



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0147684
(43) 공개일자 2021년12월07일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 23/06 (2006.01) C22C 1/02 (2006.01)
C22C 23/04 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
C22C 23/06 (2013.01)
C22C 1/02 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2020-0065278
(22) 출원일자 2020년05월29일
심사청구일자 2020년05월29일</p> | <p>(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(72) 발명자
박성수
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
백수민
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(74) 대리인
유미특허법인</p> |
|---|---|

전체 청구항 수 : 총 13 항

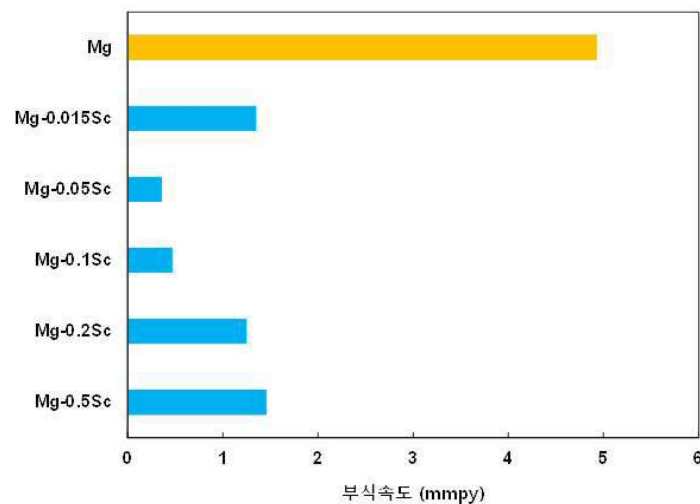
(54) 발명의 명칭 마그네슘 합금 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 마그네슘 합금 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명의 일 구현예인 마그네슘 합금은, 마그네슘 합금 전체 100중량%에 대해, 희토류 원소(RE) 0.02 내지 2 중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하는 마그네슘 합금일 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C22C 23/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711091686
과제번호	2019R1A2C1003905
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	상 전위 제어형 스테인리스 마그네슘 합금 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2019.03.01~2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

마그네슘 합금 전체 100중량%에 대해, 희토류 원소(RE) 0.02 내지 2 중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하는 마그네슘 합금.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 희토류 원소는 Sc 인 것인 마그네슘 합금.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 마그네슘 합금은, Mg 및 Sc로 구성되는 이원계 합금인 것인 마그네슘 합금.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 마그네슘 합금은, Mg-Sc-Mn, Mg-Sc-Ca, Mg-Sc-Y, Mg-Sc-Zn, 또는 Mg-Sc-Sn 삼원계 합금인 것인 마그네슘 합금.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 마그네슘 합금은,

Sc-Si-Fe, Sc-Si, 또는 이들의 조합인 이차상 입자를 포함하는 것인 마그네슘 합금.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 마그네슘 합금은,

Sc 0.05 내지 0.1 중량%를 포함하는 것인 마그네슘 합금.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 마그네슘 합금은, Mn: 2.8중량% 이하를 더 포함하는 것인 마그네슘 합금.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 마그네슘 합금은 Ca: 0.1중량% 이하를 더 포함하는 것인 마그네슘 합금.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 마그네슘 합금은, Y: 1중량% 이하를 더 포함하는 것인 마그네슘 합금.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 마그네슘 합금은, Zn: 2중량% 이하를 더 포함하는 것인 마그네슘 합금.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 마그네슘 합금은, Sn: 5중량% 이하를 더 포함하는 것인 마그네슘 합금.

청구항 12

전체 100중량%에 대하여, 희토류 원소(RE) 0.02 내지 2 중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 준비하는 단계; 및

상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계;를 포함하는, 마그네슘 합금의 제조방법.

