



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월22일
(11) 등록번호 10-2697780
(24) 등록일자 2024년08월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 45/10 (2006.01) C22C 14/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 45/10 (2013.01)
C22C 14/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0017035
(22) 출원일자 2017년02월07일
심사청구일자 2022년01월28일
(65) 공개번호 10-2018-0092011
(43) 공개일자 2018년08월17일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020160135558 A*
Influence of hydrogen on electrical resistivity of Ti66Ni20Cu10Si4 amorphous alloy(International Journal of Hydrogen Energy 28, 2003) 1부.*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
(72) 발명자
구경진
서울특별시 금천구 가산디지털1로 51 LG전자 특허센터
사범동
서울특별시 금천구 가산디지털1로 51 LG전자 특허센터
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유한) 대아

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 이상훈

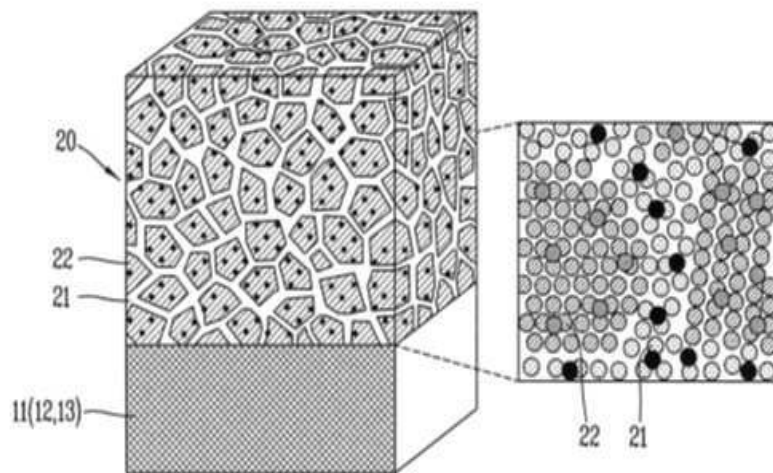
(54) 발명의 명칭 내마모 고풀활 타이타늄 비정질 합금

(57) 요약

본 발명은 마찰 저항이 작고 내마모성을 개선할 수 있는 비정질 합금과 상기 비정질 합금으로 이루어진 타겟, 그리고 상기 합금층을 윤활층으로 포함한 압축기에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, Ti와 Cu와 Ni을 포함하며, Ti-X 2원계, Cu-X 2원계, 및 Ni-X 2원계 모두에서 공정점을 형성할 수 있는 제 4 원소(X)를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금을 이용하여 비정질을 주상으로 하는 미세조직을 제어함으로써, 윤활층의 높은 경도와 낮은 탄성계수를 확보하게 되어 그 결과 윤활층이 기지로부터 박리되거나 파괴되는 것을 억제할 수 있어 압축기의 신뢰성 또는 내구성을 향상시킬 수 있는 효과를 가지게 된다

대표도 - 도1



(72) 발명자

김정욱

서울특별시 금천구 가산디지털1로 51 LG전자 특허
센터

박은수

경기도 수원시 팔달구 수성로 232번길 7 화서래미
안 클래식 104동 403호

류옥하

경북 경산시 압량면 화랑로63길 한라아파트
101-1405호

안혜상

경기도 고양시 덕양구 성신로 77, 1812동 1201호
(행신동, 햇빛마을18-1단지)

명세서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 1의 조성범위를 가지는 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 비정질 합금.

화학식 1 : $(\text{Ti}_a\text{Cu}_b\text{Ni}_c)_{1-x}\text{Si}_x$,

상기 a는 0.7~0.8이고,

상기 b 및 c는 0.1~0.2이고,

상기 x는 0.03~0.09이며,

상기 b+c는 0.3 이하이다.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항의 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 조성을 포함하는 스퍼터링 타겟.

청구항 10

제 9항에 있어서, 상기 타겟의 미세조직은 결정질인 것을 특징으로 하는 스퍼터링 타겟.

청구항 11

제 10항에 있어서, 상기 타겟의 결정립 평균 크기는 0.1~10 μ m 범위인 것을 특징으로 하는 스퍼터링 타겟.

청구항 12

제1항의 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 비정질 합금으로 된 윤활층을 포함하는 것을 특징으로 하는 압축기.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 윤활층은 강재, 알루미늄이 함유된 합금 및 마그네슘이 함유된 합금 중 적어도 하나를 포함하는 모재에 코팅되는 것을 특징으로 하는 압축기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마찰 저항이 작고 내마모성을 개선할 수 있는 비정질 합금과 상기 비정질 합금으로 이루어진 윤활층을 형성하기 위한 스퍼터링 타겟, 그리고 상기 윤활층을 포함한 압축기에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로 에어컨, 냉장고 등의 공조기기에는 압축기와 같은 기계적 장치가 일반적으로 포함된다. 이러한 압축기는 유체를 압축하여 유체에 기계적 에너지를 가하는 원리를 이용하므로, 유체를 압축하기 위해서는 왕복 운동 또는 회전 운동이 필수적이다.

[0004] 상기와 같은 압축기의 작동에는 압축기를 구성하는 기계적 요소들 간의 마찰이나 진동이 필연적으로 수반된다. 예를 들면, 로터리 압축기나 스크롤 압축기와 같이 회전을 기초로 작동하는 압축기에 있어서 회전축의 마찰은 피할 수 없다.

[0005] 일반적으로 압축기에서 마찰을 개선하기 위해서는 먼저 마찰저항을 줄이기 위해 베어링과 같은 별도의 기계적인 구성요소를 사용한다. 더 나아가 회전축과 상기 베어링의 마찰 저항까지도 줄이기 위해 윤활층을 형성한다.

[0006] 종래에는 액상의 윤활막이 윤활층으로 주로 이용되었다. 그러나 최근에 들어와서는 주로 고체 윤활막을 코팅 베어링으로써 사용하여 마찰 및/또는 마모 등을 감소시키려고 노력이 진행되고 있다.

[0007] 이러한 고체 윤활막을 적용시키는 방법으로, 상호 접촉하여 상대 운동하는 구성 요소의 일부 또는 전부 그리고 일 측 또는 양 측 마찰면에, 마찰 및 마모 특성이 우수한 고체 재료를 코팅하여 마찰면의 트라이볼로지(Tribology) 특성을 향상시키는 다양한 방법 및 공정들이 알려져 있다.

[0008] 또한 고체 윤활막의 성분으로는, PTFE, MoS₂, WS₂, 인상흑연 등의 고체 윤활제, 세라믹 충전제, 기재에 대한 밀착성의 증대를 위해 실란 커플링제 등의 수지 등의 혼합재료를 포함한 유기물 기반의 윤활피막 조성물, 또는 cBN, TiC, TiN 등의 탄화물 또는 질화물을 주성분으로 하는 세라믹 기반의 윤활피막 조성물, 또는 Sn-Bi 합금과 같은 저융점 금속 기반의 윤활피막 조성물, 또는 중간층으로서 루브라이트(Lubrite) 층 위에 형성되는 PTFE, MoS₂, WS₂, 인상흑연 등의 고체 윤활제를 포함하는 복합 윤활피막 조성물, 또는 DLC(Diamond like carbon)와 같은 탄소 기반의 윤활피막 조성물 등이 알려져 있다.

[0009] 한편, 최근 들어 가전 기기들의 소형화 추세에 따라 압축기도 점점 고속화 및 소형화가 급속하게 진행되고 있다. 압축기의 소형화 및 고속화는 결국 압축기가 작동되는 조건이 점점 더 가혹해짐을 의미한다. 특히 고속화 및 소형화 조건으로 설계된 압축기가 대형의 압축기와 동등 혹은 그 이상의 효율을 발휘하기 위해서는 가혹한 운전 조건에서도 열화되지 않아야 한다. 따라서 고체 윤활막을 이용한 마찰 및 마모 저감 방법은 그 중요성이 더해가고 있다.

[0010] 그러나 종래 고체 윤활막 성분들은 소형화 및 고속화된 압축기에 사용되기에 기술적 한계를 드러내고 있다. 예를 들면, 망간계 피막은 자기 소진에 의해 저마찰 특성이 유지되므로 가혹한 운전 조건에서는 내마모성에 대한

신뢰성 및 효율 개선 측면에서 한계가 있었다. 또한 DLC의 경우 루브라이트 코팅 대비 마모성 손실에 대한 향상이 보고되고 있으나, 압축기에 사용되는 오일의 첨가제와의 친화력이 부족하여 저속 운전의 특성 개선에는 한계가 있다.

[0011] 따라서 종래 고체 윤활막을 대체할 수 있는 새로운 성분의 고체 윤활막 및 이를 적용한 압축기에 대한 요구가 증대되고 있다.

