(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0073472
(43) 공개일자 2020년06월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 23/02 (2006.01) *B22D 21/04* (2006.01)
C22C 23/04 (2006.01) *C22C 23/06* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 23/02 (2013.01)
B22D 21/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0161659
(22) 출원일자 2018년12월14일
심사청구일자 2018년12월14일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박성수
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
백수민
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 13 항

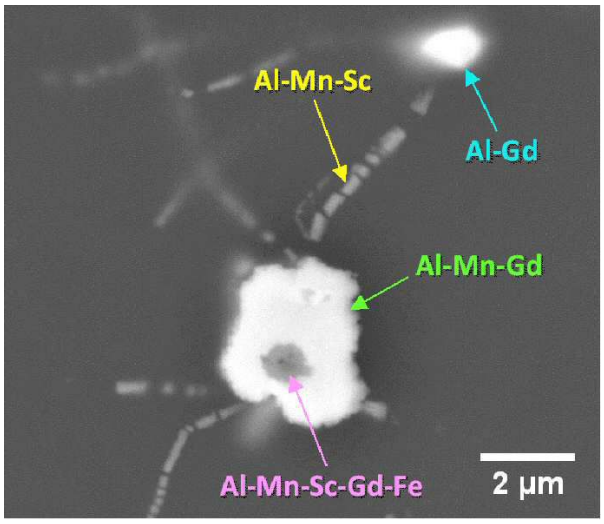
(54) 발명의 명칭 **마그네슘 합금재 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 마그네슘 합금재 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명의 일 구현예인 마그네슘 합금재는, 전체 100중량%에 대해, 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Al: 0.03 내지 16.0중량%, Mn: 0.015 내지 1.0중량%, Sc: 0.02 내지 0.5중량%, 희토류 원소(RE): 0.03 내지 2.0중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하고, 상기 희토류 원소(RE)는 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
C22C 23/04 (2013.01)
C22C 23/06 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711051944
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(미래부)
연구과제명 생체분해성 마그네슘 스텐트 소재 개발
기 여 율 1/1
주관기관 울산과학기술원
연구기간 2017.05.01~2018.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Al: 0.03 내지 16.0중량%, Mn: 0.015 내지 1.0중량%, Sc: 0.02 내지 0.5중량%, 란탄족 희토류 원소(RE): 0.03 내지 2.0중량%, 및 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하고,

상기 희토류 원소(RE)는 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 또는 이들의 조합을 포함하는 마그네슘 합금재.

청구항 2

제1항에서,

상기 희토류 원소(RE)는 0.1 내지 1.0중량%로 포함하는 마그네슘 합금재.

청구항 3

제1항에서,

상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Zn: 5.0중량% 미만을 더 포함하는 마그네슘 합금재.

청구항 4

제3항에서,

상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Zn: 0.1 내지 4.5중량%를 더 포함하는 것인 마그네슘 합금재.

청구항 5

제1항에서,

상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Ca: 2.0중량% 이하를 더 포함하는 것인 마그네슘 합금재.

청구항 6

제1항에서,

상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Y: 0.5중량% 이하를 더 포함하는 것인 마그네슘 합금재.

청구항 7

전체 100중량%에 대하여, Al: 0.03 내지 16.0중량%, Mn: 0.015 내지 1.0중량%, Sc: 0.02 내지 0.5중량%, 란탄족 희토류 원소(RE): 0.03 내지 2.0중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 준비하는 단계; 및

상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계;를 포함하되,

상기 희토류 원소(RE)는 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 또는 이들의 조합을 포함하는 마그네슘 합금재의 제조방법.

청구항 8

제7항에서,

상기 용탕은 상기 희토류 원소(RE)를 0.1 내지 1.0중량%로 포함하는 마그네슘 합금재의 제조방법.

청구항 9

제7항에서,

상기 용탕 전체 100중량%에 대해, Zn: 5.0중량% 미만을 더 포함하는 마그네슘 합금재의 제조방법.

