(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년09월21일
(11) 등록번호 10-1066536
(24) 등록일자 2011년09월15일

(51) Int. Cl.
C22C 23/00 (2006.01) *C22C 23/02* (2006.01)
C22C 23/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0023260
(22) 출원일자 2011년03월16일
심사청구일자 2011년03월16일
(30) 우선권주장
1020100096709 2010년10월05일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
JP2002129272 A*
JP2007031789 A
KR1020060110292 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기계연구원
대전 유성구 장동 171번지
(72) 발명자
김영민
경상남도 진해시 진해구 석동 우림필유APT 102-1503
김하식
경상남도 마산시 마산회원구 구암1동 281-29
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이채형, 김승욱

전체 청구항 수 : 총 14 항 심사관 : 오준철

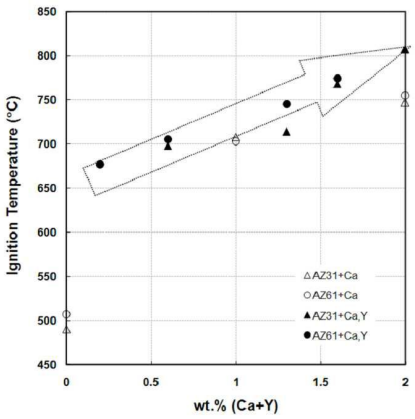
(54) 기계적 특성이 우수한 난연성 마그네슘 합금 및 그 제조방법

(57) 요 약

발화저항성이 우수하고, 강도와 연성을 동시에 우수한 마그네슘 합금이 제공된다. 본 발명에 따른 마그네슘 합금은 1.0중량% 내지 7.0중량%의 Al, 0.05중량% 내지 2.0 중량%의 Ca, 0.05중량% 내지 2.0중량%의 Y와, 0중량% 초과 및 6.0중량% 이하의 Zn과 잔부인 Mg 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 상기 Ca와 Y의 함량은 전체 마그네슘 합금의 전체 중량 대비 0.1중량% 내지 2.5중량%인 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따른 마그네슘 합금은 보호피막으로 작용하는 치밀한 복합 산화층을 형성하여 내산화성 및 발화저항성이 매우 우수하여 대기 중이나 일반적인 불활성분위기(Ar, N_2)에서 용해, 주조 및 가공이 가능하고, 기계가공 공정에서 쌓이는 칩의 자연발화를 억제할 수 있다.

대 표 도 - 도7



(72) 발명자

유봉선

경상남도 창원시 반림동 트리비앙아파트 202-101

임창동

경상남도 창원시 성산구 상남동 새롬아이포빌 709호

특허청구의 범위

청구항 1

용융 주조법에 의하여 제조되는 마그네슘 합금으로서,

상기 마그네슘 합금은 1.0중량% 이상 및 7.0중량% 미만의 Al, 0.05중량% 내지 2.0 중량%의 Ca, 0.05중량% 내지 2.0중량%의 Y와, 0중량% 초과 및 6.0중량% 이하의 Zn과, 잔부인 Mg 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고,

상기 Ca와 Y의 합산 함량은 전체 마그네슘 합금의 전체 중량 대비 0.1중량% 이상 2.5중량% 미만인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 Ca의 함량은 0.2중량% 내지 1.5중량%인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 Y의 함량은 0.1중량% 내지 1.5중량%인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 4

제 1항 내지 3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 Ca와 Y의 함량은 전체 마그네슘 합금의 전체 중량 대비 0.3중량% 이상 2.0중량% 이하인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 5

제 1항 내지 3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마그네슘 합금은 Mn을 0중량% 초과 및 1.0중량% 이하로 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 6

제 1항 내지 3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마그네슘 합금은 Zr을 0.1중량% 내지 1.0중량% 이하로 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 7

Mg, Al 및 Zn을 포함하는 마그네슘 합금 용탕을 형성하는 단계;

상기 마그네슘 합금 용탕에 Ca 및 Y의 원료 물질을 첨가하는 단계;

상기 Ca 및 Y의 원료 물질이 첨가된 마그네슘 합금 용탕을 용융 주조 방법을 이용하여 마그네슘 합금 주조재를 제조하는 단계를 포함하고,

상기 방법에 의하여 제조된 마그네슘 합금은 1.0중량% 이상 및 7.0중량% 미만의 Al, 0.05중량% 내지 2.0 중량%의 Ca, 0.05중량% 내지 2.0중량%의 Y와, 0중량% 초과 6중량% 이하의 Zn과, 잔부인 Mg 및 기타 불가피한 불순물로 구성되는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금의 제조방법.