[0012] 관련된 선행기술로는 대한민국 공개특허공보 제10-2014-0145219호가 있으며, 상기 선행문헌에는 비정질 형성능을 갖는 Zr기 비정질 합금 조성물이 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 에어컨, 냉장고와 같은 공조기기의 압축기에 사용되는 윤활층에 있어서, 윤활층의 마찰 특성과 내마모성을 향상시키기 위해 새로운 성분 및 미세조직을 가지는 윤활층을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0016] 구체적으로, 본 발명은 새로운 윤활층으로서 새로운 조성범위의 Ti-Cu-Ni-X 4원계(Quaternary) 합금을 제공하여, 압축기를 구성하는 구성요소 사이의 마찰 저항을 감소시킨 새로운 비정질 코팅을 가지는 윤활층을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0017] 보다 구체적으로, 마찰저항을 줄일 수 있는 고경도 상의 석출이 가능한 Ti rich 영역에서도 비정질을 형성할 수 있는 새로운 조성범위의 Ti-Cu-Ni-X 4원계 합금을 제공하여, 마찰저항과 내구성을 개선한 새로운 비정질 코팅을 가지는 윤활층을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0018] 또한, 본 발명은 상기 비정질 코팅층을 형성하기 위해, 비정질 형성능을 가지는 특정 조성범위의 Ti-Cu-Ni-X 4원계 합금으로 된, 열적 안정성이 비정질에 비해 현저하게 우수한 결정질 스퍼터링 타겟을 제공하는 것을 목적으로 한다

[0019] 이와 더불어, 본 발명은 상기 스퍼터링 타겟을 이용하여 윤활층을 형성함으로써 종래보다 개선된 마찰저항, 내마모성 및 길들임 특성의 윤활층을 가지는 압축기를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0021] 상술한 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 일 측면에 따르면, Ti와 Cu와 Ni을 포함하며, Ti-X 2원계(Binary), Cu-X 2원계, 및 Ni-X 2원계 모두에서 공정점(Eutectic point)을 형성할 수 있는 제 4 원소(X)를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금이 제공될 수 있다.

[0022] 바람직하게는, 상기 제 4 원소(X)의 원자 반경은 Ti와 Cu와 Ni 각각의 원자반경과 12% 이상 차이가 나는 Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금이다.

[0023] 바람직하게는, 상기 제 4 원소(X)는 Ti, Cu 및 Ni 과 각각 혼합시 커다란 음의 혼합열(Negative heat of mixing) 관계를 가지는 Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금이다.

[0024] 바람직하게는, 상기 제 4 원소(X)는 Si인 Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금이다.

[0025] 이 때, 상기 합금은 원자 %로, Ti: 65~80 %, Cu: 5~20 %, Ni: 5~25 %, Si: 9% 이하(0은 제외)의 조성범위를 가지는 Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금이다.

[0026] 특히, 상기 합금은 원자 %로, Ti: 65~80 %, Cu: 5~15 %, Ni: 10~20 %, Si: 9% 이하(0은 제외)의 조성범위를 가지는 Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금이다.

[0027] 특히, 상기 Ti은 Cu 및/또는 Ni과 금속간화합물(Intermetallic compound)을 형성하는 Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금이다.

[0028] 또한, 상기 Si은 Ti과 타이타늄 실리사이드(Titanium silicide)을 형성하는 Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금이다.

[0029] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 어느 하나의 Ti-Cu-Ni-X 4원계 조성을 포함하는 스퍼터링 타겟이 제공된다.

- [0030] 바람직하게는, 상기 타겟의 미세조직은 결정질인 스퍼터링 타겟이다.
- [0031] 바람직하게는, 상기 타겟의 결정립 평균 크기는 0.1~10 μ m 범위인 스퍼터링 타겟이다.
- [0032] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 어느 하나의 Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금으로 된 윤활층을 포함하는 압축기가 제공된다..
- [0033] 바람직하게는, 상기 윤활층은 강재, 주물, 알루미늄이 함유된 합금 및 마그네슘이 함유된 합금 중 적어도 하나를 포함하는 모재에 코팅되는 압축기이다.

발명의 효과

- [0035] 본 발명에 따르면, 상기 Ti-Cu-Ni-X 4원계 합금의 조성은 비정질 형성능을 가지므로 비정질을 포함하거나 더 나아가 비정질을 주상(Main phase)으로 하는 미세조직을 가질 수 있다. 그 결과 결정질 미세조직 대비 비정질 미세조직은 고유의 낮은 탄성계수뿐만 아니라 고경도 석출상을 통한 고경도화를 확보할 수 있다.
- [0036] 더 나아가, 본 발명의 Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금은, 종래의 기술인 Ti-Cu 2원계 비정질 합금이나 본 발명자들의 다른 발명의 결과인 Ti-Cu-Ni 3원계(Ternary) 비정질 합금 대비, Ti 조성이 더 rich한 영역에서 비정질 형성능을 가지므로 그 결과 고경도의 금속간화합물(Inter-metallic compound)이나 실리사이드(Silicide) 형성을 도모하여, 마찰저항과 내구성을 더욱 개선시킬 수 있는 윤활층을 형성할 수 있다.
- [0037] 또한 본 발명의 스퍼터링 타겟은 타겟의 열적/기계적 안정성이 크게 개선되어 스퍼터링 과정 중에 타겟의 파괴 현상을 현저히 억제시킬 수 있어 스퍼터링 공정의 안정화를 향상시킬 수 있다. 또한 매우 균일한 미세조직을 가지게 되므로 타겟을 구성하는 4원계 다성분에서 유래한 각 성분들의 스퍼터링 수율(Yield) 차이에 의해 발생할 수 있는 타겟 조성과 박막 조성간의 조성편차를 해소하여, 조성 균일성 확보에 유리한 효과가 있다.
- [0038] 또한 본 발명의 압축기는 상기 4원계 조성의 합금으로 코팅된 비정질 윤활층을 가지게 된다. 그 결과, 비정질 미세조직의 상대적으로 높은 경도로부터 압축기의 내마모성 및 마찰 특성에 유리한 효과를 얻을 수 있다. 이와 함께, 비정질 미세조직의 낮은 탄성계수는 모재인 금속의 탄성계수와 유사하므로, 윤활층이 기지로부터 박리되거나 파괴되는 것을 억제할 수 있어 압축기의 신뢰성 또는 내구성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0040] 도 1은 비정질 구조와 나노 결정질 구조로 이루어진 본 발명의 비정질 합금 또는 윤활층을 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 2는 비정질 금속을 금속 질화물 및 결정질 금속과 비교한 응력-변형률 곡선도이다.
- 도 3은 Ti와 Cu의 2원계 합금의 상평형도이다.
- 도 4는 3원계 합금의 평형상태도의 일례를 도시한 것이다.
- 도 5는 Ti와 Si의 2원계 합금의 상평형도이다.
- 도 6은 Cu와 Si의 2원계 합금의 상평형도이다.
- 도 7은 Ni과 Si의 2원계 합금의 상평형도이다.
- 도 8은 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 합금의 구성 원소들 사이의 반경 차이와 혼합열을 나타낸 것이다.
- 도 9는 비정질 형성능을 조사한 조성영역을 마킹한 Ti-Cu-Ni 3원계 깁스 삼각형 (Gibbs triangle)을 도시한 것이다.
- 도 10은 Ti 65%-Cu 15%-Ni 20% 조성범위의 합금의 비정질 형성능을 나타내는 XRD 패턴이다.
- 도 11은 Ti 70%-Cu x%-Ni y%(x+y=30) 조성범위의 3원계 합금들의 비정질 형성능을 나타내는 XRD 패턴들이다.
- 도 12는 도 9의 Ti 70 라인에 Si 3%를 첨가한 4원계 합금의 비정질 형성능을 나타내는 XRD 패턴들이다.
- 도 13은 Ti 75%-Cu x%-Ni y%(x+y=25) 조성범위의 3원계 합금들의 비정질 형성능을 나타내는 XRD 패턴들이다.
- 도 14는 도 9의 Ti 75 라인에 Si 5%를 첨가한 4원계 합금의 비정질 형성능을 나타내는 XRD 패턴들이다.
- 도 15는 도 9의 Ti 80 라인에 Si 7%를 첨가한 4원계 합금의 비정질 형성능을 나타내는 XRD 패턴들이다.

도 16은 비정질 형성능을 가지는 것으로 조사된 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 합금의 전체 조성범위를 도시한 것이다.