청구항 10

제7항에서,

상기 용탕 전체 100중량%에 대해, Ca: 2.0중량% 이하를 더 포함하는 마그네슘 합금재의 제조방법.

청구항 11

제7항에서,

상기 용탕 전체 100중량%에 대해, Y: 0.5중량% 이하를 더 포함하는 마그네슘 합금재의 제조방법.

청구항 12

제7항에서,

상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계 이후에,

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

청구항 13

제7항에서,

상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계;는,

600℃ 내지 800℃ 온도 범위에서 실시하는 것인 마그네슘 합금재의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

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

배 경 기 술

[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 임플란트로의 가능성이 제

시되어 현재 외과 골절용 임플란트 및 혈관/소화기 스텐트용 마그네슘 소재 개발 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 기존의 마그네슘 합금에 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 합금재 전체 100중량%에 대해, Al: 0.03 내지 16.0중량%, Mn: 0.015 내지 1.0중량%, Sc: 0.02 내지 0.5중량%, 란탄족 희토류 원소(RE): 0.03 내지 2.0중량%, 및 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하고, 상기 희토류 원소(RE)는 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 또는 이들의 조합을 포함하는 마그네슘 합금재를 제공한다.

[0010] 상기 희토류 원소(RE)는 0.1 내지 1.0중량%로 포함할 수 있다.

[0011] 상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Zn: 5.0중량% 미만을 더 포함할 수 있다.

[0012] 상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Zn: 0.1 내지 4.5중량%를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Ca: 2.0중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로 0.5 내지 2.0 중량%를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Y: 0.5중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 0초과 및 0.3 중량% 이하를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 다른 일 구현예에서는, 전체 100중량%에 대하여, Al: 0.03 내지 16.0중량%, Mn: 0.015 내지 1.0중량%, Sc: 0.02 내지 0.5중량%, 란탄족 희토류 원소(RE): 0.03 내지 2.0중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 준비하는 단계; 및 상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계;를 포함하되, 상기 희토류 원소(RE)는 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 또는 이들의 조합을 포함하는 마그네슘 합금재의 제조방법을 제공한다.

[0017] 상기 용탕은 상기 희토류 원소(RE)를 0.1 내지 1.0중량%로 포함할 수 있다.

[0018] 상기 용탕 전체 100중량%에 대해, Zn: 5.0중량% 미만을 더 포함할 수 있다.

[0019] 상기 용탕 전체 100중량%에 대해, Ca: 2.0중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로 0.5 내지 2.0중량%를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 용탕 전체 100중량%에 대해, Y: 0.5중량% 이하를 더 포함할 수 있다.

[0021] 상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계 이후에, 상기 주조재를 압연, 압출, 인발, 단조, 또는 이들의 조합을 더 포함할 수 있다.

[0022] 상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계;는, 600℃ 내지 800℃ 온도 범위에서 실시될 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 내식성이 우수한 마그네슘 합금재를 제공할 수 있다. 이러한 마그네슘 합금은 우수한 내부식성을 요구하는 산업 등에 실제적 적용이 가능한 주조재, 압연재, 압출재, 인발재, 단조재 등으로 다양하게 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn합금 압연재 내부에 형성된 이차상 입자를 보여주는 주사전자현미경 사진이다.

도 2는 Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn-0.3Gd합금 압연재 내부에 형성된 이차상 입자를 보여주는 주사전자현미경 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 구현예인 마그네슘 합금재는 전체 100중량%에 대해, Al: 0.03 내지 16.0중량%, Mn: 0.015 내지 1.0중량%, Sc: 0.02 내지 0.5중량%, 희토류 원소(RE): 0.03 내지 2.0중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하는 마그네슘 합금재를 제공할 수 있다.

[0031] 구체적으로, 상기 희토류 원소(RE)는 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0033] 상기 마그네슘 합금재의 성분 및 조성을 한정한 이유는 하기와 같다.

