(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0082406
(43) 공개일자 2016년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 1/00 (2006.01) *B22F 9/20* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0191034
(22) 출원일자 2014년12월26일
심사청구일자 2014년12월26일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
재단법인 하이브리드 인터페이스기반 미래소재 연구단
부산광역시 금정구 부산대학로 63번길 2(장전동) (부산대학교효원산학협동관6층)
(72) 발명자
한승전
경상남도 창원시 성산구 외리로34번길 13 106동 202호 (성주동,한림푸르지오아파트)
조홍래
경상남도 창원시 성산구 상남로 35 1229호 (상남동,새롬아이포빌)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이지

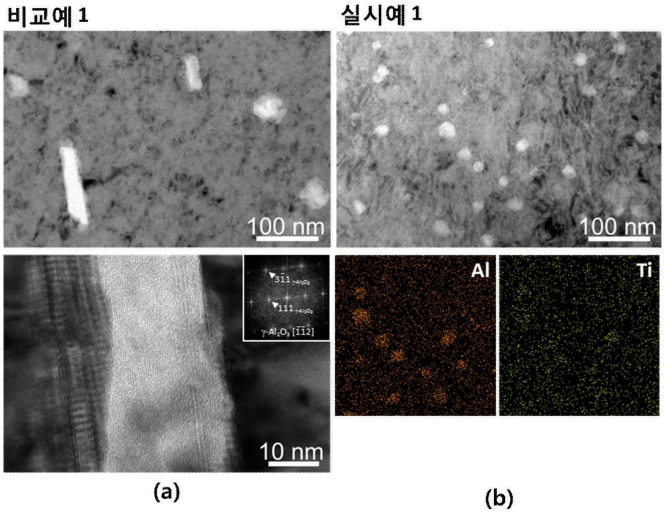
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **티타늄이 포함된 산화물 분산 강화 분산동 합금 및 그의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 티타늄이 포함된 산화물 분산 강화 구리합금 및 상기 티타늄이 첨가된 구리합금을 내부산화하여 산화물을 구형화 그리고 미세화 그리고 산화물간 거리를 감소시킨 산화물 분산동을 제조하는 방법에 관한 것이다. 상기 본 발명에 따르면, 티타늄을 첨가하여 산화물을 구형화시키고, 미세화 시키며, 산화물간 거리를 감소시켜, 경도 및 인장강도뿐만 아니라 전기전도도 또한 개선된 산화물 분산동을 제공할 수 있다

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

안지혁

경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 6308호 (상남동,재료연구소)

김광호

부산광역시 해운대구 센텀중앙로 145 106동 1002호 (재송동,더샵센텀파크1차아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2014M3A6B106
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	글로벌 프론티어
연구과제명	동합금기지내 제 2상산 인터페이스제어에 의한 상반특성 동기향상기술
기 여 율	1/1
주관기관	한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간	2014.09.01 ~ 2015.08.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

구리 내지는 구리합금 내부에,

티타늄이 고용된 알루미늄 산화물, 알루미늄 티타늄 산화물, 철 티타늄 산화물, 니켈 티타늄 산화물 및 철니켈 티타늄 산화물로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속산화물이 분산된 산화물 분산동.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 금속산화물은

티타늄이 고용된 Al_2O_3, $Al_3Ti_5O_2$, TiO_2, Fe_2TiO_4, $FeTiO_3$, $NiTiO_3$, 및 $(Fe, Ni)TiO_3$로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속산화물을 포함하는 산화물 분산동.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 분산동은 판재, 선재, 또는 분말의 형태를 가지는 산화물 분산동.

청구항 4

산화법으로 산화물 분산 강화 구리합금 제조하기 위한 구리 내지는 구리합금 내부에서 금속산화물을 형성하는, 알루미늄, 니켈, 철, 크롬, 바나듐, 지르코늄, 망간, 코발트, 아연, 이리듐, 몰리브덴 및 이들의 합금으로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속원소를 포함하는 티타늄이 포함된 구리합금.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 티타늄은 전체 합금 100 중량부에 대해 0.06 중량부 이상 포함되는 구리합금.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 티타늄의 중량 x와 구리를 제외한 금속 중량 y에 있어서 x/(x+y)가 0.125 이상인 구리합금.

청구항 7

제4항에 있어서, 상기 금속원소가 알루미늄이고, 티타늄/알루미늄 함량비가 0.14 중량부 이상이 되도록 포함되는 구리합금.

청구항 8

제4항에 있어서, 상기 구리합금은 판재, 선재, 또는 분말의 형태를 가지는 구리합금.

청구항 9

제4항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 구리합금을 산소확산 및 산화반응으로 산화하여 제조된 금속산화물이 분산된 산화물 분산동.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 금속산화물은

티타늄이 고용된 알루미늄산화물, 알루미늄 티타늄산화물, 티타늄산화물, 철 티타늄산화물, 니켈 티타늄산화물 및 철니켈 티타늄산화물로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속산화물을 포함하는 산화물 분산동.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 금속산화물은

티타늄이 고용된 Al_2O_3, $Al_3Ti_5O_2$, TiO_2, Fe_2TiO_4, $FeTiO_3$, $NiTiO_3$, 및 $(Fe, Ni)TiO_3$로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속산화물을 포함하는 산화물 분산동.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 TiO_2를 포함하는 산화물 분산동.

청구항 13

제9항에 있어서, 상기 산화물 분산동의 분산상의 평균 입자 크기는 35㎚ 이하인 산화물 분산동.

청구항 14

제4항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 구리합금을 주조하는 단계; 및

산소공급하에서 상기 구리합금을 산소와 반응시켜 산화하는 단계를 포함하는 산화물 분산동 제조방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 산소공급은 대기압, 산소분위기, 또는 산화제에 의한 것인 산화물 분산동 제조방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 산화물 분산동 제조 단계는 열처리하거나 소성변형하는 것을 포함한 산화물 분산동 제조방법.

청구항 17

제14항에 기재된 방법에 의해 산화처리된 산화물 분산동의 표면에서 제거된 산화층으로 제조되며, Al, Ti, Ni 및 Fe로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상을 포함하는 Cu_2O 산화제

청구항 18

제1항에 기재된 산화물 분산동을 이용하여 제조된 전극재료, 내마모성 코팅층, 또는 소형 내마모 소재.

청구항 19

제9항에 기재된 산화물 분산동을 이용하여 제조된 전극재료, 내마모성 코팅층, 또는 소형 내마모 소재.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 티타늄이 포함된 산화물 분산 강화 분산동 합금 및 그의 제조방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게 본 발명은 티타늄이 포함된 산화물 분산 강화 분산동 합금, 티타늄이 포함된 산화물 분산 강화 구리합금 및 이를 이용하여 내부산화법에 의해 구리기지에 산화물이 구형화되고 평균입자 반경이 감소하여 경도 및 강도뿐만 아니라 전기전도도 또한 개선된 티타늄 산화물 분산동의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 동기지 산화물 분산 강화 합금은 알루미나가 동기지에 분포함으로써 강도와 내마모성 그리고 전기전도도를 향상시킨 합금이다. 금속강화기구에 의하면 동일 부피 분율에 산화물의 크기 또는 반경이 작고 산화물간 거리가 감소하면 전기전도도를 유치한 채로 강도와 경도가 향상된다. 동기지내에 동일한 부피를 가지고 산화물의 크기와 산화물간 거리를 감소시키는 것은 동기지 산화물 분산 강화 합금의 전기전도도를 유지하고 강도 및 내마모성을 향상시키는 과학적인 방법이다.

[0003] 동기지 산화물 분산 강화 합금은 저항 용접의 전극재료, 접점재, 및 커넥터로 주로 사용되고, 구리합금의 경우

강도를 포함한 기계적 특성과 전기전도도가 동시에 높은 재료가 선호된다. 그리고 저항 용접의 경우 고전도도 및 열적 내구성이 중요하다. 한편, 산화물 분산동은 전기적 성질, 기계적 성질 및 고온에서의 내열성이 우수하여 각종 고온 전기재료로 사용되고 있으며, 이러한 산화물 분산동은 일반적으로 내부산화법에 의해 제조된다.

