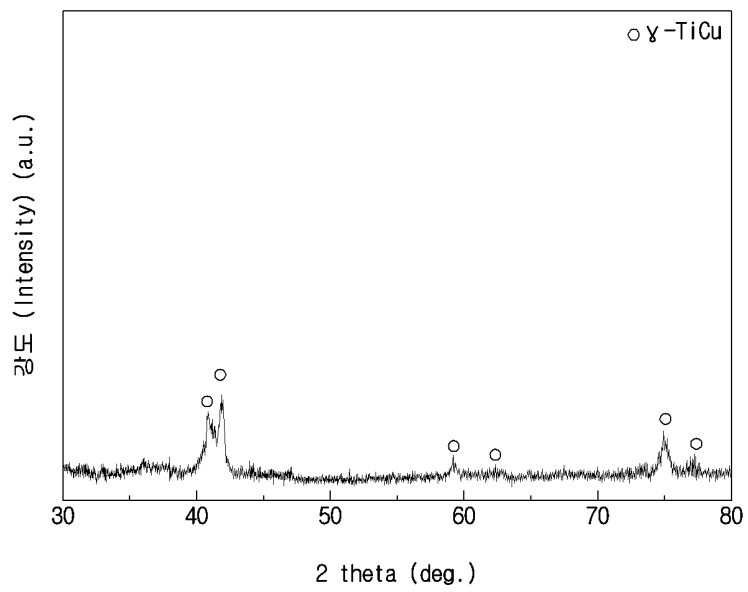
도면13



도면14



도면15



도면16