[0035] 먼저, 알루미늄은 고용강화 및 석출강화를 통해 합금의 강도 증가에 기여하고, 부식 시 산화 피막의 안정성을 향상시켜 내부식성을 향상시키는 역할을 수행한다. 이에 따라, 알루미늄의 함량이 너무 적으면 강도 증가 효과 및 내부식성 향상 효과를 기대할 수 없을 수 있다. 반면, 알루미늄의 함량이 너무 많으면 알루미늄이 포함된 취성 입자의 분율이 과도하여 합금의 연성이 취약해지는 문제가 야기될 수 있다.

[0037] 망간은 고용강화 등으로 합금의 강도 증가에 기여한다. 뿐만 아니라, 합금 내 불순물을 흡수하는 화합물 입자를 형성함으로써, 마그네슘 합금의 내부식성을 향상시키는 역할을 수행한다.

[0038] 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, 오히려 망간을 포함한 입자의 분율이 과도하여 마이크로갈바닉 부식이 오히려 촉진됨으로써 내식성을 저하시킬 수 있다. 이에, 망간의 상한값을 본 발명의 일 구현예와 같이 한정할 수 있다.

[0039] 이에 따라, 상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, 0.015 내지 1.0중량%의 Mn을 포함할 수 있다. 구체적으로, 0.015 내지 0.6중량%일 수 있다.

[0040] 더 구체적으로, 망간 함량이 1.0중량%를 초과하게 되면, 전술하였지만 부식 속도가 상승하며 희토류 원소 첨가에 따른 내식성 향상 효과가 미미할 수 있다.

[0042] 스칸듐은 이차상 입자의 전기화학적 특성 변화에 관여하여 마그네슘 합금재의 내식성을 향상시키는 역할을 한다.

[0043] 이에 따라, 스칸듐의 함량이 너무 적으면 스칸듐이 포함된 이차상 입자의 분율이 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.

[0045] 희토류 원소는 이차상 입자의 전기화학적 특성 변화에 관여하여 내식성을 향상시킬 수 있다. 구체적으로, 본 발명의 일 구현예에서 상기 희토류 원소(RE)는 란탄족 희토류 원소로서La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 희토류 원소 중에서도 상기 원소를 첨가할 경우, 내식성 향상 효과가 우수할 수 있다.

[0046] 보다 구체적으로, 본 발명의 일 구현예에서는 스칸듐과, 스칸듐을 제외한 상기 란탄족 희토류 원소를 전술한 함량 범위로 제어하여 같이 첨가함으로써 내식성 향상 효과를 더욱 기대할 수 있다.

[0047] 구체적으로, 희토류 원소의 함량이 너무 적을 경우 내식성 향상 효과가 미미할 수 있고, 너무 많을 경우 합금 제조 비용이 과도하게 증가할 수 있다.

[0048] 이에, 희토류 원소의 중량 범위는 0.03 내지 2.0중량%일 수 있다. 구체적으로는, 0.1 내지 2.0중량%일 수 있다. 더 구체적으로는, 0.1 내지 0.9중량%일 수 있다.

[0050] 아연은 알루미늄과 마찬가지로 고용강화 및 석출강화를 통해 합금의 강도 증가에 기여하는 역할을 한다.

[0051] 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.

[0052] 이에, 상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Zn은 5중량% 미만으로 포함할 수 있다. 보다 구체적으로는, 4.5중량% 이하일 수 있다. 보다 더 구체적으로는, 0.1 내지 4.5중량%일 수 있다.

[0054] 칼슘은 합금의 내발화 온도를 상승시키는 역할을 한다.

[0055] 이에 따라, 칼슘의 함량이 너무 적으면 합금의 내발화 온도가 낮아 발화 억제를 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.

[0056] 이에, 상기 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Ca은 2.0중량% 이하로 포함할 수 있다. 보다 구체적으로는, 0.5 내지 2.0중량% 범위일 수 있다.

[0057] 전술한 바와 같이, 성분의 조성 범위를 한정함으로써, 내식성이 우수한 마그네슘 합금재를 제공할 수 있다.