[0004] 내부산화법은 합금 표면으로부터 산소를 확산 침투시켜 합금 내에서 용질만이 산화되어 합금 내부에 미세한 분산상이 형성되게 하는 금속 강화법이다. 내부산화하기 위해 소요되는 열처리 시간을 단축하기 위해, 종래에는 분말야금법을 사용하였다. 분말야금법에 의하면 구리-알루미늄 합금 분말을 제조한 뒤, 내부산화, 소결, 열간 압출 및 냉간 압연하는 과정을 거쳐 원하는 산화물 분산동 판재를 제조하였다.

[0005] 본 발명의 배경기술로 한국공개특허공보 제10-2006-0094217호(2006.08.29)에는 산화알루미늄 분산 강화형 동합금 분말과 그의 제조방법에 대해 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2006-0094217호(2006.08.29)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 경도, 및 강도뿐만 아니라 전기전도도 또한 개선된 티타늄을 포함하는 산화물 분산동을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 다른 목적은 합금내부에 산화물을 생성시키는 방법을 이용하여 알루미늄, 티타늄, 니켈, 철 등 금속성분의 복합첨가를 통해 다양한 산화물을 생성시키고 금속성분이 고용된 산화물에 의해 산화물을 구형화시키고, 평균입자 반경을 감소시키고, 입자분포를 증가시킬 수 있는 티타늄이 포함된 산화물 분산 강화 구리합금을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 티타늄이 포함된 산화물 분산 강화 구리합금을 이용하여 내부산화법 등에 의해 경도, 및 강도뿐만 아니라 전기전도도 또한 개선된 산화물 분산동을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 또 다른 목적은 산화물의 미세화, 구형화, 및 균일한 분산화를 유도하여 경도, 및 강도뿐만 아니라 전기전도도 또한 개선된 티타늄 산화물 분산 구리합금을 효율적으로 제조할 수 있는 산화물 분산동의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 또 다른 목적은 산화물의 미세화, 구형화, 및 분산도가 개선된 판재, 선재 및 분말합금을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 산화물의 미세화, 구형화, 및 분산도가 개선된 판재, 선재 및 분말합금을 제조할 수 있는 내부산화용 원료소재를 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명, 청구범위 및 도면에 의해 더욱 명확하게 된다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 일 측면에 따르면, 구리 내지는 구리합금 내부에, 티타늄이 고용된 알루미늄 산화물, 알루미늄 티타늄 산화물, 철 티타늄 산화물, 니켈 티타늄 산화물 및 철니켈 티타늄 산화물로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속산화물이 분산된 산화물 분산동이 제공된다.

[0015] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 산화법으로 산화물 분산 강화 구리합금 제조하기 위한 구리 내지는 구리합금 내부에서 금속산화물을 형성하는, 알루미늄, 니켈, 철, 크롬, 바나듐, 지르코늄, 망간, 코발트, 아연, 이리듐, 몰리브덴 및 이들의 합금으로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속원소를 포함하는 티타늄이 포함된 구리합

금이 제공된다.

[0016] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명에 의한 산화물 분산 강화 구리합금을 산소확산 및 산화반응으로 산화하여 제조된 금속산화물이 분산된 산화물 분산동이 제공된다.

[0017] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명에 의한 산화물 분산 강화 구리합금을 주조하는 단계; 및 산소공급하에서 상기 구리합금을 산소와 반응시켜 산화하는 단계를 포함하는 산화물 분산동 제조방법이 제공된다.

[0018] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명에 의한 산화물 분산동 제조방법에 의해 산화처리된 산화물 분산동의 표면에서 제거된 산화층으로 제조되며, Al, Ti, Ni 및 Fe로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상을 포함하는 Cu_2O 산화제가 제공된다.

[0019] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명에 의한 산화물 분산동을 이용하여 제조된 전극재료, 내마모성 코팅층, 또는 소형 내마모 소재가 제공된다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 경도, 및 강도뿐만 아니라 전기전도도 또한 개선된 티타늄을 포함하는 산화물 분산동을 제공할 수 있다.

[0021] 또한 본 발명의 일 실시예에 따르면, 합금내부에 산화물을 생성시키는 방법을 이용하고 알루미늄, 티타늄, 니켈, 철 등 금속성분의 복합첨가를 통해 다양한 산화물을 생성시키고 금속성분이 고용된 산화물에 의해 산화물을 구형화시키고, 평균입자 반경을 감소시키고, 입자분포를 증가시킬 수 있는 산화물 분산동 제조용 티타늄이 포함된 산화물 분산 강화 구리합금을 제공할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 내부산화에 의해 티타늄이 고용된 알루미늄 산화물 또는 티타늄 산화물 또는 니켈 또는 철이 포함된 산화물이 분산된 구리합금을 제공한다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 티타늄이 포함된 산화물 분산 강화 구리합금을 이용하여 내부산화법에 의해 산화물 분산동의 분산상의 크기가 균일하고 평균입자 크기가 작으며, 분산상이 구(sphere) 형태를 가지는 산화물 분산동을 제공할 수 있다. 따라서 본 발명에 따르면, 산화물 분산동의 경도, 및 강도뿐만 아니라 전기전도도 또한 개선할 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 본 발명은 고전도도 및 고강도의 고온 전기재료, 내마모성 코팅층, 및 소형 내마모 소재를 제조하기 위한 내부산화용 원료합금을 제공할 수 있다.

[0025] 나아가 본 발명의 일 실시예에 따르면, 산화물의 미세화, 구형화, 및 균일한 분산화를 유도하여 경도, 및 강도뿐만 아니라 전기전도도 또한 개선된 산화물 분산동을 효율적으로 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 구리-알루미늄-티타늄 합금의 산화처리 온도에 따른 산화층의 두께를 나타낸 SEM 이미지 및 합금 표면으로부터 거리별 산소 농도 프로파일을 나타낸 그래프이다.

도 2는 본 발명의 실시예들에 의해 제조된 산화물 분산동의 내부산화 공정 후 분리한 스케일의 XRD 분석 그래프이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 형태, 방위관계, 및 조성을 TEM 이미지로 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 의해 제조된 산화물 분산동의 전기전도도, 경도, 및 인장강도를 측정한 결과를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 형태, 방위관계, 및 조성을 TEM 이미지로 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예들에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 평균 입자 크기와 밀도, 및 종횡비를 측정

한 결과를 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 실시예들에 의해 제조된 산화물 분산동의 경도 및 전기전도도를 측정한 결과를 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예들에 의해 제조된 산화물 분산동의 인장강도를 측정한 결과를 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 형태, 방위관계, 및 조성을 TEM 이미지로 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 형태, 방위관계, 및 조성을 TEM 이미지로 나타낸 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 의해 제조될 수 있는 산화물의 격자구조를 나타낸 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 의해 제조된 산화물 분산동의 인장강도, 및 전기전도도를 측정한 결과를 나타낸 도면이다.

도 13은 본 발명의 실시예들에 의해 제조된 산화물 분산동의 전기전도도에 따른 경도값 분포를 나타낸 그래프이다.

도 14는 본 발명의 실시예들에 의해 제조된 산화물 분산동의 항복강도에 따른 연신율의 분포를 나타낸 그래프이다.

도 15는 본 발명에 따라 티타늄이 첨가되어 산화물이 구형화, 입자크기 감소, 및 입자간 거리 감소가 일어나는 메카니즘을 개략적으로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 요지에 따라 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에 있어서 자명할 것이다.

[0028] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0029] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0030] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0031] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명의 일 측면에 따르면, 구리 내지는 구리합금 내부에, 티타늄이 고용된 알루미늄 산화물, 알루미늄 티타늄 산화물, 철 티타늄 산화물, 니켈 티타늄 산화물 및 철니켈 티타늄 산화물로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속산화물이 분산된 산화물 분산동이 제공된다.

[0032] 상기의 본 발명의 티타늄이 포함된 금속산화물을 포함하는 산화물 분산동은 티타늄 산화물이 구리 또는 구리합금 내부에 분산되어, 경도, 및 강도뿐만 아니라 전기전도도 또한 개선되는 것으로 확인되었다.