청구항 13

제11항에서,

상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계 이후에,

상기 주조재에 대해 압연, 압출, 인발, 단조, 또는 이들의 조합을 더 포함하는 마그네슘 합금의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 일 구현예는 마그네슘 합금 및 이의 제조방법 에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 마그네슘 합금은 실용 구조용 금속재료 중 가장 낮은 비중, 우수한 비강도 및 비강성을 갖고 있어, 최근 경량화가 필요한 자동차 및 전자제품에서의 수요가 증가하고 있다. 또한 의료용 생체분해형 임플란트로서의 가능성이 제시되어 현재 외과 골절용 임플란트 및 혈관/소화기 스텐트용 마그네슘 소재 개발 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 기존의 마그네슘 소재에 대한 연구는 마그네슘의 우수한 주조성을 바탕으로 자동차 엔진이나 기어부품 등에 적용하기 위한 주조용 마그네슘 합금에 치중되어 있었으나, 최근 들어 경량화가 요구되는 부분에 더욱 다양하게 적용될 수 있는 압출재 또는 판재 형태의 가공용 마그네슘 합금에 대한 연구가 보다 활발히 진행되고 있다.

[0005] 그런데 마그네슘 합금으로서 개발되어 있는 마그네슘-알루미늄계, 마그네슘-아연계, 마그네슘-주석계 등 대부분의 마그네슘 합금은 고온에서 쉽게 발화하는 특성을 가질 뿐 아니라 경쟁 금속인 알루미늄 합금에 비해 매우 높은 부식속도를 나타내고 있다. 이는 구조용 및 의료용 소재로서의 마그네슘 합금의 상용화를 저해하는 걸림돌로 작용하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 마그네슘 합금재 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 구현예에서는, 마그네슘 합금 전체 100중량%에 대해, 희토류 원소(RE) 0.02 내지 2 중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하는 마그네슘 합금을 제공한다.

[0010] 상기 희토류 원소는 Sc 일 수 있다.

[0011] 상기 마그네슘 합금은, Mg 및 Sc 이원계 합금일 수 있다.

[0012] 또는, 상기 마그네슘 합금은, Mg-Sc-Mn, Mg-Sc-Ca, Mg-Sc-Y, Mg-Sc-Zn, 또는 Mg-Sc-Sn 삼원계 합금일 수 있다.

[0013] 상기 마그네슘 합금은, Sc-Si-Fe, Sc-Si, 또는 이들의 조합인 이차상 입자를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 마그네슘 합금은, Sc 0.02 내지 0.5 중량%를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 마그네슘 합금은, Sc 0.05 내지 0.1 중량%를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 마그네슘 합금은, Mn: 2.8중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로 0 초과 및 2.8중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로 0.1 내지 2.8중량%를 더 포함할 수 있다.

[0017] 상기 마그네슘 합금은 Ca: 0.1중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로 0초과 및 0.1중량% 이하를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 마그네슘 합금은, Y: 1중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로 0초과 및 1중량% 이하를 더 포함할 수 있다.

[0019] 상기 마그네슘 합금은, Zn: 2.0중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 0 초과 및 2.0중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로 0.1 내지 2.0중량%를 더 포함할 수 있다.

[0020] 상기 마그네슘 합금은, Sn: 5중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 0초과 및 5 중량% 이하를 더 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 다른 일 구현예에서는, 전체 100중량%에 대하여, 희토류 원소(RE) 0.02 내지 2 중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 준비하는 단계; 및 상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계;를 포함하는, 마그네슘 합금의 제조방법을 제공한다.

[0022] 상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계 이후에, 상기 주조재에 대해 압연, 압출, 인발, 단조, 또는 이들의 조합을 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 내식성이 우수한 마그네슘 합금을 제공할 수 있다. 이러한 마그네슘 합금은 우