청구항 8

제 7항에 있어서, 상기 마그네슘 합금 용탕에 Ca 및 Y의 원료 물질을 첨가하는 단계는 800℃보다 높은 온도에서 Ca 및 Y의 원료 물질을 첨가하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금의 제조방법.

청구항 9

Mg, Al 및 Zn을 포함하는 마그네슘 합금 용탕을 형성하는 단계;

Mg, Al, Zn, Ca 및 Y를 포함하고 750℃ 이하에서 용해가능한 모합금 잉고트를 형성하는 단계;

상기 마그네슘 합금 용탕에 상기 750℃ 이하에서 용해가능한 모합금 잉고트를 투입하는 단계;

상기 모합금 잉고트가 포함된 용탕을 용융 주조 방법을 이용하여 마그네슘 합금 주조재를 제조하는 단계를 포함하고,

상기 방법에 의하여 제조된 마그네슘 합금은 1.0중량% 이상 및 7.0중량% 미만의 Al, 0.05중량% 내지 2.0 중량%의 Ca, 0.05중량% 내지 2.0중량%의 Y와, 0중량% 초과 6중량% 이하의 Zn과, 잔부인 Mg 및 기타 불가피한 불순물로 구성되는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금의 제조방법.

청구항 10

제 9항에 있어서, 상기 Mg, Al, Zn, Ca 및 Y가 포함된 모합금 잉고트는 750℃ 이하에서 용해 가능한 것이고, 상기 모합금 잉고트는 750℃ 보다 낮은 온도에서 상기 마그네슘 합금 용탕에 투입되는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금의 제조방법.

청구항 11

Mg, Al 및 Zn을 포함하는 마그네슘 합금 용탕을 형성하는 단계;

상기 마그네슘 합금 용탕에 Ca 화합물 및 Y 화합물을 첨가하는 단계;

상기 Ca 화합물 및 Y 화합물이 첨가된 마그네슘 합금 용탕을 용융 주조 방법을 이용하여 마그네슘 합금 주조재를 제조하는 단계를 포함하고,

상기 방법에 의하여 제조된 마그네슘 합금은 1.0중량% 이상 및 7.0중량% 미만의 Al, 0.05중량% 내지 2.0 중량%의 Ca, 0.05중량% 내지 2.0중량%의 Y와, 0중량% 초과 6중량% 이하의 Zn과, 잔부인 Mg 및 기타 불가피한 불순물로 구성되는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금의 제조방법.

청구항 12

제 7항 내지 11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 Ca 및 Y 원료물질, Mg, Al, Zn, Ca 및 Y가 포함된 모합금 잉고트, 또는 상기 Ca 화합물 및 Y 화합물을 상기 마그네슘 합금 용탕에 투입하는 단계는 상기 마그네슘 합금 용탕을 주기적으로 교반하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금의 제조방법.

청구항 13

제 7항 내지 11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 주조 방법은 금형주조법, 사형주조법, 중력주조법, 가압주조법, 연속주조법, 박판주조법, 다이캐스팅법, 정밀주조법, 소실모형주조법, 분무주조법 및 반응고주조법 중 하나인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금의 제조방법.

청구항 14

제 7항 내지 11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마그네슘 합금의 제조방법은 상기 주조 방법에 의하여 형성된 마그네슘 합금 주조재를 열간가공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금의 제조방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 발화저항성이 우수한 마그네슘 합금, 더욱 상세하게는 용탕 표면에 안정한 보호 피막을 형성하여 대기 중 혹은 일반적인 불활성 분위기 하에서도 용해 및 주조가 가능하고, 발화 저항성이 매우 우수하여 칩의 자연발화를 억제할 수 있을 뿐 아니라 우수한 강도와 연성을 동시에 갖는 마그네슘 합금에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 마그네슘 합금은 높은 비강도를 갖는 최경량의 합금으로서 다양한 주조 및 가공 공정에 적용이 가능하며 자동차 부품이나 전자기 부품 등 경량화가 요구되는 거의 모든 분야에 적용 가능한 응용범위가 넓다. 하지만 마그네슘 합금은 전기화학적으로 전위가 낮고 상당히 활성적인 금속으로서 산소 혹은 물과 접촉 시 강한 활성반응을 보이며 때로는 화재를 일으키기도 하는 등 재료의 안정성 및 신뢰성 측면에서 아직 한계를 가진다. 이 때문에 그

용융 잠재력에 비해서 아직 응용범위가 제한적이며, 특히 안전성을 요구하는 응용분야에는 사용할 수 없다.