[0033] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 본 발명의 티타늄이 포함된 금속산화물은 다양한 제조공정에 의해 미리 형성된 후 구리 또는 구리합금 내부에 포함될 수 있다. 구체적인 분산동 합금의 제조방법은 합금 제조에 관한 공지의 기술을 이용할 수 있다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 금속산화물은 티타늄이 고용된 Al_2O_3, $Al_3Ti_5O_2$, TiO_2, Fe_2TiO_4, $FeTiO_3$, $NiTiO_3$, 및 (Fe, Ni)TiO_3로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속산화물을 포함할 수 있고, 바람직하게는 TiO_2를 포함할 수 있다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 분산동은 판재, 선재, 또는 분말의 형태를 가진다.

[0036] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 금속산화물에는 크롬, 바나듐, 지르코늄, 망간, 코발트, 아연, 이리듐, 몰리브덴 및 이들의 합금으로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속원소를 더 포함할 수 있다.

[0037] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 산화법으로 산화물 분산 강화 구리합금 제조하기 위한 구리 내지는 구리합금 내부에서 금속산화물을 형성하는, 알루미늄, 니켈, 철, 크롬, 바나듐, 지르코늄, 망간, 코발트, 아연, 이리듐, 몰리브덴 및 이들의 합금으로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속원소를 포함하는 티타늄이 포함된 구리합금이 제공된다.

[0038] 본 발명은 구리 합금에 티타늄을 첨가함으로써 합금내부에 산소가 확산 침투하여 산화 반응하여 생성하는 산화물이 구형화, 미세화되고 구리합금 기지 내에 고르게 분산되어, 산화물 분산동의 경도, 인장강도 및 전기전도도를 개선할 수 있다.

[0039] 본 발명에 있어서, 상기 티타늄을 포함하는 구리 합금의 조성비는 산화 온도와 시간 조건을 고려하여 산화를 최적으로 할 수 있는 범위로 조절할 수 있다.

[0040] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 티타늄은 전체 합금 100 중량부에 대해 0.06 중량부 이상 포함되는 것이 바람직하다. 상기 합금 중 상기 티타늄의 함량비는 특별히 제한이 있는 것은 아니나, 0.06 ~ 0.5 중량부가 바람직하다. 이에 의해 경도, 인장강도 및 전기전도도를 균형적으로 개선할 수 있다.

[0041] 본 발명에 있어서, 상기 금속원소는 이에 한정되는 것은 아니나, 내부산화를 통해 다양한 산화물을 만들기 용이한 알루미늄, 니켈, 철, 크롬, 바나듐, 지르코늄, 망간, 코발트, 아연, 이리듐, 몰리브덴 및 이들의 합금으로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 전이금속이 포함될 수 있다.

[0042] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이에 한정되는 것은 아니나 상기 티타늄의 중량 x와 구리를 제외한 금속 중량 y에 있어서 x/(x+y)가 0.125 이상인 것이 바람직하다. 이에 의해 경도, 인장강도 및 전기전도도를 균형적으로 개선할 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 티타늄은 티타늄/구리를 제외한 금속원소 무게중량비로 14% 이상으로 포함될 수 있다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 금속원소가 알루미늄이고, 티타늄/알루미늄 함량비가 0.2 중량부 이상이 되도록 포함될 수 있고, 티타늄이 알루미늄 대비 0.2 ~ 1.0 중량부로 첨가될 수 있다. 이에 의해 경도, 인장강도 및 전기전도도를 균형적으로 개선할 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나 구리-알루미늄 합금에 첨가되는 티타늄이 알루미늄 대비 0.2 중량% 이상 포함될 때 산화물 분산동의 분산상의 형태가 막대형(rod) 또는 직사각형(rectangle) 형태에서 구형 형태가 효율적으로 증가한다.

[0044] 또한, 상기 합금 중 알루미늄의 함량비도 특별히 제한이 있는 것은 아니나, 0.2 ~ 0.8 중량부로 첨가될 수 있다. 이에 의해 경도, 인장강도 및 전기전도도를 균형적으로 개선할 수 있다.

[0045] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 합금은 합금 100 중량부에 티타늄: 0.06 ~ 0.5 중량부, 알루미늄 : 0.2 ~ 0.8 중량부, 나머지 구리 및 기타 불가피한 불순물로 조성될 수 있다.

[0046] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 구리합금은 판재, 선재, 또는 분말의 형태를 가질 수 있다.

[0047] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 구리합금은 선재 또는 판재일 수 있다. 선재 또는 판재인 경우 산화물 분산동 제조시 내부산화 효율을 높일 수 있고, 제조된 산화물 분산동을 전극재료로 가공시 가공효율을 높일 수 있다. 특히 본 발명은 구리 합금에 티타늄을 첨가함으로써 벌크 상태로 열처리하여도 내부산화가 효율적으로 이루어지고, 스케일(scale)이 적게 생성된다. 따라서 본 발명에 의한 합금은 산화물 분산동 제조시 생산효율을 높일 수 있고 생산단가를 낮출 수 있다.

[0048] 상기 구리합금의 두께는 특별히 제한이 있는 것은 아니며, 열처리 조건에 따른 내부산화 정도를 고려하여 선재 또는 판재형 합금 전체를 산화물 분산동으로 제조할 수 있도록 조절할 수 있다. 이렇게 선재 또는 판재형 합금

전체를 산화물 분산동으로 제조하면 산화물 분산동을 전극재료로 가공할 때 가공효율을 높일 수 있고 생산단가를 낮출 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 구리합금의 두께는 0.01 ~ 0.6 ㎜일 수 있다. 본 발명에 의하면 구리 합금에 티타늄을 첨가하여 내부산화가 효율적으로 이루어지는 범위가 합금 표면으로부터 약 0.2 ~ 0.3 ㎜이므로 상기와 같이 합금의 두께를 조절하면 합금의 양측에서 열처리하여 합금 전체를 산화물 분산동으로 제조할 수 있다.

[0049] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명에 의한 상기 구리합금을 산소확산 및 산화반응으로 산화하여 제조된 금속산화물이 분산된 산화물 분산동이 제공된다.

[0050] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 금속산화물은 티타늄이 고용된 알루미늄산화물, 알루미늄 티타늄산화물, 티타늄산화물, 철 티타늄산화물, 니켈 티타늄산화물 및 철니켈 티타늄산화물로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속산화물을 포함한다.

[0051] 이에 한정되는 것은 아니나, 내부산화에 의한 산화물은 알루미늄 티타늄 산화물, 니켈 티타늄 산화물, 철 티타늄산화물, 또는 니켈 철 티타늄산화물이 강화상이 될 수 있다.

[0052] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 알루미늄 티타늄 산화물, 니켈 티타늄 산화물, 철 티타늄산화물 또는 니켈 철 티타늄산화물이 산화반응으로 생성되도록 하는 원료 합금은 선재나 판재 또는 분말일 수 있다.

[0053] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 금속산화물은 티타늄이 고용된 Al_2O_3, $Al_3Ti_5O_2$, TiO_2, Fe_2TiO_4, $FeTiO_3$, $NiTiO_3$, 및 $(Fe, Ni)TiO_3$로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상의 금속산화물을 포함할 수 있고, 바람직하게는 TiO_2를 포함할 수 있다.

[0054] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이에 한정되는 것은 아니나 본 발명에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상은 구(sphere) 형태이다. 구리-알루미늄 합금에 첨가되는 티타늄이 알루미늄 대비 0.2 중량% 이상 포함될 때 산화물 분산동의 분산상의 형태가 막대형(rod) 또는 직사각형(rectangle) 형태에서 구형 형태가 효율적으로 증가한다.

[0055] 본 발명에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 평균 입자 크기는 알루미늄 대비 티타늄의 중량% 비가 높을수록 상대적으로 작아지고 균일해진다. 이에 한정되는 것은 아니나, 본 발명에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 평균 입자 크기는 15 ~ 35 ㎚이다. 같은 조건하에서 티타늄이 첨가되지 않은 구리-알루미늄 합금에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 평균 입자 크기는 약 60 ㎚이다.

[0056] 본 발명에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 선밀도는 알루미늄 대비 티타늄의 중량% 비가 높을수록 상대적으로 증가한다. 이에 한정되는 것은 아니나, 본 발명에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 평균 선밀도는 $6.00 \times 10^9/㎠$ ~ $1.40 \times 10^{10}/㎠$ 이다. 티타늄이 첨가되지 않은 구리-알루미늄 합금에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 밀도는 약 $1.75 \times 10^9/㎠$ 이다.