[0059] 이트륨은 칼슘과 마찬가지로 마그네슘 합금의 내발화온도를 상승시키는 역할을 한다.

[0060] 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.

[0062] 본 발명의 다른 일 구현예인 마그네슘 합금재의 제조방법은, 마그네슘 합금재 전체 100중량%에 대해, Al: 0.03 내지 16.0중량%, Mn: 0.015 내지 1.0중량%, Sc: 0.02 내지 0.5중량%, 희토류 원소(RE): 0.03 내지 2.0중량%, 잔부 Mg 및 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 준비하는 단계; 및 상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계;를 포함하는 것인 마그네슘 합금재의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0063] 이때, 상기 상기 희토류 원소(RE)는 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0065] 상기 용탕은 전체 100중량%에 대해, Zn: 5.0중량% 미만을 더 포함할 수 있다. 구체적으로, Zn: 0.1 내지 4.5중량% 를 더 포함할 수 있다.

[0066] 상기 용탕은 전체 100중량%에 대해, Ca: 2.0중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 구체적으로, Ca: 0.5 내지 2.0중량% 를 더 포함할 수 있다.

[0067] 상기 용탕은 전체 100중량%에 대해, Y: 0.5중량% 이하를 더 포함할 수 있다. 구체적으로, Y: 0.3중량% 이하를 더 포함할 수 있다.

[0069] 상기 용탕의 성분 및 조성을 한정한 이유는 전술한 마그네슘 합금재의 성분 및 조성을 한정한 이유와 같으므로 생략한다.

[0071] 상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계;는, 600℃ 내지 800℃ 온도 범위에서 실시할 수 있다.

[0072] 보다 구체적으로, 사형주조, 중력주조, 가압주조, 저압주조, 탈랍주조, 박판주조, 스트립캐스팅, 단롤주조, 연속주조, 전자기주조, 전자기연속주조, 다이캐스팅, 정밀주조, 동결주조, 분무주조, 원심주조, 반응고주조, 급냉주조, 측방압출주조, 싱글벨트주조, 트윈벨트주조, 쉘몰드주조, 무주형주조, 3D 프린팅, 또는 이들의 조합으로 주조재를 제조할 수 있다. 다만, 이에 제한하는 것은 아니다.

[0074] 상기 용탕을 주조하여 주조재를 제조하는 단계 이후에, 상기 주조재에 대한 압연, 압출, 인발, 단조, 또는 이들의 조합으로 구성된 가공공정이 더 포함할 수 있다.

[0075] 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.

[0077] 이하, 실시예를 통해 상세히 설명한다. 단 하기의 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.

[0079] **실시예**

[0080] 본원 실시예와 비교예는 하기 표 1 내지 표 6에 개시된 성분 및 조성을 포함하는 마그네슘 주조재 및 하기 표 7에 개시된 성분 및 조성을 포함하는 마그네슘 압연재를 준비하였다.

[0081] 보다 구체적으로, 하기 표 1 내지 표 6에 개시된 성분 및 조성을 포함하고, 잔부는 Mg과 불가피한 불순물을 포함하는 마그네슘 용탕을 주조하여 주조재를 제조하였다.

[0082] 또한 하기 표 7에 개시된 성분 및 조성을 포함하고, 잔부는 Mg과 불가피한 불순물을 포함하는 마그네슘 주조재

를 이용하여 압연재를 제조하였다.

[0083] 이에, 실시예와 비교예의 합금 성분 및 조성에 따른 부식속도를 측정하여, 하기 표 1 내지 표 7에 나타내었다.

[0085] <주조재 제조 방법>

[0086] 순 Mg(99.9%), 순 Al(99.9%), 순 Mn(99.9%), 순 Sc (99.9%), 순 RE (99.9%), 순 Zn(99.9%), 순 Ca (99.9%), 순 Y(99.9%)을 사용하였다. 이들을 하기 표 1내지 표7의 조성을 갖도록 하여, Mg 합금을 고주파 유도 용해로를 이용하여 흑연 도가니(graphite crucible) 내에서 용해하였다.