[0003] 마그네슘 합금의 이러한 활성반응으로 인해 용해 시에는 플럭스(flux)나 CO_2 + SF_6 등의 불활성 혼합가스를 사용하여 비활성 분위기를 만들어 주어야 한다. 용해 및 정련 시 사용되는 플럭스는 염화계이기 때문에, 용탕 처리 조건이 맞지 않을 경우 잔류 염소가 소재 내부에 잔존하여 내식성을 크게 떨어뜨리는 문제가 있었다. 이러한 단점을 해결하기 위해 플럭스를 사용하는 대신, SF_6, CO_2 및 Air를 혼합한 분위기에서 용해 및 주조하는 방법이 효과적이다. 하지만, SF_6는 지구온실효과가 CO_2의 24배나 되는 지구온실유발 물질로 분류되어 향후 사용규제가 될 것으로 예상된다.

[0004] 이러한 문제를 보다 근본적으로 해결하기 위하여 마그네슘 합금 자체의 내산화성을 향상시키기 위한 연구로서 특히 Ca, Be 등 희토류금속 첨가를 통한 마그네슘 합금의 발화온도를 향상시키고자 하는 연구들이 진행되어 왔다. 종래에는 내산화 마그네슘 합금에 첨가되는 합금원소 가운데 Ca이 주로 이용되었는데, 그 이유는 Ca 원소의 가격이 다른 희토류금속에 비해 저렴하고, 독성이 없으며 첨가량 대비 발화온도 상승이 크기 때문이다.

[0005] Ca을 포함하는 마그네슘 합금과 관련된 기존의 연구에 따르면, 3 중량% 이상의 Ca를 첨가할 경우 발화온도가 250 가량 증가하는 것으로 알려져 있다. 따라서 보호가스 없이 대기노출 주조가 가능하기 위한 발화온도인 700 이상의 발화온도, 또는 보호가스를 포함한 상태에서 주조를 하기 위한 발화온도인 650 이상의 발화온도를 얻기 위해서는 바람직하게는 Ca이 3중량% 이상, 최소한 2중량% 이상 마그네슘 합금에 첨가되어야 한다. 하지만 Ca이 2중량%를 초과하여 첨가되면 마그네슘 합금의 인장특성은 일반적으로 저하되며, 특히 연신율의 감소가 두드러지는데, 이는 조대한 경질의 공정상이 다량 형성되어 크랙 발생을 유발하기 때문이다. 이처럼 Ca 첨가량의 증가는 발화저항성을 증가시키는 장점이 있지만, 인장특성이 급격히 나빠진다는 단점이 있고, 따라서, 발화저항성과 인장특성을 동시에 만족시키는 마그네슘 합금의 개발이 요구되는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서, 본 발명은 상기 종래의 문제점을 해결하기 위한 마그네슘 합금을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0007] 구체적으로 본 발명은 Ca를 포함하는 마그네슘 합금으로서, 우수한 발화저항성과 우수한 인장특성을 동시에 갖는 마그네슘 합금을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 Ca을 최소한으로 사용하는 동시에 SF_6와 같은 환경오염 유발 물질인 보호가스를 사용하지 않는 친환경 제조공정을 가능하게 하는 마그네슘 합금을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 마그네슘 합금은 용융 주조법에 의하여 제조되는 마그네슘 합금으로서, 1.0중량% 이상 7.0중량% 미만의 Al과, 0.05중량% 내지 2.0 중량%의 Ca와, 0.05중량% 내지 2.0중량%의 Y와, 0중량% 초과 6중량% 이하의 Zn과, 잔부인 Mg 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 상기 Ca와 Y의 합산 함량은 전체 마그네슘 합금의 전체 중량 대비 0.1중량% 이상 2.5중량% 미만인 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 상기 Ca의 함량은 0.2중량% 내지 1.5중량%인 것이 바람직하다.

[0011] 또한, 상기 Y의 함량은 0.1중량% 내지 1.5중량%인 것이 바람직하다.