도 17은 본 발명의 윤활층이 적용되는, 회전축(11)과 베어링(12, 13)을 사용하는, 임의의 형태의 압축기(10)를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0041] 이하, 본원에 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 타이타늄 비정질 합금, 상기 비정질 합금으로 된 윤활층을 형성하기 위한 스퍼터링 타겟, 및 상기 윤활층을 포함한 압축기를 상세히 설명하기로 한다.
- [0042] 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위하여 제공되는 것이다. 또한 설명의 편의를 위하여 도면에서는 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다.
- [0043] 대부분의 고체재료는 미세 결정의 집합체로서, 3 차원 공간에서 각 원자는 장범위 병진 주기성(Long range translational periodicity)을 가지고, 정해진 결정 격자에 위치한다. 이와는 달리, 액체재료는 열 진동에 의해 병진 주기성이 결여된 무질서한 원자배열(Disordered structure)을 갖는다.
- [0044] 원자구조 측면에서 비정질(Amorphous) 금속은, 결정질 합금의 전형적인 원자 구조인 장거리 규칙적 배열 패턴들(Long-range order patterns)이 없고, 액체의 구조를 갖는 무질서한 상태로 존재하는 고체라는 점에서, 결정질 합금과 대비되는 개념이다.
- [0045] 본 발명에서 비정질이라 함은 전체적으로 상기의 일반적인 개념의 비정질 구조가 미세조직상 주를 이루고, X-선 회절 패턴이 널리 퍼진(Diffuse) 할로(Halo) 형태를 이루는 등의 본 발명이 속하는 해당 기술분야에서 통상적으로 알려진 비정질 상의 특성을 가지는 경우를 포함한다.
- [0046] 더 나아가, 본 발명에서 비정질이라 함은, 조성물의 구조가 100% 비정질인 경우뿐만 아니라, 비록 결정질이 일부 포함된다 하더라도 비정질이 주상(main phase)으로 존재하여 비정질의 특성을 잃지 않는 경우까지도 포함한다. 구체적으로, 비정질 구조 내에 일부가 결정질(또는 나노 결정질)로 존재하거나, 일부 질화물 및/또는 탄화물 석출물이 존재하거나, 일부 금속간 화합물(Inter-metallic compound)이 존재하거나, 또는 일부 실리사이드가 존재하는 경우도 포함한다. 여기서 상기 나노 결정질이란 결정립의 평균크기가 나노 사이즈(수백 nm 이하인 경우)인 금속합금을 의미한다.
- [0047] 본 발명에서 비정질 형성능(Glass Forming Ability, GFA)이란 특정조성의 합금이 얼마나 용이하게 비정질화 될 수 있는가를 나타낸 것이다. 일반적으로 금속 및/또는 합금의 비정질 형성능은 그 조성에 크게 좌우되며, 이 형성능은 연속 냉각 변태 곡선(Continuous cooling transformation diagram) 또는 시간-온도-변태 곡선(Time-Temperature-Transformation diagram)으로부터 비정질을 형성할 수 있는 임계 냉각속도(Critical cooling rate, 이하 Rc라 한다)를 계산하여 직접적으로 평가할 수 있다. 그러나 현실적으로는 각 합금의 조성에 따른 용탕(Melt)의 점성이나 용해 잠열 등의 물성치가 다르므로, 실험이나 계산에 의해 Rc를 구하는 것은 용이하지 않다.
- [0048] 가장 통상적이고 일반적인 방법인 주조를 통해 비정질 합금을 형성하기 위해서는 Rc 이상의 일정 수준 이상의 높은 냉각속도를 필요로 한다. 만일 응고속도가 상대적으로 느린 주조방법(예를 들면 금형주조법)을 이용할 경우 비정질 형성 조성범위는 줄어든다. 이와는 달리, 회전하는 구리 롤에 용융합금을 떨어뜨려 리본이나 선재로 합금을 응고시키는 멜트스피닝(Melt spinning)과 같은 급속응고법은 $10^4 \sim 10^6$ K/sec 이상의 극대화된 냉각속도를 이용하여 통상적으로 수십 μ m 두께의 비정질 리본을 얻을 수 있어서 비정질을 형성할 수 있는 조성범위가 확대되게 된다. 따라서 특정 조성이 어느 정도의 비정질 형성능을 가지고 있는지에 대한 평가는 일반적으로 주어진 냉각공정의 냉각속도에 따라 상대적인 값을 나타내는 특징을 가진다.
- [0049] 이와 같은 비정질 형성능의 상대적인 특성을 고려하여, 본 발명에 있어서 비정질 형성능을 가지는 합금의 의미는 멜트스피닝법을 사용하여 주조시 비정질 리본을 얻을 수 있는 합금을 의미한다.
- [0050] 본 발명의 비정질 합금은 압축기, 보다 구체적으로 회전축 또는 회전축과 베어링의 마찰 부위에 형성되는 윤활층으로 적용될 수 있다. 본 발명에서의 윤활층은 내구성, 저마찰 특성, 내열성, 길들임 특성을 개선시킬 수 있다.

[0052] **Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금**

- [0053] 도 1은 본 발명의 비정질 합금 또는 고체 윤활층을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0054] 도 1에서 도시한 본 발명에서의 윤활층은, 회전축과 베어링의 마찰 부위에 형성된 예를 도시한 것이다. 도 1에는 윤활층(20)과 상기 윤활층(20)이 형성되는 모재(11, 12, 13)를 도시하였다. 윤활층(20)이 코팅되는 모재(11, 12, 13)는 구조용 재료로 사용될 수 있는 모든 재료를 포함할 수 있다. 다만, 다른 재료보다는 금속이 더욱 바람직하며, 이는 금속 고유의 높은 열전도도에 의한 급속한 냉각이 가능하여 윤활층(20)의 비정질 형성을 촉진시킬 수 있기 때문이다.
- [0055] 본 발명에서의 윤활층(20)은 비정질(21)로만 이루어지거나, 또는 주상(Main phase)이 비정질이거나, 비정질(21)과 나노 크기의 결정질(22)이 혼합된 복합구조를 가질 수도 있다.
- [0056] 도 2는 비정질 금속(Metallic glass)을 금속 질화물(Metal nitride) 및 결정질 금속(Crystalline metal)과 비교한 응력-변형률 곡선이다. 여기서 응력은 재료에 외력을 가했을 때 재료 내에 생기는 저항력을 가리킨다. 변형률은 재료에 생긴 변형량과 재료의 원래 길이의 비율을 가리킨다. 응력-변형률 곡선에서의 기울기는 탄성 계수에 해당한다.
- [0057] 일반적으로 윤활층의 내구성(내마모성에 대한 신뢰성)은 경도(H)와 탄성 계수(E)의 비(H/E)로 평가할 수 있다. 경도와 탄성 계수의 비가 상대적으로 큰 값을 갖는다는 것은 윤활층의 내구성이 높아 박리 또는 파괴될 가능성이 낮다는 것을 의미한다.
- [0058] 만일 모재(11, 12, 13)와 윤활층(20) 간의 계면 탄성 특성(또는 기계적 특성)이 유사하지 않으면, 변형 중 잔류 응력의 영향으로 윤활층(20)이 모재(11, 12, 13)로부터 쉽게 박리되거나 윤활층(20)이 파괴될 수 있다. 탄성 특성이 일치하지 않는다는 것은 모재(11, 12, 13)와 윤활층(20) 간의 탄성 계수 차이가 크다는 것을 의미한다. 종래의 윤활 소재들은 일반적으로 고경도 세라믹 상이 주를 이루어 큰 탄성계수를 갖는다. 이에 따라 종래의 윤활 소재 들은 연질 결정상을 석출시키더라도 모재(11, 12, 13)와 큰 탄성계수 차이를 갖기 때문에 초기 윤활 성능은 우수하더라도 낮은 계면 안정성을 보인다. 그 결과 종래의 윤활 소재들은 모재로부터 쉽게 박리되거나 파괴되어 지속 가능성을 충분히 갖지 못하였다. 윤활층(20)의 박리 또는 파괴가 발생한다는 것은 윤활층(20)의 내구성(내마모성에 대한 신뢰성)이 낮다는 것을 의미한다.
- [0059] 금속 질화물은 매우 높은 경도를 갖는다. 그러나 금속 질화물은 도 2에 도시된 그래프의 기울기로부터 알 수 있듯이 높은 탄성 계수를 갖는다. 또한 금속 질화물은 0.5% 이하의 낮은 탄성 변형률을 갖는다. 결과적으로 금속 질화물은 상대적으로 높은 경도로 인해 고경도 윤활층을 형성할 수 있는 반면, 상대적으로 높은 탄성 계수로 인해 내구성 확보에 어려움이 있다.
- [0060] 한편, 결정질 금속은 도 2에 도시된 그래프의 기울기로부터 알 수 있듯이 매우 낮은 탄성 계수를 갖는다. 그러나 결정질 금속은 금속 질화물과 마찬가지로 0.5% 이하의 낮은 탄성 변형률을 갖는다. 결정질 금속의 탄성 변형률은 매우 작아서, 통상적으로 0.2% 이상의 변형률부터 소성 변형(Plastic deformation)이 일어난 것으로 간주된다(0.2% Offset yield strain). 더 나아가 결정질 금속의 경도는 금속 질화물에 비해 매우 낮은 경도를 갖는다. 그 결과 결정질 금속은 낮은 탄성 계수로 인해 윤활층의 내구성은 어느 정도 확보할 수 있는 반면, 상대적으로 낮은 경도로 인해 고경도 윤활층을 형성하기는 어렵다.
- [0061] 한편, 금속 질화물과 결정질 금속의 상기 결과에서 확인할 수 있는 바와 같이 일반적으로 경도가 높아지면 탄성 계수도 높아지는 경향을 갖는다. 반대로 탄성 계수가 낮아지면 경도도 같이 낮아지는 경향을 갖는다. 따라서 경도와 탄성 계수의 비를 동시에 향상시키는 것은 매우 어렵다. 이는 높은 경도와 낮은 탄성 계수를 통해 고경도 윤활층의 내구성을 확보한다는 것이 어렵다는 것을 의미한다.
- [0062] 그러나 본 발명은 비정질과 나노 결정질로 이루어진 복합구조의 미세조직을 통해 고경도 및 저탄성 계수를 구현할 수 있다. 비정질 금속의 경도는 금속 질화물에 비해서는 낮은 경도를 가지나, 결정질 금속에 비해서는 높은 경도를 갖는다. 도 2를 참조하면 비정질 금속의 탄성 계수는 결정질 금속이나 금속 질화물의 탄성 계수에 비해 매우 낮다. 또한 비정질 금속의 탄성 변형한계는 1.5% 이상이므로, 비정질 금속은 넓은 탄성 한계를 나타내어 윤활층과 마찰재 간의 완충 역할을 수행한다.
- [0063] 따라서 앞서 설명했던 금속 재료에서의 일반적인 경향과 달리 비정질 금속은 고경도, 저 탄성 계수 및 큰 탄성 변형률을 갖는다. 이에 따라 비정질 금속의 경도와 탄성 계수의 비(H/E)는 결정질 금속이나 금속 질화물이 비해 큰 값을 갖는다.