수한 내부식성을 요구하는 산업 등에 실제적 적용이 가능한 주조재, 압연재, 압출재, 인발재, 단조재 등으로 다양하게 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은, 스칸듐 함량에 따른 부식 속도 비교 데이터이다.
- 도 2는 비교예 1인 Mg 주조재 내부에 형성된 이차상 입자를 보여주는 주사전자현미경 사진이다.
- 도 3은 실시예 2인 Mg-0.05Sc 주조재 내부에 형성된 이차상 입자를 보여주는 주사전자현미경 사진이다.
- 도 4 및 도 5는 전술한 이차상 물질과 마그네슘 기지 간의 불타포텐셜 차이를 측정한 결과이다.
- 도 6은, Sc 함량 증가에 따른 마그네슘 주조재의 표면 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.
- [0028] 따라서, 몇몇 실시예들에서, 잘 알려진 기술들은 본 발명이 모호하게 해석되는 것을 피하기 위하여 구체적으로 설명되지 않는다. 다른 정의가 없다면 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 명세서 전체에서 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. 또한 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다.
- [0030] 본 발명의 일 구현예에서는, 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, 희토류 원소(RE) 0.02 내지 2 중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하는 마그네슘 합금을 제공한다.
- [0032] 상기 마그네슘 합금재의 성분 및 조성을 한정하는 이유는 하기와 같다.
- [0034] 스칸듐은 이차상 입자의 전기화학적 특성 변화에 관여하여 마그네슘 합금재의 내식성을 향상시키는 역할을 한다.
- [0035] 이에 따라, 스칸듐의 함량이 너무 적으면 스칸듐이 포함된 이차상 입자의 전기화학적 특성 변화의 정도가 적어 내부식성 향상에 대한 스칸듐의 첨가 효과를 기대하기 어려울 수 있다. 반면, 스칸듐의 함량이 너무 많으면 스칸듐이 포함된 입자의 분율이 과도하여 마이크로갈바닉 부식이 촉진되는 문제 및 합금재 가격 상승의 문제가 야기될 수 있다. 또한 스칸듐의 함량이 과도할 경우 주조재 표면에 요철이 발생할 수 있다.
- [0037] 희토류 원소는 이차상 입자의 전기화학적 특성 변화에 관여하여 내식성을 향상시킬 수 있다. 구체적으로, 본 발명의 일 구현예에서 상기 희토류 원소(RE) 중 스칸듐을 전술한 함량 범위로 제어하여 같이 첨가함으로써 내식성 향상 효과를 더욱 기대할 수 있다.
- [0038] 희토류 원소의 함량이 너무 적을 경우 내식성 향상 효과가 미미할 수 있고, 너무 많을 경우 합금 제조 비용이 과도하게 증가할 수 있다.
- [0039] 이에, 희토류 원소의 중량 범위는 0.02 내지 2중량%일 수 있다. 구체적으로는, 0.05 내지 0.1중량%일 수 있다.