[0087] 이때 용탕의 산화를 방지하기 위해 SF_6와 CO_2 혼합가스를 용탕 상부에 도포하여 대기와의 접촉을 차단하였다.

용해 후 용탕을 750 ℃에서 10분간 유지한 후 합금 성분에 따라 650~750 ℃ 범위에서 결정되는 용탕 온도에서 200 ℃로 예열된 스틸 몰드에 상기 용탕을 부어 높이 80 mm, 폭 40 mm, 두께 12 mm 크기의 주조재를 제조하였다.

[0089] <압연재 제조 방법>

[0090] 제조된 주조재에 대해 420℃ 에서 1시간 동안 균질화 열처리를 실시한 후 두께8.5 mm로 표면 가공하였다. 압연 과정에서 시편의 온도는 각 압연 패스에 걸쳐 350 ℃로 유지되었으며, 압연롤의 온도가 200 ℃로 설정된 등속 압연기를 이용하여 패스당 20%의 압하율로 최종 시편 두께 1 mm에 도달할 때까지 압연공정을 실시하였다. 제조된 압연재에 대해 345 ℃에서 1시간 동안 어닐링 처리를 실시하였다.

[0092] <부식속도 측정 방법>

[0093] 실시예와 비교예의 해수에 의한 부식 특성을 하기와 같이 평가하였다.

[0094] 실시예와 비교예에 의해 주조된 마그네슘 합금재의 표면을 P1200 사포단계까지 연마한 후, 해수의 NaCl 농도와 같은 3.5중량% NaCl 용액에 상기 마그네슘 합금재를 침지하였다. 이때, 침지시험은 25℃(상온)에서 수행하였다.

[0095] 보다 구체적으로, 상기 마그네슘 합금재를 상온의 3.5중량% NaCl 용액에서 72시간 동안 침지하고, 200g/L 농도의 크롬산(CrO_3) 용액을 이용하여 침지 시 생성된 표면 산화층을 제거하였다. 그 결과, 침지 전후의 무게 변화를 측정하여, 하기 수학식 1을 통해 마그네슘 합금재의 부식속도(단위: mmpy)를 측정하였다.

[0097] [수학식 1]

[0098] 부식속도mm/year(mmpy) = 8760(h/year) x 10(mm/cm) x무게감소량(g)/ (시편 밀도(g/cm^3) x 침지시간(h) x 노출면적(cm^2))

표 1

[0100]

구분	합금명	란탄족 RE총량 (wt.%)	시편조건	부식속도
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc**	**0**	**주조재**	**1.20**
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3MM (0.3MM=0.15Ce-0.075La-0.045Nd-0.03Pr)	0.3	주조재	0.69
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1.0MM(1.0MM=0.5Ce-0.25La-0.15Nd-0.1Pr)	1..0	주조재	0.45
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.01Ce	0.01	주조재	1.20
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.03Ce	0.03	주조재	1.19
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Ce	0.1	주조재	0.98
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	주조재	0.43
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1.0Ce	1.0	주조재	0.45

실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Pr	0.3	주조재	0.66
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Gd	0.1	주조재	1.11
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Gd	0.3	주조재	0.80
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Nd	0.1	주조재	0.99
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.5La	0.5	주조재	0.72
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Sm	0.1	주조재	1.05
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Sm	0.3	주조재	0.70
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.5Sm	0.5	주조재	0.73
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Ho	0.1	주조재	1.06
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ho	0.3	주조재	0.54
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.5Ho	0.5	주조재	0.47
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Er	0.1	주조재	1.02
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Er	0.3	주조재	0.65
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.5Er	0.5	주조재	0.43
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Yb	0.1	주조재	1.16
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Yb	0.3	주조재	0.64
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.5Yb	0.5	주조재	0.57

표 2

[0101]