- [0064] 결과적으로 비정질 금속을 활용한 윤활층은 비정질의 고경도에서 기인한 내마모성뿐만 아니라 신뢰성(내구성)도 함께 갖는다는 장점이 있다. 보다 구체적으로, 도 1에서 도시된 본 발명에서의 윤활층(20)은 비정질(21) 형성능을 갖는 소재 및 조성으로 이루어지기 때문에 비정질(21)과 나노 결정질(22)로 이루어진 복합구조를 형성할 수 있다. 앞에서 설명한 바와 같이, 윤활층(20)의 박리 또는 파괴는 모재(11, 12, 13)와 윤활층(20) 간의 계면 탄성 특성(또는 기계적 특성) 불일치로 인해 발생한다. 그런데 본 발명에서의 비정질(21)을 포함하는 윤활층(20)은 결정질 합금에 비해 고경도 및 저탄성계수 값을 가지므로, 질화물 및/또는 탄화물 석출상 및/또는 금속간 화합물 및/또는 실리사이드 석출을 통해 고경도막을 형성하여도 윤활층(20)의 박리 또는 파괴를 최소화할 수 있다. 이에 따라 본 발명의 윤활층 (20)은 종래의 윤활 소재들에 비해 내구성(내마모성에 대한 신뢰성)이 높다.
- [0066] 본 발명에서의 비정질 합금은 Ti-X 2원계, Cu-X 2원계, 및 Ni-X 2원계 모두에서 공정점을 형성할 수 있는 제 4 원소(X)를 추가로 포함하는 Ti-Cu-Ni-X 4원계 합금이다. 본 발명에서는 특히 Ti-Cu 2원계 합금이나 Ti-Cu-Ni 3원계 합금보다 Ti 함량이 더 높은(소위 말하는 Ti rich) 조성 영역에서 비정질 형성능을 가지는 4원계 합금을 발명하고자 한다.
- [0068] Ti rich 조성을 가지는 Ti-Cu-Ni-X 4원계 합금을 채택한 이유는 Ti의 함량이 높아짐에 따라 합금 전체의 경도가 높아지기 때문이다. 특히 Ti의 함량이 높을수록, Ti이 다른 합금원소와 초고경도 특성 구현에 유리한 금속간 화합물(Inter-metallic compound)이나 실리사이드를 형성하기 쉬워지기 때문이다. 다만 아무리 고경도를 갖는다 하더라도 모재와의 계면 탄성 특성의 불일치가 발생하면, 윤활층의 파괴 내지는 박리가 발생할 수 있다. 따라서 본 발명에서는 모재와 윤활층의 탄성 특성의 유사함을 위해 비정질 미세조직을 형성할 수 있는, 다시 말하면 우수한 비정질 형성능을 가질 수 있는 조성으로 Ti-Cu-Ni-X 4원계 합금을 설계하였다
- [0069] 일반적인 금속들과 유사하게 Ti 합금도 일반적인 조성 및 제조방법에서는 주로 결정질 합금이 만들어지므로, 비정질 형성능을 갖는 조성은 좁은 범위를 갖는 것이 일반적이다. 그런데 지나치게 좁은 조성 범위는 비정질 형성능을 충분히 갖지 못할 수도 있을 뿐만 아니라 조성에 따라 달라지는 여러 가지 특성의 개선에도 한계를 가질 수 밖에 없다.
- [0070] 따라서 본 발명에서는 넓은 조성범위에서 비정질 형성능을 갖는 합금을 개발하고자 기존의 3원계(Ternary) Ti-Cu-Ni 합금을 기반으로, 녹는점을 낮출 수 있고 더 나아가 Ti과 고경도 상을 형성할 수 있는 Ti-Cu-Ni-X 4원계 합금을 설계하였다
- [0071] 일반적으로 2원계 합금, 예를 들면 Ti-Cu 합금의 상태도는 2차원 평면으로 표시될 수 있다(도 3). 상기 2원계 상태도는 어떠한 조건(예를 들면 조성 또는 온도)에서 열역학적으로 가장 안정한 평형 상(들) 및 각 상들의 분율 등을 정량적으로 보여준다.
- [0072] 그런데 3원계 합금, 예를 들면 A-B-C 합금의 상태도는 3차원 삼각기둥이 된다(도 4). 이 때, 삼각기둥의 x-y 평면에서의 삼각형(통상적으로 깁스 삼각형 (Gibbs triangle) 이라 한다)은 3 성분의 조성범위를 나타내고, z 방향은 온도를 나타낸다. 따라서 2원계 합금과 달리 3원계 합금은, 제 3 원소의 첨가로 인해 평형 상태도가 2차원 평면이 아닌 3차원 입체가 되어, 금속학적인 정보를 측정하고 평가하는 것이 지극히 어려워진다.
- [0073] 이에 더하여 본 발명에서 발명하고자 하는 Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금의 특정 조건(예를 들면 조성 또는 온도)에서의 평형상과 미세조직을 알기 위해서는, 기본적으로 4개의 3원계 상태도가 필요하고(Ti-Cu-Ni, Ti-Cu-X, Ti-Ni-X 및 Cu-Ni-X 3원계 상태도) 또한 상기 Ti-Cu-Ni 3원계 성분에 X 성분이 첨가될 때 각 성분들간의 상호작용 인자가 결정되어야 한다.
- [0074] 그러나 상기와 같은 정보는 현실적으로 실험이나 평가가 매우 어렵다. 따라서 본 발명에서는 본 발명자들이 연구하고 있는 3원계(Ternary) Ti-Cu-Ni 비정질 합금의 구성성분인 Ti, Cu 및 Ni 각각과 Ti-X, Cu-X, 및 Ni-X의 2원계 합금들을 형성할 때, 상기 2원계 합금들의 용점을 낮출 수 있는 제 4원소(X)를 먼저 조사하였다.
- [0075] 일반적으로 용점이 낮은 금속은 비정질 형성능에 있어 다음과 같은 유리한 점이 있다.
- [0076] 먼저, 일반적으로 물질의 이동 현상은, 액상에서의 대류나 고상에서의 확산 모두 열적 활성화 과정(Thermal activation process)으로 분류된다. 따라서 용점이 낮을수록 액상이 저온에서 존재할 수 있으므로, 액상이 고상으로 상변태(Phase transformation)할 때 물질의 이동이 느려져서 평형상인 결정질이 형성될 가능성은 더욱 낮아지게 된다.
- [0077] 다음으로, 액상에서 고상으로의 상변태는 고상의 핵생성(Nucleation) 과정에서 생겨나는 고상-액상 계면에너지라는 에너지 장벽으로 인해 항상 과냉(Under-cooling)이 필요하다. 이는 액상이 열역학적인 평형온도보다 실질

적으로는 더 낮은 온도에서도 존재한다는 것을 의미한다.