- [0041] 망간은 고용강화 등으로 합금의 강도 증가에 기여한다. 뿐만 아니라, 합금 내 불순물을 흡수하는 화합물 입자를 형성함으로써, 마그네슘 합금의 내부식성 향상에 기여한다.
- [0042] 이에 따라, 망간의 함량이 너무 적으면 강도 증가 및 내부식성 향상 효과가 미미할 수 있다. 스칸듐을 포함하는 마그네슘 합금재에서도 망간의 상기 내식성 향상 효과가 있을 수 있다. 다만, 스칸듐을 포함하는 마그네슘 합금재에서 망간을 너무 많이 첨가할 경우, 망간을 포함한 입자의 분율이 과도하여 마이크로갈바닉 부식이 오히려 촉진됨으로써 내식성을 저하시킬 수 있다. 또한, 망간이 포함된 입자의 분율이 과도할 경우 합금의 소성 변형 시 연신율이 저하될 수 있다. 이에, 망간의 상한값을 본 발명의 일 구현예와 같이 한정할 수 있다.
- [0043] 이에 따라, 상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, 0 초과 및 2.8 중량%의 Mn을 포함할 수 있다. 구체적으로, 0.1 내지 2.8중량%일 수 있다.
- [0044] 더 구체적으로, 망간 함량이 2.8중량%를 초과하게 되면, 전술하였지만 희토류 원소 첨가에 따른 내식성 향상 효과가 미미하고 연신율이 저하될 수 있다.
- [0046] 칼슘은 합금의 내발화 온도를 상승시키는 역할을 한다.
- [0047] 이에 따라, 칼슘의 함량이 너무 적으면 합금의 내발화 온도가 낮아 발화 억제에 위한 고가의 보호가스 사용이 필요할 수 있으며 이로 인해 합금 제조 비용이 상승할 수 있다. 반면, 칼슘의 함량이 너무 많으면 칼슘이 포함된 입자의 분율이 과도하여 합금의 소성 가공 시 입자 주위에서의 응력 집중으로 크랙이 발생할 수 있다. 또한, 칼슘이 포함된 입자의 분율이 과도하여 마이크로갈바닉 부식이 촉진될 수 있다. 이에, 칼슘의 상한값을 본 발명의 일 구현예와 같이 한정할 수 있다.
- [0048] 이에, 상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Ca은 0.1중량% 이하로 포함할 수 있다. 보다 구체적으로는, 0초과 및 0.1중량% 이하 범위일 수 있다.
- [0049] 전술한 바와 같이, 성분의 조성 범위를 한정함으로써, 내식성이 우수한 마그네슘 합금재를 제공할 수 있다.
- [0051] 이트륨은 칼슘과 마찬가지로 마그네슘 합금의 내발화온도를 상승시키는 역할을 한다.
- [0052] 이에 따라, 이트륨을 너무 적게 첨가하는 경우, 발화온도가 낮아 내발화성 향상 효과가 미미할 수 있다. 반면, 이트륨의 함량이 너무 많은 경우에는 이트륨이 포함된 입자의 분율이 과도하여 마이크로갈바닉 부식이 촉진되는 문제 및 합금재 가격 상승의 문제를 야기할 수 있다.
- [0054] 아연은 알루미늄과 마찬가지로 고용강화 및 석출강화를 통해 합금의 강도 증가에 기여하는 역할을 한다.
- [0055] 이에 따라, 아연의 함량이 너무 적으면 강도 증가 효과를 기대할 수 없어 구조용 소재로 사용이 어려울 수 있다. 반면, 아연의 함량이 너무 많으면 아연이 포함된 입자의 분율이 과도하여 마이크로갈바닉 부식이 촉진될 수 있다. 이에, 아연의 상한값을 본 발명의 일 구현예와 같이 한정할 수 있다.
- [0056] 이에, 상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Zn: 2.0중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 0 초과 및 2.0중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로 0.1 내지 2.0중량%를 더 포함할 수 있다.
- [0058] 주석(Sn)은 알루미늄 및 아연과 마찬가지로 고용강화 및 석출강화를 통해 합금의 강도 증가에 기여하는 역할을 한다. 마그네슘 합금 내에 주석을 첨가할 경우 Mg₂Sn 석출상의 존재로 인해 강도 향상을 기대할 수 있으나 석출상의 분율 증가로 인해 마이크로갈바닉 부식이 촉진될 수 있다.
- [0059] 마그네슘 합금 내에 주석이 5 중량 % 초과로 포함되는 경우에는 과도한 석출상의 존재로 인해 마이크로갈바닉 부식이 촉진됨으로써 Sc첨가로 인한 내식성 개선 효과가 상쇄될 수 있다.
- [0060] 이에 상기 마그네슘 합금은, Sn: 5중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 0초과 및 5 중량% 이하를 더 포함할 수 있다.