구분	합금명	란탄족 RE총량 (wt.%)	시편조건	부식속도
비교예	**Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc**	**0**	**주조재**	**5.23**
실시예	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Ce	0.03	주조재	4.24
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc**	**0**	**주조재**	**1.20**
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	주조재	0.43
비교예	**Mg-6Al-0.3Mn-0.1Sc**	**0**	**주조재**	**0.77**
실시예	Mg-6Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	주조재	0.45
실시예	Mg-6Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-0.3Y	0.3	주조재	0.37
비교예	**Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc**	**0**	**주조재**	**0.39**
실시예	Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Ce	0.1	주조재	0.26
실시예	Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	주조재	0.16
실시예	Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc-1.0Ce	1.0	주조재	0.14
실시예	Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc-2.0Ce	2.0	주조재	0.14
비교예	**Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc**	**0**	**주조재**	**0.38**
실시예	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	주조재	0.14
실시예	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Pr	0.3	주조재	0.16
실시예	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Gd	0.3	주조재	0.14
실시예	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Nd	0.3	주조재	0.15
실시예	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3La	0.3	주조재	0.15
실시예	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Sm	0.3	주조재	0.13
실시예	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ho	0.3	주조재	0.13
실시예	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Er	0.3	주조재	0.16
실시예	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Yb	0.3	주조재	0.14

표 3

[0102]

구분	합금명	란탄족 RE총량 (wt.%)	시편조건	부식속도
비교예	**Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc**	**0**	**주조재**	**5.23**
실시예	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Ce	0.03	주조재	4.24
실시예	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Pr	0.03	주조재	3.41
실시예	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Gd	0.03	주조재	3.56
실시예	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Nd	0.03	주조재	3.69
실시예	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03La	0.03	주조재	6.85
실시예	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Sm	0.03	주조재	3.20

실시예	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Ho	0.03	주조재	4.83
실시예	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Er	0.03	주조재	3.62
실시예	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Yb	0.03	주조재	3.15
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc**	**0**	**주조재**	**1.20**
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	주조재	0.43
비교예	**Mg-3Al-0.6Mn-0.1Sc**	**0**	**주조재**	**3.52**
실시예	Mg-3Al-0.6Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	주조재	1.99
비교예	**Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc**	**0**	**주조재**	**3.95**
실시예	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	주조재	4.14
실시예	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Pr	0.3	주조재	2.93
실시예	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Gd	0.3	주조재	2.84
실시예	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Nd	0.3	주조재	3.27
실시예	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3La	0.3	주조재	4.59
실시예	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Sm	0.3	주조재	3.02
실시예	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Ho	0.3	주조재	2.92
실시예	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Er	0.3	주조재	4.61
실시예	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Yb	0.3	주조재	3.62

표 4

[0103]

구분	합금명	란탄족 RE총량 (wt.%)	시편조건	부식속도
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.3Ce**	**0.3**	**주조재**	**1.39**
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc**	**0**	**주조재**	**1.20**
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	주조재	0.43
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.3Sc**	**0**	**주조재**	**1.19**
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.3Sc-0.3Ce	0.3	주조재	0.43
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc**	**0**	**주조재**	**0.47**
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Ce	0.3	주조재	0.51
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Pr	0.3	주조재	0.52
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Nd	0.3	주조재	0.41
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Gd	0.3	주조재	0.43
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3La	0.3	주조재	0.50
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Sm	0.3	주조재	0.44
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Ho	0.3	주조재	0.53
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Er	0.3	주조재	0.44
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Yb	0.3	주조재	0.47

표 5

[0104]

구분	합금명	란탄족 RE총량 (wt.%)	시편조건	부식속도
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn**	**0**	**주조재**	**1.30**
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-1Zn	0.3	주조재	0.83
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Pr-1Zn	0.3	**주조재**	0.96
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Gd-1Zn	0.3	주조재	0.85
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Nd-1Zn	0.3	**주조재**	0.73
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3La-1Zn	0.3	주조재	1.01
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3MM-1Zn(0.3MM=0.15Ce-0.075La-0.045Nd-0.03Pr)	0.3	**주조재**	0.90
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1.0MM-1Zn(1.0MM=0.5Ce-0.25La-0.15Nd-0.1Pr)	1.0	주조재	0.90
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-4Zn**	**0**	**주조재**	**1.53**
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-4Zn	0.3	주조재	1.07
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-5Zn**	**0**	**주조재**	**1.41**