[0012] 또한, Ca와 Y의 함량은 전체 마그네슘 합금의 전체 중량 대비 0.3중량% 이상 2.0중량% 이하인 것이 바람직하다.

[0013] 또한, 상기 마그네슘 합금은 Mn을 0중량% 초과 및 1중량% 미만으로 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0014] 또한, 상기 마그네슘 합금은 Zr을 0중량% 초과 및 1중량% 미만으로 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0015] 또한, 본 발명에 따른 마그네슘 합금의 제조방법은:

[0016] Mg, Al 및 Zn을 포함하는 마그네슘 합금 용탕을 형성하는 단계;

[0017] 상기 마그네슘 합금 용탕에 Ca 및 Y의 원료 물질을 첨가하는 단계;

[0018] 상기 Ca 및 Y의 원료 물질이 첨가된 마그네슘 합금 용탕을 용융 주조 방법을 이용하여 마그네슘 합금 주조재를 제조하는 단계를 포함하고,

[0019] 상기 방법에 의하여 제조된 마그네슘 합금은 1.0중량% 이상 및 7.0중량% 미만의 Al, 0.05중량% 내지 2.0 중량%의 Ca, 0.05중량% 내지 2.0중량%의 Y와, 0중량% 초과 6중량% 이하의 Zn과, 잔부인 Mg 및 기타 불가피한 불순물로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 마그네슘 합금 용탕에 Ca 및 Y의 원료 물질을 첨가하는 단계는 800℃보다 높은 온도에서 Ca 및 Y의 원료 물질을 첨가하는 것을 특징으로 하는 것이 바람직하다.

[0021] 또는, 본 발명에 따른 마그네슘 합금의 제조방법은:

[0022] Mg, Al 및 Zn을 포함하는 마그네슘 합금 용탕을 형성하는 단계;

[0023] Mg, Al, Zn, Ca 및 Y를 포함하고 750℃ 이하에서 용해가능한 모합금 잉고트를 형성하는 단계;

[0024] 상기 마그네슘 합금 용탕에 상기 750℃ 이하에서 용해가능한 모합금 잉고트를 투입하는 단계;

[0025] 상기 모합금 잉고트가 포함된 용탕을 용융 주조 방법을 이용하여 마그네슘 합금 주조재를 제조하는 단계를 포함하고,

[0026] 상기 방법에 의하여 제조된 마그네슘 합금은 1.0중량% 이상 및 7.0중량% 미만의 Al, 0.05중량% 내지 2.0 중량%의 Ca, 0.05중량% 내지 2.0중량%의 Y와, 0중량% 초과 6중량% 이하의 Zn과, 잔부인 Mg 및 기타 불가피한 불순물로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0027] 또한, 상기 Mg, Al, Zn, Ca 및 Y가 포함된 모합금 잉고트는 750℃ 이하에서 용해 가능한 것이고, 상기 모합금 잉고트는 750℃ 보다 낮은 온도에서 상기 마그네슘 합금 용탕에 투입되는 것이 바람직하다.

[0028] 또는, 본 발명에 따른 마그네슘 합금의 제조방법은:

[0029] Mg, Al 및 Zn을 포함하는 마그네슘 합금 용탕을 형성하는 단계;

[0030] 상기 마그네슘 합금 용탕에 Ca 화합물 및 Y 화합물을 첨가하는 단계;

[0031] 상기 Ca 화합물 및 Y 화합물이 첨가된 마그네슘 합금 용탕을 용융 주조 방법을 이용하여 마그네슘 합금 주조재를 제조하는 단계를 포함하고,

[0032] 상기 방법에 의하여 제조된 마그네슘 합금은 1.0중량% 이상 및 7.0중량% 미만의 Al, 0.05중량% 내지 2.0 중량%의 Ca, 0.05중량% 내지 2.0중량%의 Y와, 0중량% 초과 6중량% 이하의 Zn과, 잔부인 Mg 및 기타 불가피한 불순물로 구성되는 것이 바람직하다.

[0033] 또한, 상기 Ca 및 Y 원료물질, Mg, Al, Zn, Ca 및 Y가 포함된 모합금 잉고트, 또는 상기 Ca 화합물 및 Y 화합물을 상기 마그네슘 합금 용탕에 투입하는 단계는 상기 마그네슘 합금 용탕을 주기적으로 교반하는 단계를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0034] 또한, 상기 주조 방법은 금형주조법, 사형주조법, 중력주조법, 가압주조법, 연속주조법, 박판주조법, 다이캐스팅법, 정밀주조법, 소실모형주조법, 분무주조법 및 반응고주조법 중 하나인 것이 바람직하다.