- [0062] 본 발명의 일 구현예에 따른 마그네슘 합금은, Mg 및 Sc 이원계 합금일 수 있다.
- [0063] 이러한 합금 내에는, Sc-Si-Fe, Sc-Si, 또는 이들의 조합인 이차상 입자를 포함할 수 있다. 후술하는 실시예에서 보다 자세히 설명하겠지만, 이러한 이차상 입자는 전기화학적 전위가 마그네슘과 비슷하기 때문에, 마그네슘 기지와 전기화학적 전위차가 감소하여 마이크로갈바닉 부식이 억제될 수 있다.
- [0065] 본 발명의 다른 일 구현예인 마그네슘 합금재의 제조방법은, 전체 100중량%에 대하여, 희토류 원소(RE) 0.02 내지 2 중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 준비하는 단계; 및 상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계;를 포함하는, 마그네슘 합금의 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0066] 상기 용탕의 성분 및 조성을 한정한 이유는 전술한 마그네슘 합금의 성분 및 조성을 한정한 이유와 같으므로 생략한다.
- [0068] 상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계;는, 600℃ 내지 800℃ 온도 범위에서 실시할 수 있다.
- [0069] 보다 구체적으로, 사형주조, 중력주조, 가압주조, 저압주조, 탈랍주조, 박판주조, 스트립캐스팅, 단물주조, 연속주조, 전자기주조, 전자기연속주조, 다이캐스팅, 정밀주조, 동결주조, 분무주조, 원심주조, 반응고주조, 급냉주조, 측방압출주조, 싱글베틀주조, 트윈베틀주조, 셀몰드주조, 무주형주조, 3D 프린팅, 또는 이들의 조합으로 주조재를 제조할 수 있다. 다만, 이에 제한하는 것은 아니다.
- [0071] 상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계 이후에, 상기 주조재에 대한 압연, 압출, 인발, 단조, 또는 이들의 조합으로 구성된 가공열처리 공정을 더 포함할 수 있다.
- [0072] 이는, 상기에서 제조한 주조재는 추후 가공 공정을 더 실시할 수 있음을 의미한다. 이로써, 상기 주조재는 압연재, 압출재, 인발재, 단조재, 또는 제품의 형상으로 제공될 수 있다. 이때, 압연, 압출, 인발, 단조, 또는 이들의 조합을 포함하는 가공 공정을 구체적으로 제한하는 것은 아니며, 주조재를 이용하여 필요한 경우 적절한 열처리를 행한 후 가공하는 방법이라면 모두 가능하다.
- [0074] 이하, 실시예를 통해 상세히 설명한다. 단 하기의 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.
- [0076] **실험예**
- [0077] 합금 제작 방식: 순 Mg(99.9%), 순 Sc(99.9%), 을 사용하였다. 이들을 하기 표 1의 조성을 갖도록 하여, Mg 합금을 고주파 유도 용해로를 이용하여 흑연 도가니(graphite crucible) 내에서 용해하였다. 이때 용탕의 산화를 방지하기 위해 SF₆와 CO₂ 혼합가스를 용탕 상부에 도포하여 대기와의 접촉을 차단하였다. 용해 후 용탕을 750 ℃에서 10분간 유지한 후 200 ℃로 예열된 스틸 몰드를 이용해 높이 80 mm, 폭 40 mm, 두께 12 mm의 크기의 주조(as-cast) 시편을 제조하였다.
- [0078] 부식속도 평가방식 및 결과: 표 1에 따른 총 31개의 마그네슘 합금 시편의 부식특성을 평가하기 위하여, 먼저 마그네슘 합금 시편의 표면을 P 1200 사포단계까지 연마한 후 25 ℃의 온도로 유지되는 3.5 중량% NaCl 용액에서 상기 마그네슘 합금 시편에 대한 침지시험을 수행하였다.
- [0079] 즉, 3.5 중량% NaCl 용액 내에 앞서 준비된 마그네슘 합금 시편을 25 ℃에서 72시간 동안 침지하고, 200 g/L 농도의 크롬산(CrO₃) 용액을 이용하여 침지 시 생성된 표면 산화층을 제거한 뒤 침지 전후의 무게 변화를 측정하여 시편의 부식속도(단위: mmpy)를 다음 수식식에 따라 계산하였으며, 그 결과는 다음 표 1과 같다. 부식속도(mmpy) = 8760(h/year) x 10(mm/cm) x 무게감소량(g) / (시편 밀도(g/cm³) x 침지시간(h) x 노출면적(cm²))

표 1

[0080]

	구분	합금명	Sc 함량 (중량%)	시험조건	부식속도 (mmpy)
1	비교예 1	Mg	-	주조재	4.93
2	실시예 1	Mg-0.02Sc	0.02	주조재	1.35
3	실시예 2	Mg-0.05Sc	0.05	주조재	0.36
4	실시예 3	Mg-0.1Sc	0.1	주조재	0.48
5	실시예 4	Mg-0.2Sc	0.2	주조재	1.25
6	실시예 5	Mg-0.5Sc	0.5	주조재	1.46
7	실시예 6	Mg-1.0Sc	1.0	주조재	1.21
8	비교예 2	Mg-1.5Sc	1.5	주조재	1.36
9	비교예 3	Mg-2.0Sc	2.0	주조재	1.28
10	비교예 4	Mg-3.0Sc	3.0	주조재	1.30

[0082]

표 1에서와 같이, Sc 첨가로 인해 마그네슘의 내식성이 개선되는 것을 알 수 있다.