실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-5Zn	0.3	주조재	1.43

표 6

[0105]

구분	합금명	란탄족 RE총량 (wt.%)	시편조건	부식속도
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn**	**0**	**주조재**	**1.30**
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-1Zn	0.3	주조재	0.83
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-1Zn-0.5Ca	0.3	주조재	0.56
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-1Zn-2.0Ca	0.3	주조재	0.28

[0107] 상기 표에서 알 수 있듯이, 알루미늄, 망간, 및 스칸듐의 조성 범위는 실시예와 동일하되, 희토류 원소를 첨가하지 않는 경우, 희토류 원소를 첨가하는 경우에 비해 부식속도가 빠른 것을 확인할 수 있다.

[0108] 다만, 희토류 원소를 첨가하는 경우라도 0.03중량% 미만의 RE가 포함되는 비교예의 경우에는 부식 속도 향상에 큰 효과가 없는 것을 확인할 수 있다.

[0110] 뿐만 아니라, 망간과 스칸듐을 포함하지 않는 경우에도 부식 속도가 실시예에 비해 빠른 것을 알 수 있다.

[0112] 상기 각각의 Ce, Pr, Nd, Gd, La, Sm, Ho, Er, Yb, 또는 이들의 조합인 희토류 원소의 종류에 따라 내식성이 어느 정도 향상되는지 평가할 수 있었다.

[0114] 상기 표에서는 Zn을 더 포함하는 합금재에 대한 결과도 알 수 있다. 기계적 특성 개선을 위한 Zn을 포함하는 합금에서도 Sc 및 RE 원소의 사용으로 인해 내식성이 향상되는 것을 알 수 있었다.

[0116] 상기 표에서는 Ca을 더 포함하는 합금재에 대한 결과도 알 수 있다. 내발화 특성 향상을 위한 Ca을 포함하는 합금에서도 Sc 및 RE 원소의 사용으로 인해 향상된 내식성이 유지되며, 오히려 내식성이 소폭 향상되는 것을 알 수 있었다. 그러나 칼슘의 함량이 과도할 경우 칼슘을 포함하는 입자의 분율이 과도하여 소성 가공 시 크랙이 발생하므로 Ca 첨가량을 2.0 중량% 이하로 제한하였다.

[0118] 상기 표에서는 Y을 더 포함하는 합금재에 대한 결과도 알 수 있다. 내발화 특성 향상을 위한 Y을 포함하는 합금에서도 Sc 및 RE 원소의 사용으로 인해 향상된 내식성이 유지되며, 오히려 내식성이 소폭 향상되는 것을 알 수 있었다. 그러나 이트륨의 함량이 과도할 경우 이트륨을 포함하는 입자의 분율이 과도하여 미소갈바닉 부식이 촉진되고 합금의 가격을 초래할 수 있어 Y 첨가량을 0.3 중량% 이하로 제한하였다.

[0120] 하기 표 7은 실시예 및 비교예의 성분으로 제조된 마그네슘 합금의 압연재의 평가 결과이다.

표 7

[0121]

구분	합금명	란탄족 RE총량 (wt.%)	시편 조건	부식속도
비교예	**Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn**	**0**	압연재	1.51
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn-0.3MM (0.3MM=0.15Ce-0.075La-0.045Nd-0.03Pr)	0.3	압연재	0.78
실시예	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn-0.3Gd	0.3	압연재	0.81
실시예	Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	압연재	0.26

[0123] 본 발명의 일 실시예에 따른 Al, Mn, 및 Sc를 포함하면서 동시에 희토류 중 하나인 Ce을 포함하는 시편의 경우 상당히 우수한 부식 속도를 보인 것을 알 수 있었다.