[0057] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명에 의한 구리합금을 주조하는 단계; 및 산소공급하에서 상기 구리합금을 산소와 반응시켜 산화하는 단계를 포함하는 산화물 분산동 제조방법이 제공된다.

[0058] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 산소공급은 대기압, 산소분위기, 또는 산화제에 의한 것이다. 이에 한정되는 것은 아니나, 본 발명의 내부산화는 대기 중 또는 산소분위기에서 실시하여 종래 기술에 비하여 공정의 단순화를 도모할 수 있다. 특히 대기 중에서 실시하게 되면 별도의 시설이나 장비가 필요 없어 생산효율 개선되고 생산단가가 낮아진다. 대기 중에서 내부산화를 실시하는 것이 스케일 두께도 적어지게 된다.

[0059] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이에 한정되는 것은 아니나 상기 티타늄의 중량 x와 구리를 제외한 금속 중량 y에 있어서 x/(x+y)가 0.125 이상인 것이 바람직하다. 이에 의해 경도, 인장강도 및 전기전도도를 균형적으로 개선할 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 티타늄은 티타늄/구리를 제외한 금속원소 무게중량비로 14% 이상으로 포함될 수 있다.

[0060] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 이에 한정되는 것은 아니나 상기 산화하는 단계는 열처리하거나 소성변형하는 것이다.

[0061] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 열처리는 900℃ 이상에서 1 시간 이상으로 할 수 있다. 상기 조건으로 열처리하면 내부산화 효율이 높아지고, 전기전도도, 경도 및 인장강도가 모두 개선된다. 상기 열처리 온도가 900℃ 미만이거나 열처리 시간이 1 시간 미만이면 내부산화 효율이 낮아진다. 이에 한정되는 것은 아니나, 980℃에서 1 ~ 4 시간 열처리하는 것이 바람직하다.

[0062] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 주조한 구리합금을 열간압연하는 단계; 상기 열간압연한 합금을 냉간압연하는 단계; 상기 냉간압연한 합금을 용체화처리하는 단계; 및 상기 용체화처리된 합금을 냉간압연하는 단계 더 포함할 수 있다.

[0063] 이에 한정되는 것은 아니나, 일 실시예에서는 상기 열간압연은 980℃에서 압하율 50%로 실시하였다. 그 다음 표면 면삭을 하고 냉간압연을 압하율 50%로 실시하였다. 다음 측면을 트리밍하고, 980℃에서 1시간 동안 용체화처리를 하였다. 다음 0 ~ 92%로 냉간압연하고 내부산화를 실시하였다. 상기 열간압연 및 냉간압연은 공지의 기술을 이용하여 실시할 수 있으므로 상세한 설명은 생략한다.

[0064] 다음 분산동을 전극재료 등으로 제조하기 위해서는 열처리한 합금의 표면의 산화층(스케일, scale)은 기계적으로 연마하거나 화학적으로 처리하여 제거한다. 알루미나 분산동을 제조하기 위해 열처리하는 경우 통상 구리 산화층, 알루미나 생성층, 반응이 일어나지 않은 층을 포함하여 총 3가지 층이 생성된다. 여기서 구리 산화층은 스케일(scale)이라고 하며 물리적 또는 화학적으로 제거가 가능하고 알루미나 생성층은 분리하여 선재 또는 판재로 가공하여 전극재료 등으로 이용하게 된다.

[0065] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명에 의해 산화처리된 산화물 분산동의 표면에서 제거된 산화층으로 제조되며, Al, Ti, Ni 및 Fe로 이루어진 그룹에서 선택되는 1 이상을 포함하는 Cu_2O 산화제가 제공된다. 본 발명에 의해 산화물 분산동의 표면에서 상기 기계적으로 연마하거나 화학적으로 처리하여 제거된 산화처리 합금의 표면의 산화층(스케일, scale)은 구리 산화물뿐만 아니라 알루미나산화물, 티타늄 산화물 등이 포함되어 산소공급을 위한 산화제로 사용할 수 있다.

[0066] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명에 의한 티타늄을 포함하는 산화물 분산동을 이용하여 제조된 전극재료, 내마모성 코팅층, 또는 소형 내마모 소재를 제공한다. 보다 구체적으로 본 발명에 의한 산화물 분산동을 이용하여 저항 용접의 전극재료, 접점재, 커넥터, 동합금관, 열교환 부품, 고진공 부품, 가속기 부품 등을 제조할 수 있다. 본 발명에 의하면, 경도, 인장강도 및 전기전도도가 우수한 소재를 제공할 수 있다. 본 발명에 의한 합금은 이외 고전도도 및 고강도 특성이 필요한 모든 분야에서 활용될 수 있다.

[0067] 본 발명에 따른 티타늄이 포함된 산화물 분산 강화 구리합금 및 이를 이용한 분산동의 제조방법의 실시예를 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0068] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 구리-알루미늄-티타늄 합금의 산화처리 온도에 따른 산화층의 두께를 나타낸 SEM 이미지 및 합금 표면으로부터 거리별 산소 농도 프로파일을 나타낸 그래프이다. 도 2는 표 1의 비교예 2 및 실시예 2 ~ 4의 합금에 대해 980℃에서 내부산화를 시행한 후 scale 층의 x-ray 분석결과(도 2의 (a)) 및 (111)면의 분석 결과(도 2의 (b))를 나타낸다.

[0069] 내부산화시 구리-알루미늄-티타늄 합금은 산화물 분산층과 스케일층으로 나뉘게 되는데, 분산층은 선재나 판재 또는 분말형태로 제조될 수 있다. 또한 스케일층은 산화구리 및 티타늄을 포함한 산화물을 소량 포함하고 있어, 산화제로 사용될 수 있다.

[0070] 본 실시예에서 이용된 구리-알루미늄-티타늄 합금의 조성을 표 1에 나타내었다

표 1

[0071]

Alloy	Cu	Al	Ni	Fe	Ti	Ti 중량/구리를 제외한 금속원소 중량(%)
비교예 1	Bal.	0.3	-	-	-	0
비교예 2	Bal.	0.8	-	-	-	0
실시예 1	Bal.	0.28	-	-	0.065	18.8
실시예 2	Bal.	0.7	-	-	0.1	12.5
실시예 3	Bal.	0.4	-	-	0.4	50
실시예 4	Bal.	0.63	-	-	0.37	37
실시예 5	Bal.	-	0.52	0.18	0.2	22.2

[0072] **실험예 1. 실시예 1의 산화물 분산동 미세구조, 전기적 및 기계적 특성 분석**

[0073] 도 3은 비교예 1에 의한 구리-알루미늄 합금과 실시예 1에 의한 구리-알루미늄-티타늄 합금의 산화반응층의 미세구조를 나타낸 것이다.

[0074] 상기 도 3에 나타난 바와 같이, 티타늄이 첨가된 구리-알루미늄 합금인 실시예 1의 산화물은 비교예 1에 비해 동일 산화조건에 비해 입자의 크기가 감소하고 입자간 간격이 감소하였다.

[0075] 상기 도 3에 나타난 바와 같이, 비교예 1(티타늄이 첨가되지 않은 구리-알루미늄 합금)에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 평균 입자 크기는 약 42 nm인데 비해, 실시예 1에 따른 산화물 분산동의 분산상의 평균 입자 크기는 23 nm였고, 분포가 더 균일하였다. 또한, 비교예 1에 따른 산화물 분산동의 입자 형태는 막대형(rod) 또는 직사각형(rectangle) 형태인 반면(도 3의 (a) 참조), 실시예 1에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 형태는 구형(sphere)이었다(도 3의 (b) 참조).

[0076] 도 4는 비교예 1에 의한 구리-알루미늄 합금과 실시예 1에 의한 구리-알루미늄-티타늄 합금의 산화반응전과 산화반응후의 전기전도도(도 4의 (a)), 경도(도 4의 (b)), 및 인장특성(도 4의 (c))을 나타낸 것이다.

[0077] 상기 도 4에 나타난 바와 같이, 티타늄이 첨가된 구리-알루미늄 합금인 실시예을 산화반응후 전기전도도, 경도, 인장강도, 및 연신율이 비교예 1에 의한 구리-알루미늄 합금을 산화반응한 것에 비해 높게 나타났다. 산화물 생성으로 생성된 산화물 분산동은 티타늄이 첨가됨으로써 동일조건 대비 산화물이 구형화, 입자의 크기 감소, 및 입자간의 거리 감소에 의해, 전기전도도, 경도, 인장강도, 및 연신율이 증가되었음을 증명한다.