[0083]

다만, 적정 수준 이상의 Sc를 포함하게 되는 경우, 제조된 시편의 품질에 문제가 발생할 수 있다. 도 6은, Sc 증량에 따른 마그네슘 주조재의 표면 사진이다. Sc 함량이 증가함에 따라 마그네슘 표면에 요철이 발생한 것을 알 수 있다.

[0085]

도 1은, 스칸듐 함량에 따른 부식 속도 비교 데이터이다.

[0086]

마그네슘 합금에 포함된 스칸듐은 불순물이 함유된 화합물을 형성함으로써, 마그네슘 합금의 내부식성을 향상시키는 역할을 수행한다. 스칸듐의 함량이 너무 적으면 내부식성 향상 효과가 미미할 수 있다. 스칸듐의 함량이 너무 많으면 스칸듐이 포함된 입자의 분율이 과도하여 갈바닉 부식이 촉진되는 문제가 야기될 수 있다.

[0088]

아래 도 2 및 도 3을 통해 비교예 및 실시예의 미세 조직을 관찰하였다.

[0089]

도 2는 비교예 1인 Mg 주조재 내부에 형성된 이차상 입자를 보여주는 주사전자현미경 사진이다.

[0090]

이러한 미세조직 분석을 통해 상용 마그네슘 소재 내에 불순물 Fe를 포함하는 Fe-Si계 입자가 형성되어 있는 것을 알 수 있다.

[0091]

도 3은 실시예 2인 Mg-0.05Sc 주조재 내부에 형성된 이차상 입자를 보여주는 주사전자현미경 사진이다.

[0093]

아래 도 4 및 도 5는 전술한 이차상 물질과 마그네슘 기지 간의 볼타포텐셜 차이를 측정된 결과이다.

[0094]

보다 구체적으로, NT-MDT 사의 SKPFM(scanning Kelvin probe force microscopy) 장비를 이용하여 비교예 1 및 실시예 2의 합금 내부에 존재하는 이차상 화합물과 마그네슘 기지간의 볼타포텐셜 차이를 측정하였다. 그 결과를 도 4 내지 도 5에 나타내었다.

[0095]

도 4는 비교예 1인 Mg 주조재 내부에 형성된 이차상 입자와 마그네슘 기지간의 볼타포텐셜 차이를 보여주는 SKPFM 맵과 이의 line profile 결과이다.

[0096]

도 5는 실시예 2인 Mg-0.05Sc 주조재 내부에 형성된 이차상 입자와 마그네슘 기지간의 볼타포텐셜 차이를 보여주는 SKPFM 맵과 이의 line profile 결과이다.

[0097]

상기 실시예와 같이 전기화학적 전위가 마그네슘과 비슷한 Sc원소가 이차상 화합물 입자에 추가적으로 포함될 경우 이러한 입자와 마그네슘 기지와의 전기화학적 전위차가 감소하여 마이크로갈바닉 부식이 억제 될 수 있다.

[0099]

아래 표 2는 Mg-Sc 합금에 추가 첨가원소로서 Mn 및 Ca를 더 포함하는 3원계 합금의 부식 속도 평가

데이터이다.

[0100] 구체적인 실험 방법은 표 1의 실험예와 동일하며, 합금 성분의 함량을 다양하게 조절하였다.

표 2

[0101]

합금명	Sc 함량 (중량%)	시험조건	부식속도 (mmpy)
Mg-0.1Mn	-	주조재	4.90
Mg-0.1Mn-0.05Sc	0.05	주조재	0.75
Mg-0.5Mn	-	주조재	18.11
Mg-0.5Mn-0.05Sc	0.05	주조재	0.61
Mg-1.5Mn	-	주조재	5.98
Mg-1.5Mn-0.05Sc	0.05	주조재	0.53
Mg-2.8Mn	-	주조재	0.49
Mg-2.8Mn-0.05Sc	0.05	주조재	0.44
Mg-0.1Ca	-	주조재	1.32
Mg-0.1Ca-0.05Sc	0.05	주조재	0.61
Mg-0.3Ca	-	주조재	0.38
Mg-0.3Ca-0.05Sc	0.05	주조재	1.13
Mg-0.5Ca	-	주조재	4.73
Mg-0.5Ca-0.05Sc	0.05	주조재	18.71

[0103] Mn을 더 포함하는 3원계 합금의 경우, Mn의 함량이 2.8중량%가 될 때까지 Sc 첨가로 인한 내부식성 향상을 확인할 수 있다.