[0124] 또한, SEM 사진을 통해 본 발명의 합금의 특성을 확인 하였다.

[0125] 도 1은 Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn합금 압연재 내부에 형성된 이차상 입자를 보여주는 주사전자현미경 사진이다. 이러한 미세조직 분석을 통해 상기 압연재 내부에 불순물 Fe를 포함하는 Al-Mn-Fe계 입자 및 Al-Mn-Sc 입자가 형성되어 있는 것을 알 수 있다.

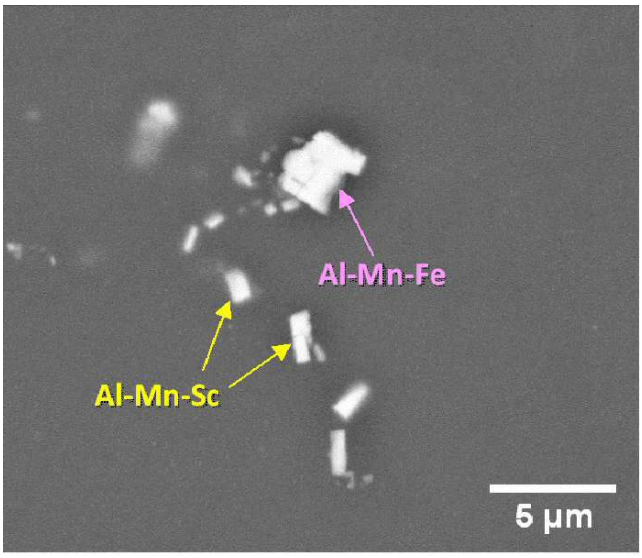
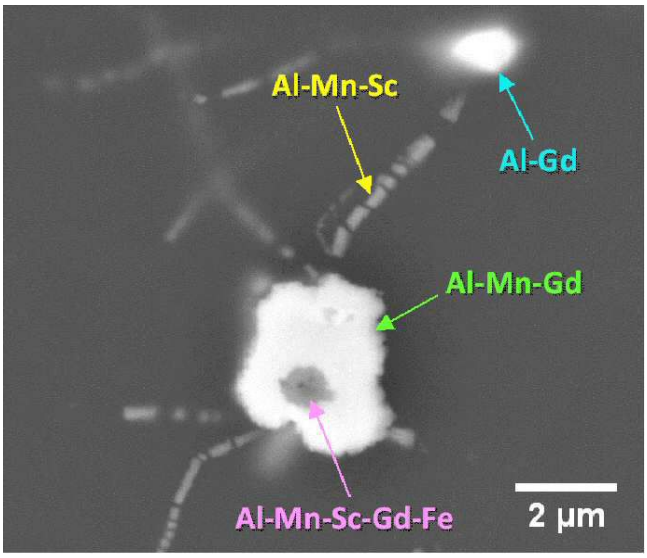
[0126] 도 2는 Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn-0.3Gd합금 압연재 내부에 형성된 이차상 입자를 보여주는 주사전자현미경 사진이다. 이러한 미세조직 분석을 통해 Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn합금에 Gd과 같은 희토류 원소가 첨가되면 불순물 Fe를 포함하는 입자가 중심에 위치하고 Al-Mn-RE 입자가 외부에 위치하는 코어-쉘(core-shell) 형태의 이중입자가 형성됨을 알 수 있다. 일반적으로Fe를 포함하는 입자는 전기화학적 전위가 높아 마그네슘 합금에서의 미소갈바닉 부식을 활성화하는 것으로 알려져 있는데, 상기와 같이 이중입자의 코어에 존재하는 입자에서는 부식 환경에서 수소환원반응이 발생할 수 없기 때문에 이 입자는 미소갈바닉 부식을 활성화하지 못하게 되고 이로 인해 합금의 내식성이 향상될 수 있다.

[0128] 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.

[0129] 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