- [0078] 따라서 본 발명에서는 용점을 가장 낮출 수 있는 성분을 찾고자 상기의 Ti, Cu, 및 Ni의 성분들과 공정점(Eutectic point)을 형성할 수 있는 제4원소(X)를 먼저 조사하였다. 공정(Eutectic)이라는 용어에서도 알 수 있듯이, 공정점은 어떤 합금계에서 가장 낮은 온도까지 액상이 유지될 수 있는 온도를 의미하기 때문이다. 결국 공정점 근처의 조성은, 열역학 측면에서 액상이 가장 낮은 온도에서 존재할 수 있는 조성에 해당하고, 이에 더하여 반응속도론(Kinetics) 측면에서도 핵생성에 있어 다상이 동시에 석출하기 위해 더 큰 과냉이 발생하므로, 결과적으로 Ti-Cu-Ni-X 4원계 합금에서 비정질 형성능을 확보할 수 있는 가장 유리한 조성이 된다.
- [0079] 도 5 내지 7은 각각 Ti-Si, Cu-Si 및 Ni-Si의 2원계 평형 상태도이다. 상기 상태도들에 도시된 바와 같이, Si은 Ti, Cu 및 Ni과 모두 공정점을 형성함을 알 수 있다. 예를 들어, Ti에 Si이 첨가되면, 공정점 조성인 약 13 at.%(이하 %라 한다) Si까지는 Si의 첨가량이 증가할수록 Ti-Si 합금의 용점은 낮아짐을 알 수 있다. 따라서 본 발명에서는 용점 하강 측면에서 Si을 Ti-Cu-Ni 3원계 합금의 용점을 크게 낮출 수 있는 합금 원소들 중 하나로 선정하였다.
- [0080] 일반적으로 금속이 비정질 형성능을 가지기 위해서는, 몇 가지의 경험법칙들을 만족해야 하는 것으로 알려져 있다. 본 발명에서는, 이 경험법칙들 가운데에 주요 구성원자들 사이에 12% 이상의 커다란 원자반경 차이가 있어야 하고, 구성원자들 사이에 커다란 음의 혼합열(Heat of mixing)을 가져야 한다는 것을, Si이 만족시키는지에 대해 조사하였다.
- [0081] 도 8은 본 발명에서 발명하고자 하는 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 합금의 구성원소들 사이의 반경 차이와 혼합열을 조사한 것이다. 도 8에 도시된 바와 같이, Si의 원자반경은 Ti, Cu 및 Ni의 원자반경과 최소 12% 이상의 차이를 보임을 알 수 있다. 또한 본 발명자들이 다른 발명에서 발명한 Ti-Cu-Ni 3원계 비정질 합금에서의 각 성분들끼리의 혼합열보다, Si과 Ti, Cu 및 Ni와의 혼합열이, 절대값이 더 큰 음의 혼합열을 가짐을 확인하였다.
- [0082] 상기와 같은 Si의 특성들로 인해, 본 발명자들은 Ti-Cu-Ni 3원계 비정질 합금의 Ti rich 조성영역에서의 비정질 형성능을 확보하고자 Si을 제4 원소로 선정하였다.
- [0083] 그런데 비정질 형성능을 확보할 수 있는 최선의 Si 함량은, 통상의 기술자에게 있어, 결코 쉽게 예측 가능하거나 용이하게 도출할 수 있는 구성에 해당하지 않는다. 왜냐하면 도 5 내지 7에도 도시된 바와 같이, Ti, Cu 및 Ni에 Si이 첨가되었을 때의 Si 첨가량에 대한 용점 하강의 정도는 각 원소에 따라 달라지고, 실리사이드를 형성하는 조성 역시 Ti, Cu 및 Ni 마다 서로 다르기 때문이다.
- [0084] 또한 공정점 조성 전까지 Si 첨가량을 늘리는 것이 합금의 용점 하강 측면에서는 유리하지만, Si 함량이 증가할수록 실리사이드(Silicide)의 분율이 증가한다는 다른 부작용이 나타나게 된다. 예를 들면, 도 5에서 도시된 바와 같이, Ti 기지 내에 약 5% 이상의 Si의 첨가는 실리사이드의 형성을 유발한다. 그런데, 실리사이드들 중 일부는 용점이 순수한 Ti 및 Si의 용점보다 더 높아서 합금의 비정질 형성능을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 지나친 실리사이드의 석출은 기계적 특성 측면에서도 바람직하지 못한 결과를 초래할 수 있다.
- [0085] 따라서 용점 하강과 실리사이드의 과도한 석출 억제를 동시에 얻을 수 있는 Si 함량의 도출이 매우 중요하다. 본 발명에서는 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 비정질 합금을 발명하기 위하여, 다음과 같은 비정질 합금의 제조 및 비정질 형성능의 평가방법을 사용하였다.
- [0087] 먼저 원하는 성분의 Ti기지 비정질 합금조성물은 비정질 합금주조재, 비정질 합금분말, 포일(Foil) 형태의 비정질 합금리본 등으로 구현하였다. 이를 구현하는 방법들은 본 발명이 속하는 해당 기술분야에서는 널리 알려져 있으며, 예를 들면 급속응고법, 급형캐스팅법, 고압 캐스팅법, 아토마이징법 및 멜트스피닝법 등이 있다.
- [0088] 본 발명에서는 먼저 원하는 조성을 가지는 합금버튼(alloy button)을 진공아크멜팅(Vacuum arc remelting) 방법을 이용하여 제조하였다. 그 후 상기 버튼 형상의 합금은 다시 재용해되어 합금용탕을 제조한 후, 고속 회전하는 구리 롤 표면에 상기 합금 용탕을 노즐을 통해 투입하여 급속응고시킴으로써 리본 형상으로 제조되었다.
- [0089] 상기와 같은 멜트스피닝법으로 제조된 리본 형상의 비정질 여부는 본 발명이 속하는 해당 기술분야에서 널리 알려진 X선 회절(X-ray Diffraction, 이하 XRD라 한다)법을 이용하여 판별하였다.
- [0091] 도 9는 본 발명에서 비정질 형성능을 조사한 조성영역을 표시한 Ti-Cu-Ni 3원계의 깃스 삼각형을 도시한 것이다. 도 9에서 도시한 바와 같이, 상기 3원계 합금은 상기 조성범위에서 2개의 3원계 공정점(도 9에서 별로 표시됨)을 가진다; 하나는 E4라 명명된 Ti 73.2%-Ni 17.7%-Cu 9.1% 공정점이고, 다른 하나는 E5라 명명된 Ti 65.1%-Ni 21.8%-Cu 12.9% 공정점이다. 본 발명에서는 상기 E5 조성보다 Ti함량이 적은 조성 영역(Ti lean)부터

E4보다 Ti 함량이 많은 조성 영역(Ti rich)까지 넓은 범위에서의 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 합금의 비정질 형성능을 조사하였다.

[0092] 도 10은 E5 조성 근처에서의 Ti 65%-Cu 15%-Ni 20% 3원계 합금의 XRD 결과를 도시한 것이다. 도 10은 비정질 상들의 전형적인 XRD 패턴인 널리 퍼진(Diffuse) 할로(Halo) 형태를 보여주며, 이는 상기 조성의 3원계 합금은 미세조직의 거의 전부가 비정질임을 나타낸다.

[0093] 도 11 및 12는 각각 Ti이 70% 포함된 Ti-Cu-Ni 3원계 합금 및 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 합금의 비정질 형성능을 조사한 XRD 결과이다.

[0094] 먼저 Ti-Cu-Ni 3원계 합금에서의 Cu+Ni이 30%이면서 Cu의 함량이 20~10%이고 Ni의 함량이 10~20%인 조성 영역에서는, 주상(Main phase)이 비정질인 것을 XRD 결과로부터 알 수 있다(도 11). 더 나아가, 상기 조성 영역에서 Ni 함량이 10%에서 20%로 증가하면 XRD 결과에서 Ti₂Ni상의 약한 회절피크가 관찰된다. 이는 Ti-Cu 10%-Ni 20% 3원계 합금은 비정질 기지 내에 Ti₂Ni상이 공존하는 복합 미세조직을 가짐을 의미한다.

[0095] 한편, 상기 Ti-Cu-Ni 3원계 합금에 Si을 3% 첨가한 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 합금도 Cu+Ni이 30%이면서 Cu의 함량이 20~10%이고 Ni의 함량이 10~20%인 조성 영역에서 비정질 형성능을 가짐을 확인하였다(도 12). 다만, Ti-10% Cu-20% Ni 3원계 합금에서는 미세조직의 일부가 결정질 상인 Ti₂Ni상을 가지는데 반해(도 11), (Ti-Cu 10%-Ni 20%)₉₇Si₃ 4원계 합금은 결정질 Ti₂Ni상을 실질적으로 포함하지 않는 거의 순수한 비정질 상만이 형성됨을 도 12로부터 알 수 있다. 이와 같은 결과는 3% Si의 첨가가 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 합금의 비정질 형성능을 크게 향상시킴을 직접적으로 의미하는 것이라 할 수 있다.

[0096] 도 13 및 14는 각각 Ti이 75% 포함된 Ti-Cu-Ni 3원계 합금 및 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 합금의 비정질 형성능을 조사한 XRD 결과이다.

[0097] 먼저 Ti-Cu-Ni 3원계 합금에서는, Ti가 75%인 조사된 3원계 전체 조성영역에서, 비정질 형성능이 없음이 확인되었다. 이는 E4 조성보다 Ti가 더 많이 함유되는 T-Cu-Ni 3원계 합금계에서는, 비정질 형성능이 실질적으로 없음을 의미한다.