[0078] **실험예 2. 실시예 2 ~ 4의 산화물 분산동 미세구조, 전기적 및 기계적 특성 분석**

[0079] 도 5는 비교예 2와 실시예 2 ~ 4에 의한 내부산화한 산화물 분산동의 미세구조를 나타내었다. 도 5에 나타난 바와 같이, 티타늄 중량비가 증가할수록 산화물 형상의 구형화가 진행되고 입자간격이 감소하였음을 나타내었다.

[0080] 도 6은 비교예 2와 실시예 2 ~ 4에 의한 내부산화한 산화물 분산동의 산화물 평균크기, 평면밀도((도 6의 (a)), 및 산화물의 종횡비(도 6의 (b))를 나타내었다. 도 6에 나타난 바와 같이, 티타늄 중량비가 증가할수록 산화물 형상의 구형화가 진행되고 입자간격이 감소하였음을 나타내었다.

[0081] 도 7은 비교예 2와 실시예 2 ~ 4에 의한 내부산화한 산화물 분산동의 경도(도 7의 (a))와 전기전도도(도 7의 (b))를 나타내었다. 도 7에 나타난 바와 같이, 티타늄 중량비가 증가할수록 산화물 분산동의 경도가 증가함을 나타내었다.

[0082] 도 8은 비교예 2와 실시예 2 ~ 4에 의한 2시간(도 8의 (a))과 4시간(도 8의 (b)) 내부산화한 산화물 분산동의 인장강도와 연신율의 그래프를 나타내었다. 도 8에 나타난 바와 같이, 티타늄 중량비가 증가할수록 산화물 분산동의 인장강도와 연신율이 증가하였음을 나타내었다.

[0083] 상술한 바와 같이, 산화물 생성으로 생성된 산화물 분산동은 티타늄이 첨가됨으로써 동일조건 대비 산화물이 구형화, 입자의 크기 감소, 및 입자간의 거리 감소에 의해, 인장강도, 및 연신율이 증가되었음이 확인되었다.

[0084] 상기 도 5 ~ 도 6에 나타난 바와 같이, 비교예 2(티타늄이 첨가되지 않은 구리-알루미늄 합금)에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 평균 입자 크기는 약 60 nm인데 비해, 티타늄 첨가량이 증가할수록 산화물 분산동의

분산상의 평균 입자 크기는 작아 23 ~32 ㎚였다.

[0085] 나아가, 비교예 2에 따른 산화물 분산동의 입자 형태는 막대형(rod) 또는 직사각형(rectangle) 형태가 비교적 많은 반면, 알루미늄 대비 티타늄 함량이 증가할수록 산화물 분산상의 형태 중 구형(sphere)의 비율이 증가하였다(도 5 및 도 6 참조).

[0086] 도 9는 비교예 2에 따른 분산상의 형태, 조성, 및 방위관계를 나타낸 TEM 도면이다. 위 산화물은 $(111)Cu//(222)Al_2O_3$ 한 면이 안정한 방위관계를 가져, 분산상이 일방향으로 성장되기 쉽고, 막대(rod) 형태가 된다. 실시예 3에 따른 분산상의 형태, 조성, 및 방위관계를 나타낸 TEM 도면은, 비교예 2와는 다르게 티타늄이 첨가되면서 $(111)Cu//(222)Al_2O_3$ 뿐만 아니라, $(111)Cu//(222)Al_2O_3$, $(200)Cu//(400)Al_2O_3$ 면이 안정한 방위관계를 가져, 다양한 면으로 분산상이 성장하여 구형(shpere)에 가까운 형태를 가지게 된다.

[0087] 또한, 비교예 2(티타늄이 첨가되지 않은 구리-알루미늄 합금)에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 밀도는 약 $1.75 \times 10^9/㎤$ 인데 비해, 본 발명에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 평균 밀도는 $6.00 \times 10^9/㎤$ ~ $1.40 \times 10^{10}/㎤$ 였다. 본 발명에 의해 제조된 산화물 분산동의 분산상의 밀도는 알루미늄 대비 티타늄의 첨가량이 증가할수록 상대적으로 증가한다.

[0088] **실험예 3. 비교예 2 와 실시예 3의 산화물 분산동의 산화물 분석**

[0089] 도 9은 비교예 2와 실시예 3를 내부산화한 산화물 분산동의 산화물을 분석한 결과를 나타내었다. 도 9에 나타난 바와 같이, 티타늄이 첨가된 구리-알루미늄 합금을 산화시켰을 경우, Ti이 고용된 알루미늄 산화물, TiO_2, 및 $Al_3Ti_5O_2$ 산화물이 생성되었음을 나타내었다.

[0090] 구리-알루미늄 합금에 첨가되는 티타늄이 증가할수록 산화물 분산동의 분산상의 형태가 막대형 또는 직사각형 형태보다는 구형 형태가 증가하였다. 도 5의 실시예 2는 디프랙션 패턴(diffraction pattern) 및 Cu-Al 합금의 TEM 이미지를 함께나타낸다. 알루미늄 대비 티타늄의 중량% 비가 0.23일 때 산화물의 형태가 대부분 구형화 되었다.

[0091] 본 발명에 따라 산화물 생성으로 생성된 산화물 분산동은 티타늄이 첨가됨으로써 동일조건 대비 산화반응된 산화물의 농도변경, 티타늄산화물이 생성됨으로써 산화물이 구형화, 입자의 크기 감소, 및 입자간의 거리 감소되었음이 확인되었다.

[0092] **실험예 4. 실시예 5의 산화물 분산동의 산화물 분석과 전기적 및 기계적 특성 분석**

[0093] 도 10은 실시예 5에 따라 내부산화한 산화물 분산동의 산화물을 TEM 이미지 조사 분석한 결과를 나타내었다. 도 10에 나타난 바와 같이, 티타늄이 첨가된 구리-니켈-철 합금을 산화시켰을 경우, Ti이 고용된 철 산화물, 니켈과 철이 포함된 티타늄 산화물이 생성되었음을 나타내었다.

[0094] 도 10은 실시예 5에 내부산화 후 분산상의 형태, 조성, 및 방위관계를 나타낸 TEM 도면이다. 위 산화물은 $(Fe, Ni)TiO_3$ 및 $Fe_2(Ti, Ni)O_4$ 조성을 가지고 구형(shpere), 및 사각형(rectangle) 형태를 가진다.

[0095] 도 11은 $FeTiO_3$ 과 $NiTiO_3$의 격자구로를 나타낸 것으로써, Fe와 Ni은 Ti과 동일한 산화물을 생성시킨다는 증거이다.

[0096] 도 12는 실시예 5에 따른 내부산화한 산화물 분산동의 소성가공후 인장특성(도 12의 (a)) 및 전기전도도(도 12의 (b))를 나타내었다. 위 결과는 티타늄을 포함한 산화물이 분산동의 기계적 특성을 향상시키는 것을 증명한다.

[0097] **실험예 7. 실시예 2 ~ 5의 산화물 분산동의 경도, 전기전도도, 및 기계적 특성 분석**

[0098] 도 13은 실시예 2 ~ 4에 따른 산화물 분산동의 경도 및 전기전도도를 나타낸 것으로써 경도와 전기전도도를 곱한 값이 비교예 1 과 2에 비해 높은 값을 가지는 것으로 나타났다.

[0099] 도 14는 실시예 2 ~ 4에 따른 산화물 분산동의 항복강도, 및 연신율을 나타낸 것으로써 항복강도와 연신율을 곱한 값이 비교예 2에 비해 높은 값을 가지는 것으로 나타났다.

[0100] 도 13과 도 14는 티타늄을 포함한 산화물을 포함한 분산동이 산화물이 구형화, 입자의 크기 감소, 및 입자간의 거리 감소시킴에 따라 기계적 특성을 향상시키는 것을 증명한다.