[0104] 다만, Mn이 2.8중량%가 되면 Sc첨가의 여부에 따른 내부식성 개선 정도가 미미해지는 것을 확인하였다.

[0106] Ca를 더 포함하는 3원계 합금의 경우, Ca의 함량이 0.1 중량% 이하인 경우에만 Sc 첨가에 의한 내부식성 향상을 알 수 있다.

[0107] Ca의 함량이 0.3 중량%가 되면 오히려 내부식성이 열악해지는 것을 확인하였다.

[0109] 아래 표 3은 Mg-Sc 합금에 추가 원소로 Y 및 Zn를 더 포함하는 3원계 합금의 부식 속도 평가 데이터이다.

[0110] 구체적인 실험 방법은 표 1의 실험예와 동일하며, 합금 성분의 함량을 다양하게 조절하였다.

표 3

[0112]

합금명	Sc 함량 (중량%)	시험조건	부식속도 (mmpy)
Mg-0.1Y	-	주조재	19.02
Mg-0.1Y-0.05Sc	0.05	주조재	6.83
Mg-0.5Y	-	주조재	20.50
Mg-0.5Y-0.05Sc	0.05	주조재	4.74
Mg-1Y	-	주조재	2.93
Mg-1Y-0.05Sc	0.05	주조재	1.58
Mg-2Y	-	주조재	1.70
Mg-2Y-0.05Sc	0.05	주조재	5.42
Mg-4Y	-	주조재	6.59
Mg-4Y-0.05Sc	0.05	주조재	9.57
Mg-0.1Zn	-	주조재	0.95

Mg-0.1Zn-0.05Sc	0.05	주조재	0.55
Mg-1Zn	-	주조재	0.87
Mg-1Zn-0.05Sc	0.05	주조재	0.54
Mg-2Zn	-	주조재	1.30
Mg-2Zn-0.05Sc	0.05	주조재	1.30

[0114] Y을 더 포함하는 3원계 합금의 경우, Y의 함량이 1중량%가 될 때까지 Sc 첨가로 인한 내부식성 향상을 확인할 수 있다.

[0115] 다만, Y이 2중량%가 되면 오히려 내부식성이 열악해지는 것을 확인하였다.

[0117] Zn을 더 포함하는 3원계 합금의 경우, Zn의 함량이 2중량%가 될 때까지 Sc 첨가로 인한 내부식성 향상을 확인할 수 있다.

[0118] 다만, Zn이 2중량%가 되면 Sc첨가의 여부에 따른 내부식성 개선 정도가 미미해지는 것을 확인하였다.

[0120] 아래 표 4는Mg-Sc 합금에 추가 원소로 Sn를 더 포함하는 3원계 합금의 부식 속도 평가 데이터이다.

[0121] 구체적인 실험 방법은 표 1의 실험예와 동일하며, 합금 성분의 함량을 다양하게 조절하였다.

표 4

[0122]

합금명	Sc 함량 (중량%)	시험조건	부식속도 (mmpy)
Mg-5Sn	-	주조재	5.77
Mg-5Sn-0.05Sc	0.05	주조재	5.54

[0124] Sn을 더 포함하는 3원계 합금의 경우, Sn의 함량이 5중량%가 될 때까지 Sc 첨가로 인한 내부식성 향상을 확인할 수 있다.