[0098] 그러나 상기 Ti-Cu-Ni 3원계 합금계에 Si이 5% 포함된 T-Cu-Ni-Si 4원계 합금계에서는, 상기 3원계 합금계와는 달리, Cu+Ni이 25%이면서 Cu의 함량이 5~15%이고 Ni의 함량이 10~20%인 넓은 조성 영역에서(단, Ti+Cu+Ni = 95%를 만족하는 조성) 비정질 형성능이 있음이 확인되었다. 또한 이 4원계 합금은 금속간 화합물이나 실리사이드를 실질적으로 포함하지 않는 거의 순수한 비정질 상으로만 존재하는 것으로 조사되었다.

[0099] 도 15는 Ti이 80% 포함된 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 합금의 비정질 형성능을 조사한 XRD 결과이다.

[0100] 본 발명자들의 실험 결과 Ti이 80% 이상 첨가된 T-Cu-Ni 3원계 합금계는, 조사된 전체 조성영역에서 비정질 형성능이 없는 것으로 확인되었다. 그러나 Si이 7% 포함된 T-Cu-Ni-Si 4원계 합금계에서는, 상기 3원계 합금계와는 달리, Cu+Ni이 20%이면서 Cu의 함량이 5~10%이고 Ni의 함량이 10~25%인 조성 영역에서(단, Ti+Cu+Ni = 95%를 만족하는 조성) 비정질 형성능이 있음이 확인되었다. 또한 이 4원계 합금도 금속간 화합물이나 실리사이드를 실질적으로 포함하지 않는 거의 순수한 비정질 상으로만 존재하는 것으로 조사되었다.

[0101] 도 16은 앞에서 실험한 Ti-Cu-Ni-Si 4원계 합금의 조사된 전체 조성범위에서의 비정질 형성능을 요약하여 도시한 것이다. 먼저 도 16에서 왼쪽 아래에서 오른쪽 위로 길게 이어진 점선의 화살표 상의 조성영역은, 비정질 형성능을 가지면서 그에 더하여 미세조직이 거의 전부 비정질로만 형성됨을 XRD 패턴 실험 결과로부터 알 수 있다. 한편, 상기 화살표의 왼쪽의 음영 표시된 조성영역은 비정질 형성능을 가지며, 미세조직 측면에서는 주상(Main phase)이 비정질상이고 일부 금속간 화합물을 포함하고 있음을 XRD 패턴 결과가 보여준다. 이에 반해, 상기 화살표의 오른쪽의 음영 표시된 조성영역은 비정질 형성능을 가지며, 미세조직 측면에서는 주 상(Main phase)이 비정질상이고 일부 실리사이드를 포함하는 조성영역을 표시한 것이다.

[0102] 이상의 실험결과들로부터, Ti: 65~80 %, Cu: 5~20 %, Ni: 5~25 %, Si: 9% 이하(0은 제외)의 조성범위를 가지는 Ti-Cu-Ni-X 4원계 합금이 비정질 형성능을 안정적으로 가짐을 확인하였다.

[0104] **스퍼터링 타겟**

[0105] 이하에서는 본 발명에서 제안하는 스퍼터링 타겟에 대해 설명한다.

[0106] 스퍼터링 공정은 반도체 제조분야, MEMS 등과 같은 마이크로 전자 디바이스 및 모터, 압축기에서 내마모 향상

등을 위한 코팅에 널리 이용되고 있다.

- [0107] 스퍼터링 공정을 이용하여 비정질상의 박막 또는 나노결정질을 포함하는 복합 비정질 박막을 제조할 경우, 사용되는 스퍼터링 타겟은 결정질 또는 비정질 타겟일 수 있다. 그러나 비정질 타겟은 스퍼터링 공정 중 플라즈마 이온의 충돌로 인해 타겟 표면이 국부적으로 온도가 증가되며, 이러한 온도 증가는 다시 타겟 표면의 미세조직 변화를 유발시킬 수 있다.
- [0108] 보다 자세히 설명하면, 비정질은 열역학적으로 불안정한 상이므로, 타겟의 온도 증가는 타겟 표면에서 열역학적으로 불안정한 비정질을 열역학적으로 안정한 결정질로 변태시키는 결정화를 유발시킨다. 그런데 이러한 국부적인 결정화는 타겟의 파괴변화 및 구조 완화를 유발할 수 있고, 이로 인해 타겟의 취성이 증가되어 스퍼터링 공정 중에 타겟이 파괴되는 극단적인 결과마저도 초래하게 된다.
- [0109] 따라서 본 발명에서는 스퍼터링 타겟의 우수한 열적 안정성과 스퍼터링 공정의 공정 신뢰성 향상을 위해, 비정질 형성능을 가지는 조성범위 내에서 미세조직은 결정질을 가지는 스퍼터링 타겟을 제조하였다. 보다 구체적으로, 본 발명에서의 4원계 Ti 비정질 합금을 이용하여 결정질 미세조직을 가지는 스퍼터링 타겟을 제조하였다.
- [0110] 먼저 본 발명에서는 상기 실시예들에서 비정질 형성능을 가진 것으로 밝혀진 조성의 Ti-Cu-Ni-X 4원계 합금을 진공아크멜팅을 통해 용해한 후, 멜트스피닝법을 이용하여 리본 또는 포일(Foil) 형태의 비정질 합금을 얻었다. 그 다음 상기 리본들을 복수개로 적층한 후 상기 리본들이 가지는 조성에서의 결정화 개시 온도 보다는 높고, 용융 온도보다는 낮은 온도 범위에서 열가압함으로써 결정질을 가지는 스퍼터링 타겟을 얻을 수 있었다.
- [0111] 상기 열가압 공정 중 비정질 합금리본들은 리본들 간의 상호확산에 의한 결합이 진행되어 결정화가 진행되며, 결정화 후에 열가압 유지시간이 길어지게 되면 결정립 성장까지도 일어난다. 또한 이 과정에서 적층된 합금리본들 사이의 적층계면은 원자들의 상호확산에 의해 소멸될 수 있다.
- [0112] 최종적으로 결정화 또는 결정립 성장된 미세조직의 스퍼터링 타겟은 그 결정립 크기가 0.1~10 μ m의 범위를 가지는 것이 바람직하다. 결정립 크기가 0.1 μ m 보다 작은 경우는 충분한 결정화를 확보할 수 없을 수 있으므로 타겟의 열적 안정성 확보 측면에서 바람직하지 못하다. 반면에 결정립 크기가 10 μ m 보다 큰 경우 결정화는 충분히 확보할 수 있으나 플라즈마 공정의 안정성 및 균일성과 최종 코팅층의 조성 등의 균일성 측면에서 불리한 단점이 있다.
- [0113] 한편, 또 다른 방법으로 본 발명의 Ti-Cu-Ni-X 4원계 비정질 합금 조성을 가지는 비정질 합금 분말을 이용하여 결정질의 스퍼터링 타겟을 제조할 수 있다. 이 경우 아토타미징법 등으로 제조된 비정질 합금분말들의 응집체를 고온 소결 또는 고온가압소결하여 결합시킴으로써 결정질의 스퍼터링 타겟을 제조할 수 있다. 이 경우 소결 온도는 합금분말이 가지는 조성에서의 결정화 개시 온도보다는 높고 용융 온도보다는 낮은 온도 범위에서 수행된다.
- [0114] 또 다른 예로서, 구리금형 주조법 등과 같이 높은 냉각능을 가지는 구리 등과 같은 금형 내부에, 상기 금형 내부와 외부와의 압력차를 이용하여, 용탕을 노즐을 통해 구리금형에 주입하여 급속응고시킴으로써 일정형상의 비정질 합금주조체를 제조할 수 있다. 그 후 어닐링을 통해 결정질 합금타겟을 얻을 수도 있다.
- [0116] **윤활층을 포함한 압축기**
- [0117] 이하에서는 본 발명에서 제안하는 윤활층 및 이를 포함하는 압축기에 대하여 설명한다.
- [0118] 본 발명의 윤활층은 모든 움직이는 부품 또는 구성요소들 사이에 적용이 가능하지만, 본 발명에서는 가장 간단한 예로서 회전축의 회전을 이용하는 구조의 압축기를 예시한다.
- [0119] 도 17은 본 발명과 관련된 압축기의 부분 단면도이다. 도 17은 회전축(111)과 베어링(112, 113)을 사용하는 임의의 형태의 압축기(100)를 도시한 것이다.
- [0120] 회전축(111)은 압축기(100)의 작동 시 기체의 압축을 위해 회전한다. 그리고, 베어링(112, 113)은 회전축(111)의 적어도 일부를 감싸도록 이루어진다. 베어링(112, 113)은 고정되어 있으나 회전축(111)과 상대 회전하도록 이루어진다. 베어링(112, 113)은 메인 베어링(112, 혹은 제1 베어링)과 서브 베어링(113, 혹은 제2 베어링)을 포함할 수 있다.
- [0121] 압축기(100)가 작동하면, 회전축(111)이 회전하는 동안 회전축(111)의 일측으로부터 가스가 유입된다. 그리고 유입되는 가스에 의한 가스력(G)과 반대 방향으로 반력(F)이 형성된다. 따라서 회전축(111)이 회전하는 동안 회전축(111)은 베어링(112, 113)과 지속적으로 접촉한다.