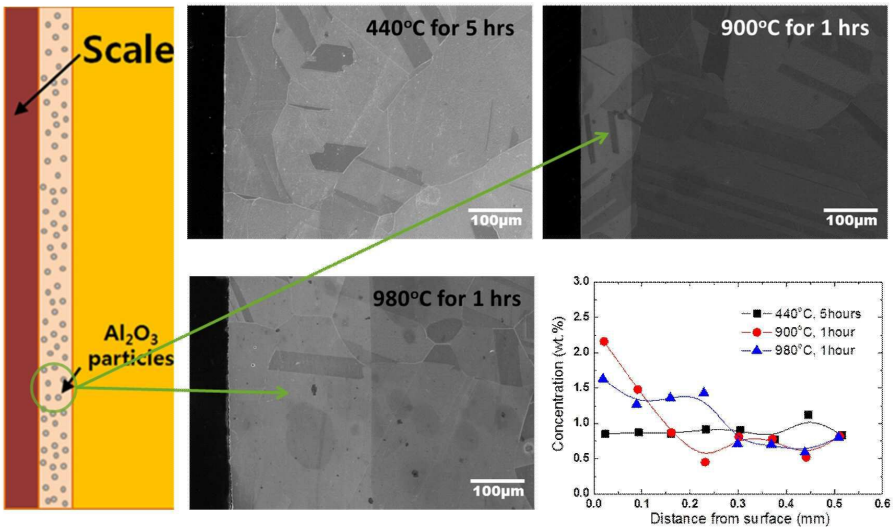
[0101] 도 15는 실시예 2 ~ 5에 따른 산화물 분산동이 비교예 1과 2의 산화물 분산동과 대비하여 산화물이 구형화, 입자크기 감소, 및 입자간 거리 감소가 일어나는 메커니즘을 개략적으로 설명한 그림이다. 상기 도 15에 따르면 티타늄이 첨가된 실시예의 분산상은 Al_2O_3 뿐만 아니라, TiO_2, $Al_3Ti_5O_2$, Fe_2TiO_4, $FeTiO_3$, $NiTiO_3$, 및 $(Fe,Ni)TiO_3$와 같은 다양한 분산상을 형성한다. 따라서 내부산화 시 내부로 확산된 산소는 알루미늄뿐만 아닌 티타늄과도 동시에 반응하여 다양한 화학양론비를 가지게 되고 Ni, Fe 및 Al 등이 포함됨에 따른 여러 가지 분산상을 함께 형성하게 된다. 따라서 상기 도 15에 나타낸 바와 같이 적은 산소로도 산화물을 생성할 수 있고 입자크기가 감소하며, 입자간 거리가 감소하게 되는 것을 증명된다.

[0102] 본 발명의 실시예 1 ~ 4에 따른 티타늄을 포함한 구리-알루미늄합금은 내부산화 과정에서 알루미늄과 티타늄이 산화물을 서로 다양한 화학양론비로 형성하여 한 가지 산화물의 과도한 성장을 막고, 티타늄이 알루미나에 고용되면서 다양한 안정한 면을 만들어 산화물을 구형화 시킨다. 마찬가지로 실시예 5 또한 내부산화를 통해 니켈, 철이 티타늄과 함께 산화되어 구형에 가까운 다양한 분산상을 형성한다. 이와 같이 알루미늄, 티타늄뿐만 아니라 산화가 용이한 니켈, 크롬, 바나듐, 지르코늄, 망간, 코발트, 아연, 이리듐, 몰리브덴 등의 전이금속의 복합첨가를 통하여 구리-알루미늄-티타늄, 구리-철-니켈 합금과 비슷한 복합 산화물을 가지는 다양한 분산동을 제작할 수 있다.

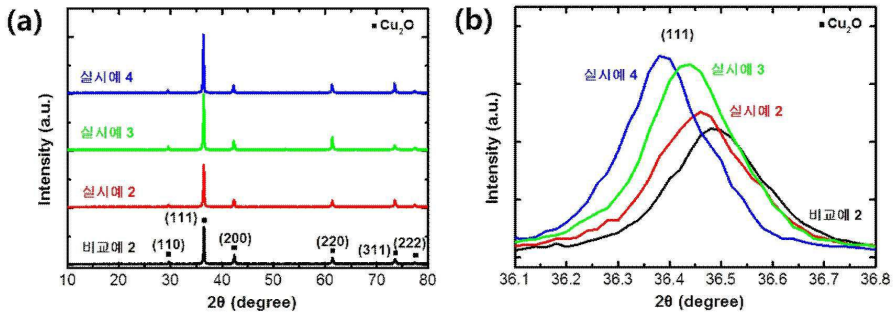
[0103] 이상, 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리범위 내에 포함된다고 할 것이다.

도면

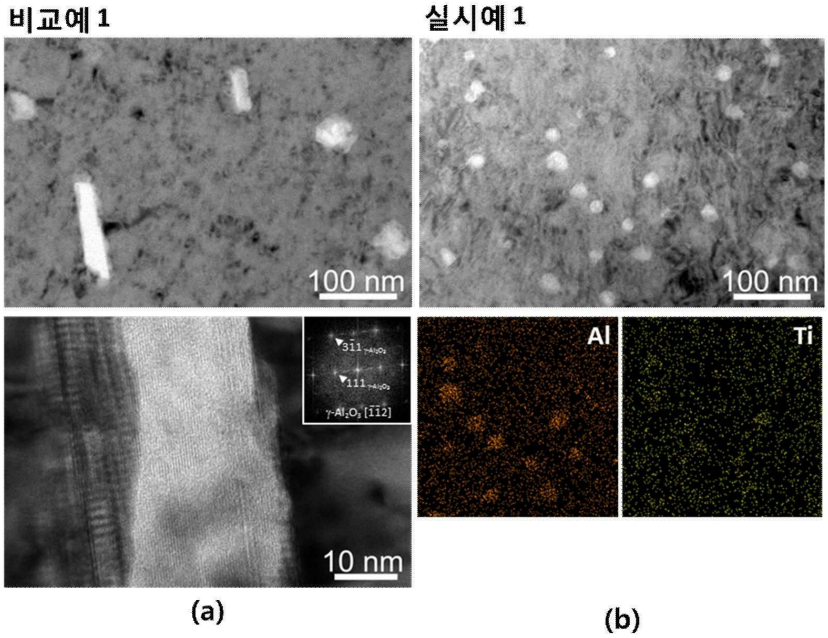
도면1



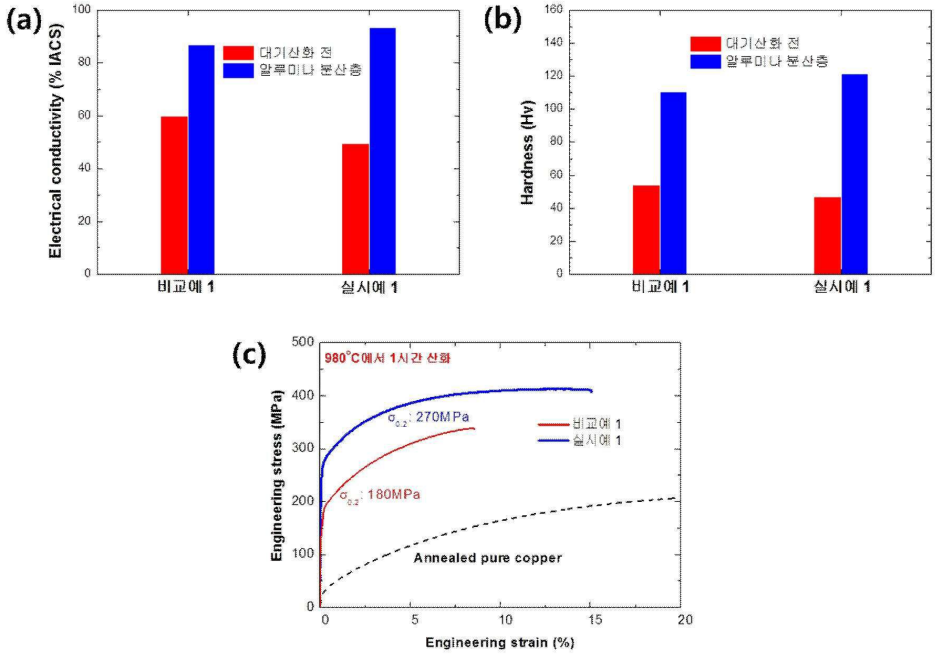
도면2


(a)
Cu2O
실시예 4
실시예 3
실시예 2
비교예 2
(111)
(110)
(200)
(220)
(311)
(222)
Intensity (a.u.)
2θ (degree)
(b)
(111)
실시예 4
실시예 3
실시예 2
비교예 2
Intensity (a.u.)
2θ (degree)