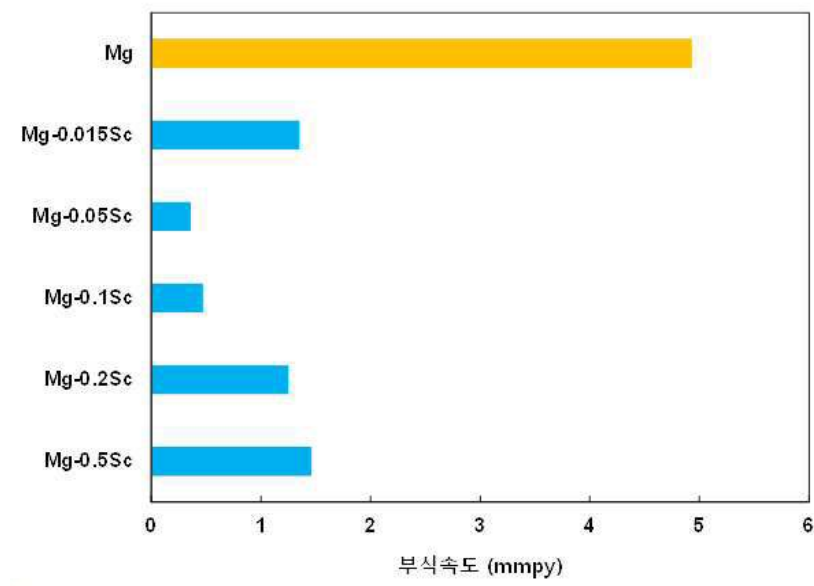
[0125] 다만, Sn이 5중량%가 되면 Sc첨가의 여부에 따른 내부식성 개선 정도가 미미해지는 것을 확인하였다.

[0127] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

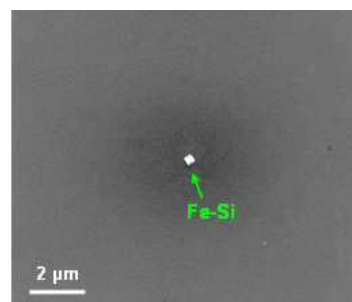
[0128] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변경된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

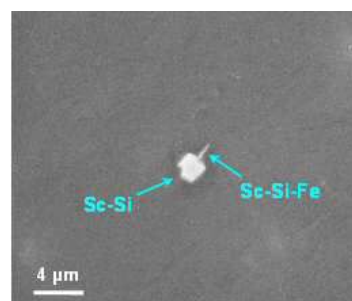
도면1



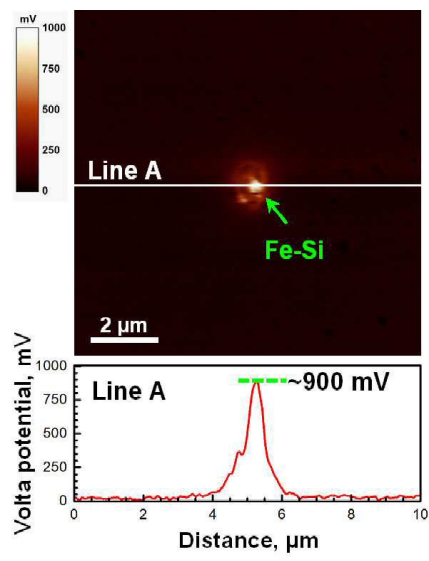
도면2



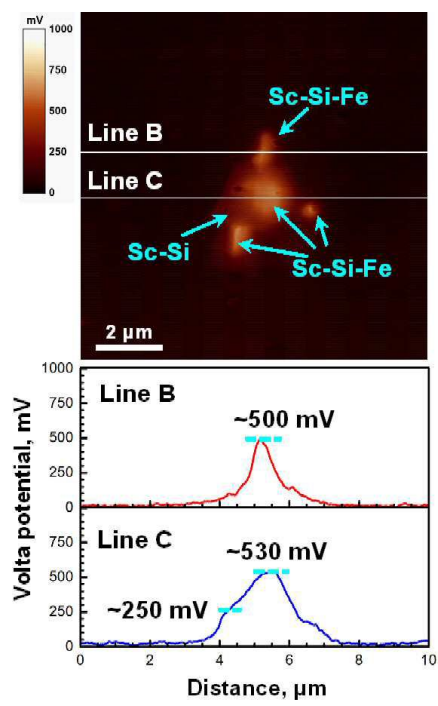
도면3



도면4



도면5



도면6