[0122] 윤활층은 내마모 및 저마찰을 구현하기 위해 회전축(111)과 베어링(112, 113)의 마찰 부위(112a, 113a)에 형성된다. 윤활층은 회전축(111)과 베어링(112, 113) 중 적어도 하나에 증착될 수 있다. 여기서 윤활층은 앞에서 설명한 비정질 형성능을 가지는 조성의 Ti-Cu-Ni-X 4원계 합금이다.

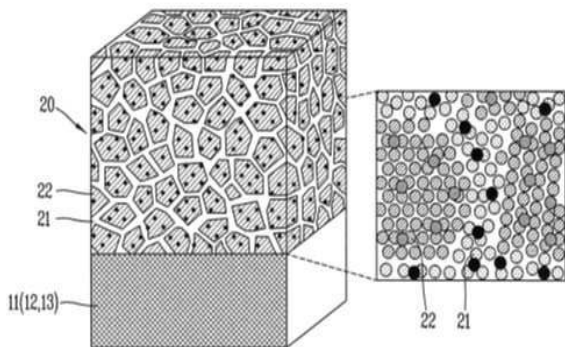
[0123] 본 발명에서의 윤활층은 상기 회전축(111)과 베어링(112, 113)의 접촉부위에만 적용되지 않는다. 일례로, 회전축이 접촉할 수 있는 다른 구성요소, 예를 들면, 프레임 또는 서브프레임 등과의 접촉부위에도 적용될 수 있다. 또한, 본 발명의 윤활층은 회전축이나 베어링 이외의 압축기 부품에도 적용될 수 있다. 예를 들면, 로터리 압축기에서의 실린더, 롤링피스톤, 베인 등의 마찰 부위에도 적용될 수 있다. 마지막으로 본 발명의 윤활층은 압축기 이외에 마찰이나 마모가 발생할 수 있는 모든 부품, 도구 및 장치 등에도 적용될 수 있다.

[0124] 한편, 윤활층이 형성되는 회전축과 같은 부품, 즉 윤활층의 소재는 특별히 특별히 한정되지는 않는다. 다만, 현재 상용화되어 많이 쓰이는 강재, 주물, 알루미늄이 함유된 합금, 마그네슘이 함유된 합금 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것이 바람직하다. 왜냐하면 상기의 강재, 주물, 알루미늄이 함유된 합금, 마그네슘이 함유된 합금 등과 같은 금속은 높은 열전도로 인해 윤활층의 비정질 형성능을 조장할 수 있다는 부수적인 효과가 있기 때문이다.

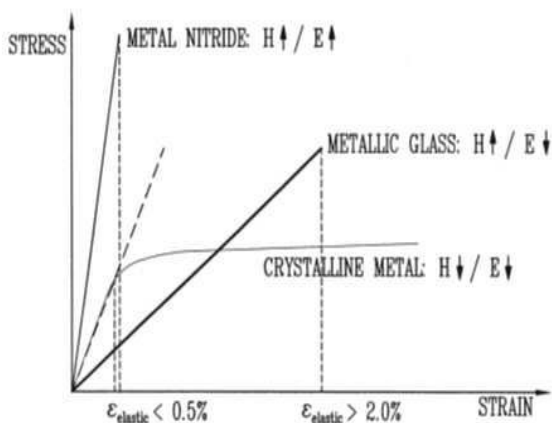
[0126] 이상과 같이 본 발명에 대해서 예시한 도면을 참조로 하여 설명하였으나, 본 명세서에 개시된 실시예와 도면에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술사상의 범위 내에서 통상의 기술자에 의해 다양한 변형이 이루어질 수 있음은 자명하다. 아울러 앞서 본 발명의 실시예를 설명하면서 본 발명의 구성에 따른 작용 효과를 명시적으로 기재하여 설명하지 않았을 지라도, 해당 구성에 의해 예측 가능한 효과 또한 인정되어야 함은 당연하다.