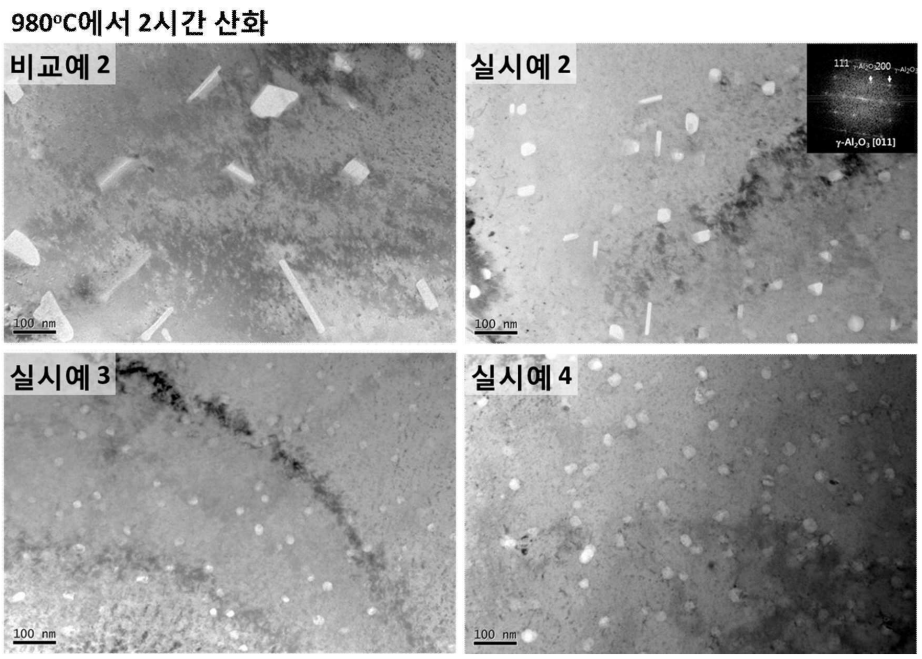
도면3


비교예 1
실시예 1
100 nm
100 nm
10 nm
Al
Ti
(a)
(b)

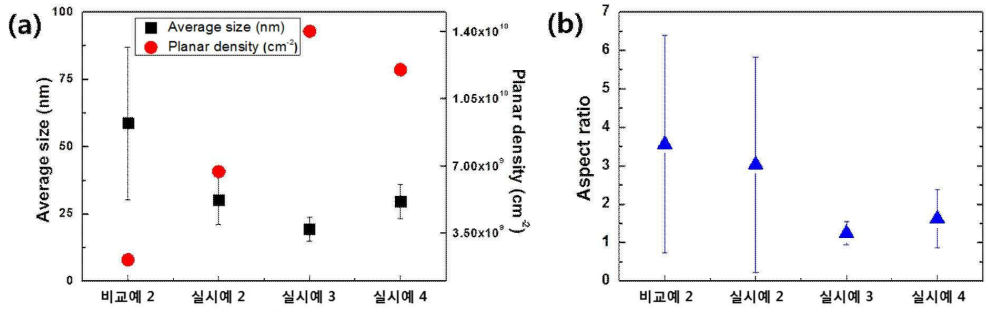
도면4


(a)
Electrical conductivity (% IACS)
대기산화 전
알루미나 분산층
비교예 1
실시예 1
(b)
Hardness (Hv)
대기산화 전
알루미나 분산층
비교예 1
실시예 1
(c)
980°C에서 1시간 산화
Engineering stress (MPa)
σ0.2: 270MPa
σ0.2: 180MPa
비교예 1
실시예 1
Annealed pure copper
Engineering strain (%)

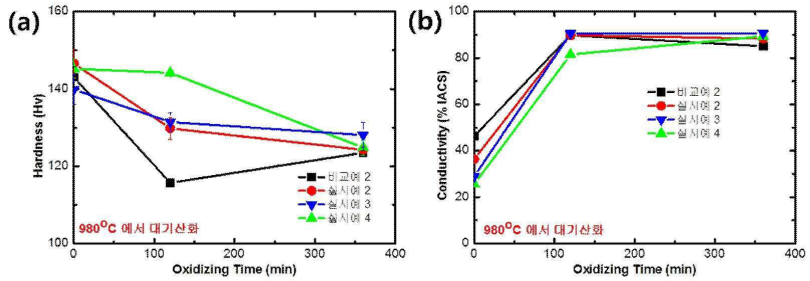
도면5


980°C에서 2시간 산화
비교예 2
실시예 2
실시예 3
실시예 4
100 nm

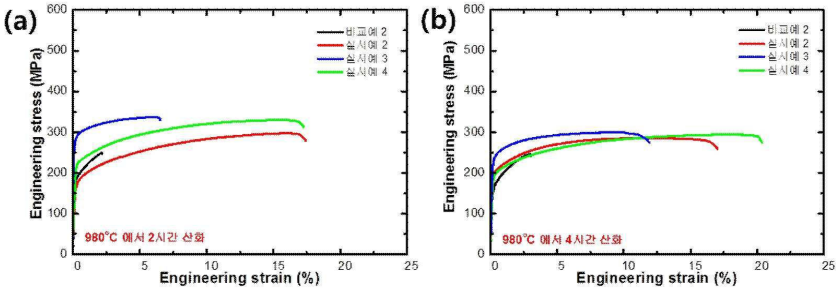
도면6


(a)
Average size (nm)
Planar density (cm-2)
Average size (nm)
Planar density (cm-2)
1.40x10^10
1.05x10^10
7.00x10^9
3.50x10^9
비교예 2
실시예 2
실시예 3
실시예 4
(b)
Aspect ratio
비교예 2
실시예 2
실시예 3
실시예 4

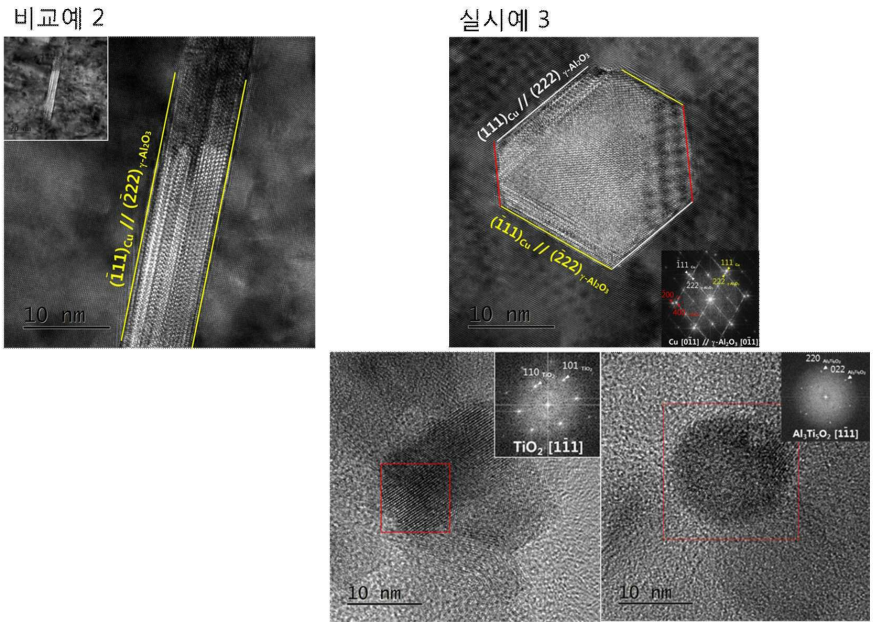
도면7


(a)
Hardness (Hv)
980°C 에서 대기산화
비교예 2
실시예 2
실시예 3
실시예 4
Oxidizing Time (min)
(b)
Conductivity (% IACS)
980°C 에서 대기산화
비교예 2
실시예 2
실시예 3
실시예 4
Oxidizing Time (min)