[0035] 또한, 상기 방법은 상기 주조 방법에 의하여 형성된 마그네슘 합금 주조재를 열간가공하는 단계를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0036] 본 발명에 따른 마그네슘 합금에서 각 성분의 함량을 한정한 이유는 각각 다음과 같다.

[0037] 알루미늄(Al)

[0038] 알루미늄은 마그네슘 합금의 강도 증가 및 유동성을 향상시키며 응고 범위를 증가시켜 주조성을 개선시키는 원

소로서, 일반적으로 알루미늄 첨가량이 증가함에 따라 공정상인 $Mg_{17}Al_{12}$ 상의 분율이 증가한다. 또한, 뒤에서 설명하듯이 본 발명에 따른 실험결과에 따르면 다른 합금원소와 복합으로 첨가될 경우, 알루미늄의 함량이 증가할수록 발화저항성은 증가하는 것을 확인할 수 있다. 한편, 알루미늄의 함량이 1중량% 미만일 경우 강도 증가 및 발화저항성 향상 효과가 나타나지 않고, 알루미늄의 함량이 7중량% 이상에서는 조대한 $Mg_{17}Al_{12}$ 공정상으로 인해 인장특성이 저하되므로, 알루미늄은 1중량% 이상 7중량% 미만의 범위로 포함되는 것이 바람직하다.

[0039] 칼슘(Ca)

[0040] 칼슘은 Mg-Al계 합금에서 Mg-Al-Ca 금속간 화합물을 형성하여 강도 및 내열특성을 향상시킬 뿐만 아니라 용탕 표면에 얇고 치밀한 CaO 산화층을 형성시켜 용탕의 산화를 억제함으로써 마그네슘 합금의 발화 저항성을 향상시킨다. 하지만 칼슘의 함량이 0.05중량% 미만인 경우 발화저항성 향상 효과가 크지 않고, 2중량%를 초과할 경우 용탕의 주조성을 떨어지고 열간균열(hot cracking)이 발생하며, 금형과의 점착성(die sticking)이 증가하며 연신율이 크게 떨어지는 등의 문제가 있다. 따라서, 본 발명에 따른 마그네슘 합금에서 칼슘은 0.05중량% 내지 2.0중량%의 범위로, 더욱 바람직하게는 0.2중량% 내지 1.5중량%의 범위로 포함되는 것이 바람직하다.

[0041] 이트륨(Y)

[0042] 이트륨은 원래 마그네슘에 대하여 큰 고용한을 가지고 있어 주로 석출강화 효과에 의한 고온 내크리프 향상원소로 사용된다. 그런데, 이트륨을 칼슘과 함께 마그네슘 합금에 첨가하면, 조대한 칼슘 함유 공정상의 분율이 줄어들고 0.5중량% 이상 첨가될 경우 주조재의 결정립을 미세화 시키는 Al_2Y 입자가 형성되어 인장특성을 개선시키는 효과가 있다. 또한 용탕 표면에 Y_2O_3 산화층을 형성하여 MgO, CaO와 혼합층을 형성함으로써 발화 저항성을 증가시킨다. 한편, 마그네슘 합금에 이트륨이 0.05중량% 미만으로 포함되는 경우 발화온도 증가가 크지 않고, 이트륨이 2중량%를 초과하여 포함되는 경우 합금의 가격이 상승하고, Al_2Y 입자의 조대화로 인한 미세화 효과가 상실된다. 따라서, 본 발명에 따른 마그네슘 합금에서 이트륨은 0.05중량% 내지 2.0중량%의 범위로, 더욱 바람직하게는 0.1중량% 내지 1.5중량%의 범위로 포함되는 것이 바람직하다.

[0043] 아연(Zn)

[0044] 아연은 알루미늄과 함께 첨가될 때 결정립을 미세화하고 강도를 증가시키는 효과를 갖는다. 또한 일반적으로 마그네슘 합금 내 아연의 최대 고용한은 6.2 중량%이고, 이를 초과하여 마그네슘 합금에 아연을 첨가할 경우 주조 시 생성된 조대한 공정상이 주조재의 기계적 특성을 약화시킬 뿐만 아니라 균질화 열처리(T4) 후에도 상당량의 조대한 공정상이 잔류하게 되어 기계적 특성, 특히 연신율을 취약하게 하는 원인이 되기 때문에 아연은 6중량% 이하로 첨가되는 것이 바람직하다.