도면

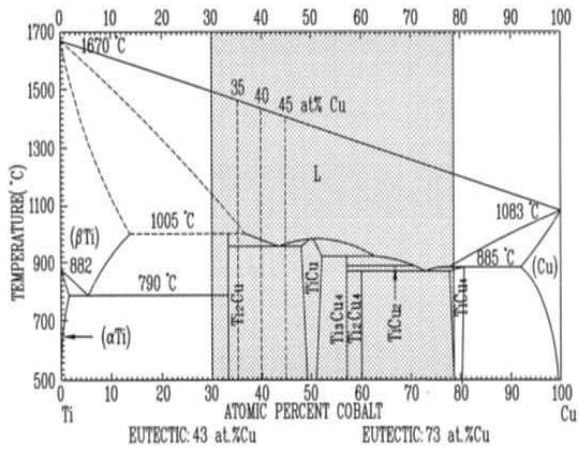
도면1



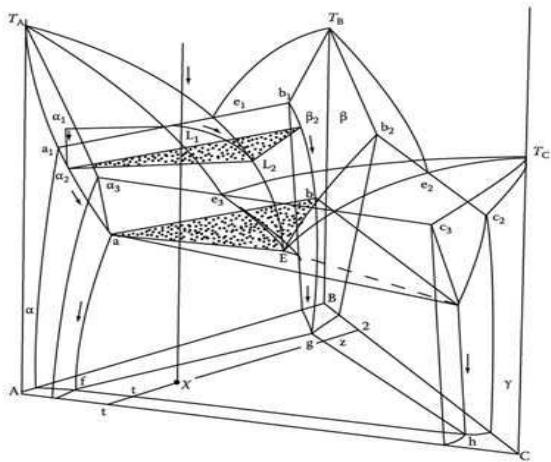
도면2



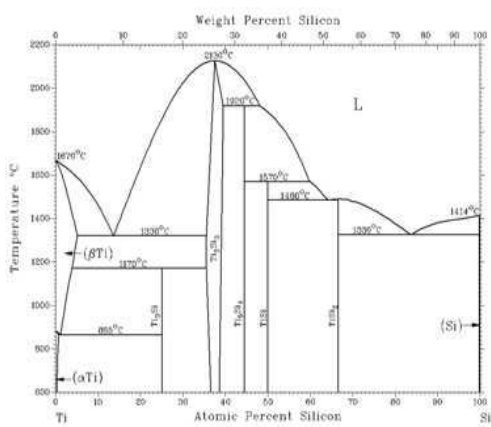
도면3



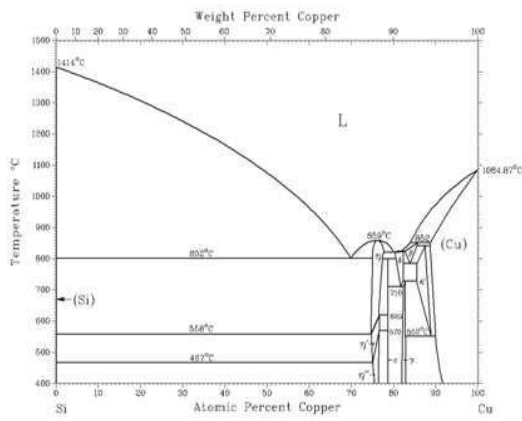
도면4



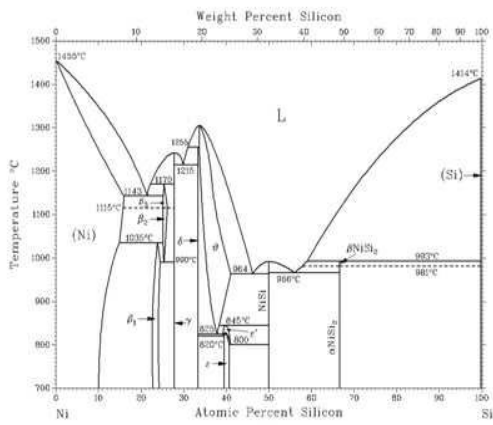
도면5



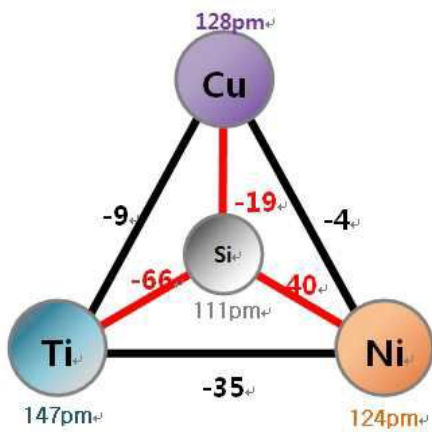
도면6



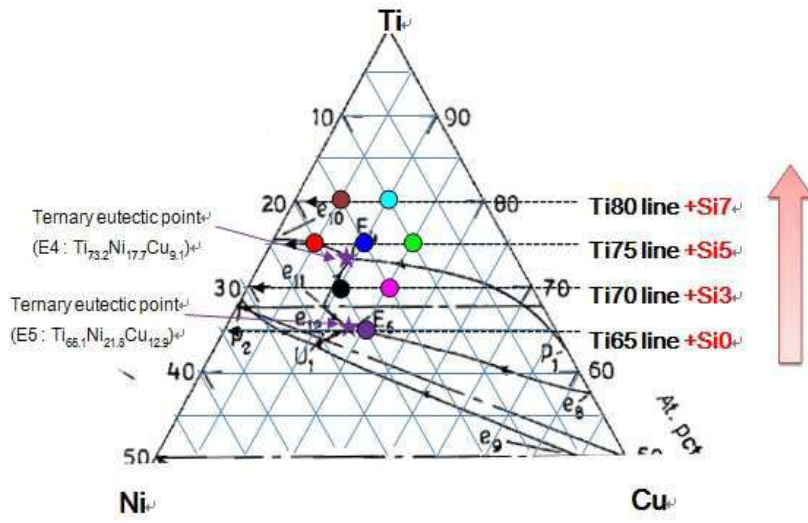
도면7



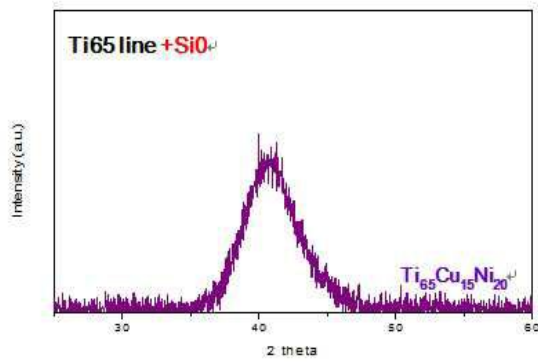
도면8



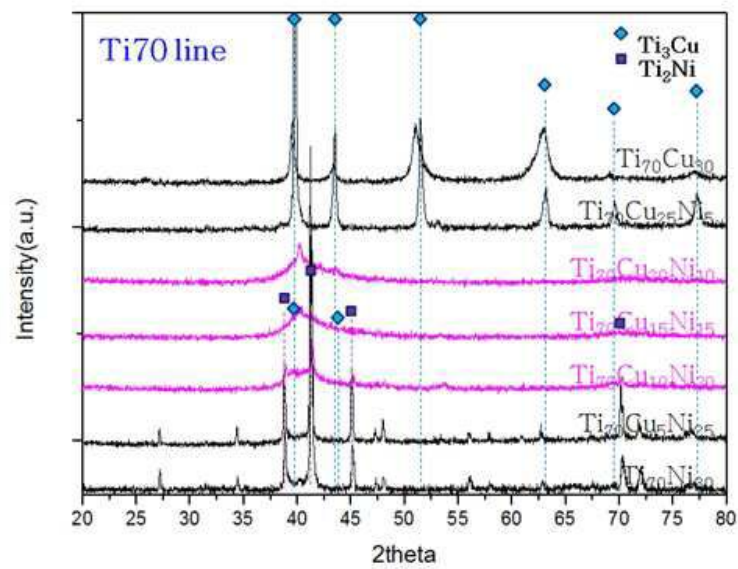
도면9



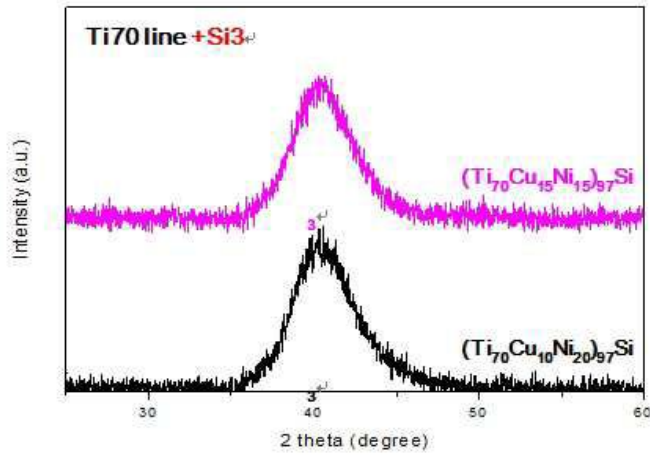
도면10



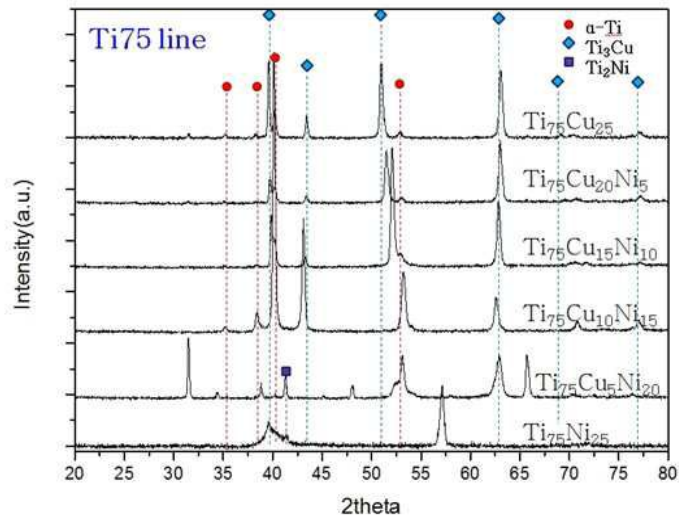
도면11



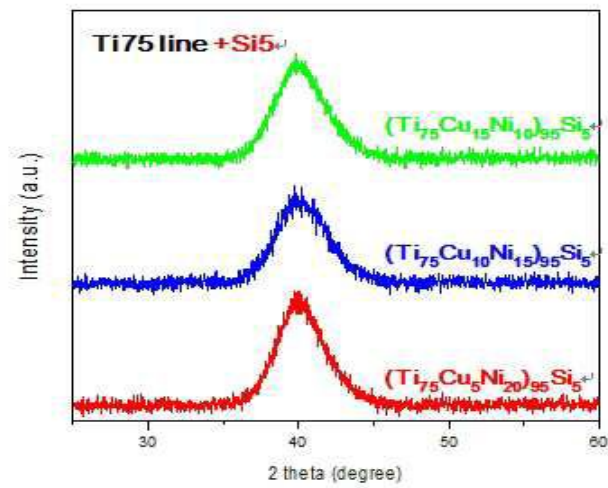
도면12



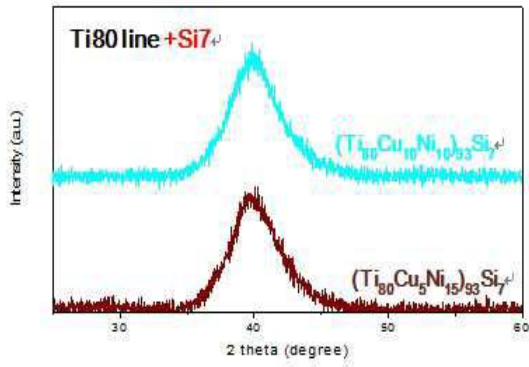
도면13



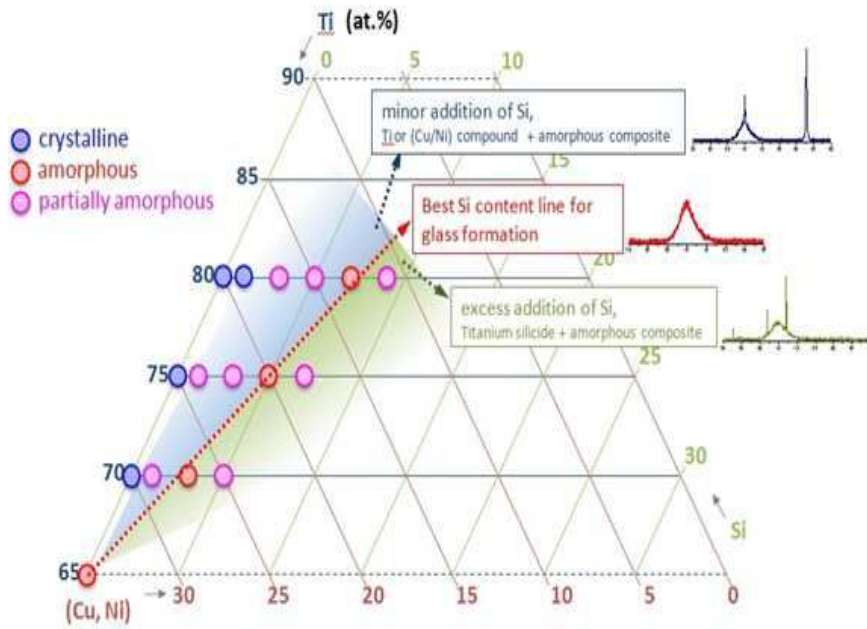
도면14



도면15



도면16



도면17