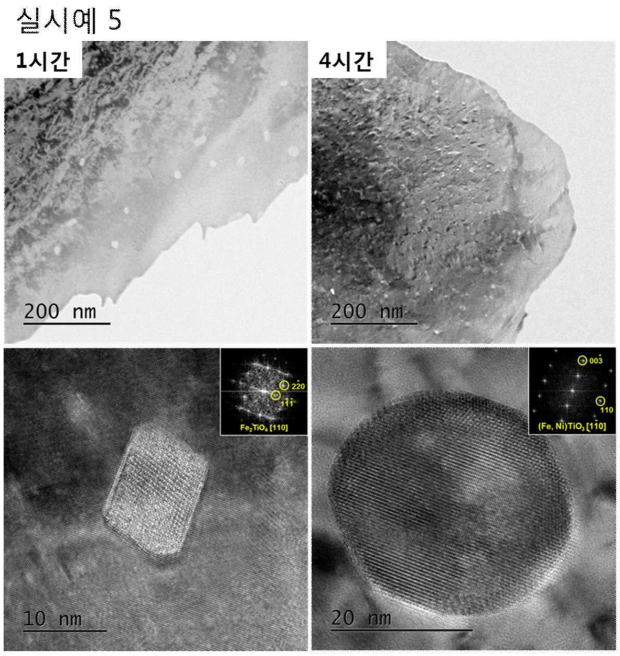
도면8


(a)
Engineering stress (MPa)
980°C 에서 2시간 산화
비교예 2
실시예 2
실시예 3
실시예 4
Engineering strain (%)
(b)
Engineering stress (MPa)
980°C 에서 4시간 산화
비교예 2
실시예 2
실시예 3
실시예 4
Engineering strain (%)

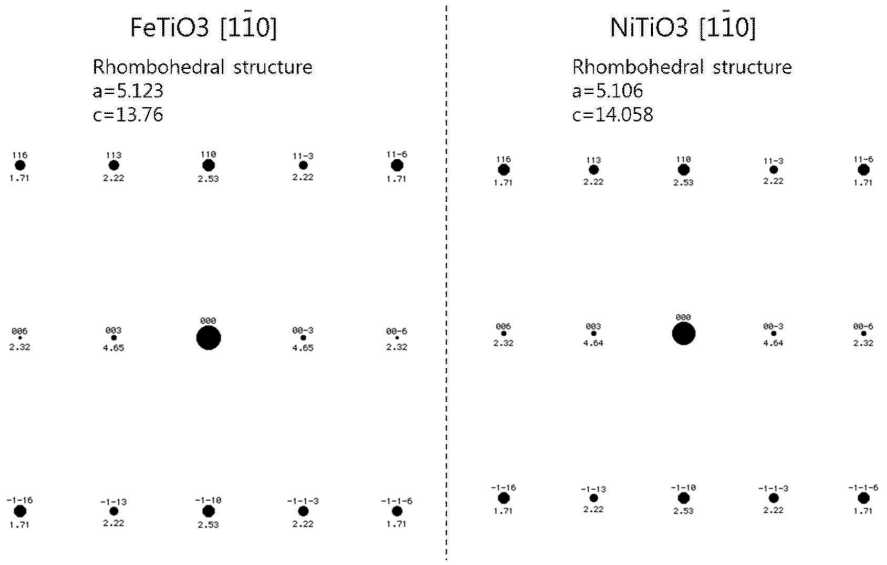
도면9


비교예 2
10 nm
실시예 3
10 nm
10 nm
10 nm

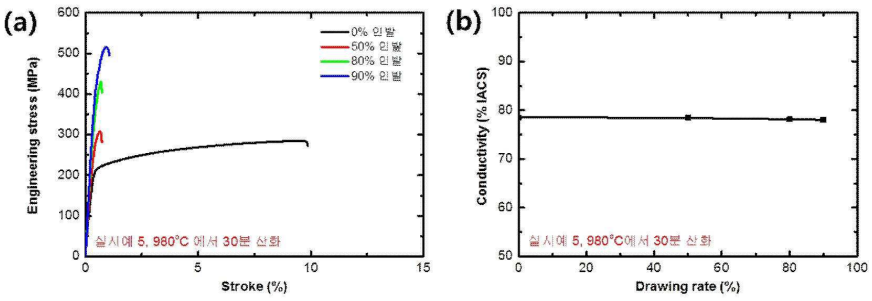
도면10


실시예 5
1시간
4시간
200 nm
200 nm
10 nm
20 nm

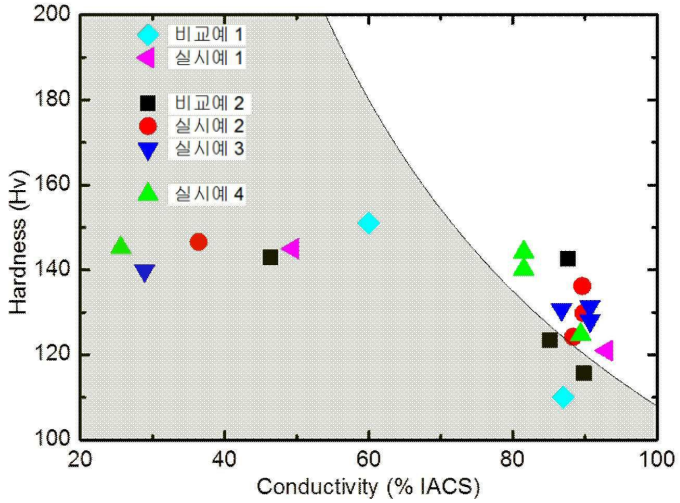
도면11



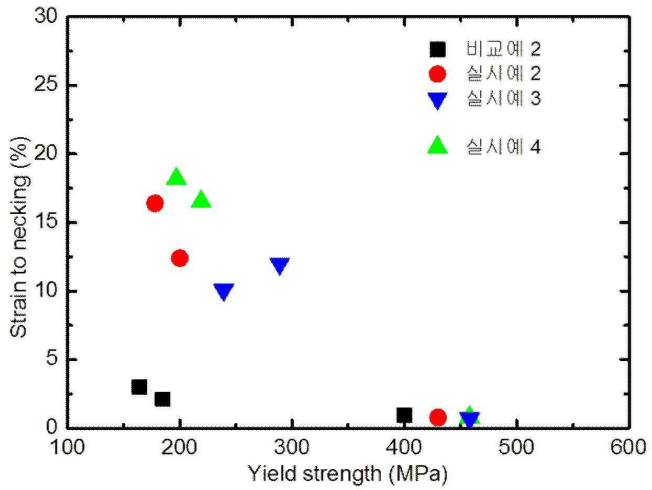
도면12



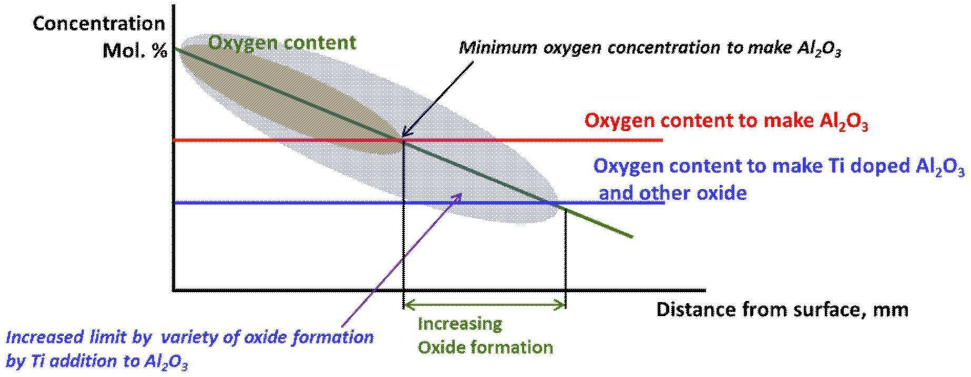
도면13



도면14


30
25
20
15
10
5
0
100
200
300
400
500
600
Strain to necking (%)
Yield strength (MPa)
비교예 2
실시예 2
실시예 3
실시예 4

도면15


Concentration
Mol. %
Oxygen content
Minimum oxygen concentration to make Al2O3
Oxygen content to make Al2O3
Oxygen content to make Ti doped Al2O3
and other oxide
Distance from surface, mm
Increasing
Oxide formation
Increased limit by variety of oxide formation
by Ti addition to Al2O3