[0045] 망간(Mn)

[0046] 망간은 Mg-Al계 합금에서 내식성에 유해한 불순물원소인 Fe와 결합하여 내식성을 향상시키며, 빠른 냉각 속도에서 Al-Mn 금속간화합물을 형성하여 강도를 향상시킨다. 하지만, 망간을 1.0중량%를 초과하여 첨가할 경우 마그네슘 합금 내에 조대한 β-Mn 상 혹은 Al_8Mn_5 상이 형성되어 기계적 특성을 저하시키므로 망간은 1.0중량% 이하로 포함되는 것이 바람직하다.

[0047] 지르코늄(Zr)

[0048] 지르코늄(Zr)은 Al, Mn 등의 원소를 함유하지 않은 마그네슘 합금에 첨가될 경우 응고 시 마그네슘 결정과 매우 유사한 결정격자를 갖는 초정 Zr이 형성되기 때문에 초정 Zr에서의 마그네슘 결정의 불균일 핵생성을 통한 결정립 미세화를 위해 주로 첨가되는데, 0.1중량% 미만으로 첨가되면 그 효과가 충분하지 않고, 1.0중량%를 초과하여 첨가되면, 조대한 초정 Zr의 형성으로 인해 연신율이 저하되기 때문에 0.1중량% 내지 1.0중량% 이하로 포함하는 것이 바람직하다.

[0049] 기타 불가피한 불순물

[0050] 본 발명에 따른 마그네슘 합금에는 합금의 원료 또는 제조과정에서 불가피하게 혼입되는 불순물을 포함할 수 있으며, 본 발명에 따른 마그네슘 합금에 포함될 수 있는 불순물 중에서 특히 철(Fe), 실리콘(Si) 및 니켈(Ni)은 마그네슘 합금의 내식성을 악화시키는 역할을 하는 성분이다. 따라서 Fe의 함량은 0.004중량% 이하, Si의 함량은 0.04중량%, Ni의 함량은 0.001중량% 이하를 유지하도록 하는 것이 바람직하다.

[0051] 칼슘과 이트륨의 합산량

[0052] 칼슘과 이트륨을 복합 첨가하면 고상 혹은 액상의 마그네슘 합금 표면에 치밀한 CaO/Y_2O_3 복합 산화층을 형성하여 칼슘 혹은 이트륨을 독립적으로 첨가한 합금에 비해 발화저항성이 훨씬 우수해진다. 또한 칼슘 혹은 이트륨을 독립적으로 첨가할 경우 우수한 발화저항성을 얻기 위해서는 일반적으로 3중량% 이상 첨가해야 하지만, 이 경우 조대한 금속간 화합물을 형성하기 때문에 인장특성이 크게 저하되는 문제가 있다. 하지만 칼슘과 이트륨을 복합첨가하게 되면 소량 첨가로도 발화저항성이 우수하면서 동시에 금속간 화합물의 분율과 크기를 크게 줄여 인장특성을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 한편, 마그네슘 합금에 칼슘과 이트륨의 합산 함량이 0.1중량% 미만으로 첨가한 경우 칼슘과 이트륨의 복합첨가 효과가 나타나지 않아 발화온도가 650℃ 이하로 낮으므로 대기 중 혹은 일반적인 불활성 가스 분위기 하에서 용해할 수 없다. 또한, 칼슘과 이트륨의 합산 함량이 2.5중량% 이상일 경우 추가적인 발화온도 상승에 의한 장점이 없는 반면 합금가격의 상승을 초래한다. 따라서 본 발명에 따른 마그네슘 합금에서 칼슘과 이트륨의 합산 함량은 0.1중량% 이상 및 2.5중량% 미만, 더욱 바람직하게는 0.2중량% 내지 2.0중량%의 범위로 포함되는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0053] 본 발명에 따른 마그네슘 합금은 보호피막으로 작용하는 치밀한 복합 산화층을 형성하여 내산화성 및 발화저항성이 매우 우수하여 대기 중이나 일반적인 불활성분위기(Ar, N_2)에서 용해, 주조 및 가공이 가능하고, 기계가공 공정에서 쌓이는 칩의 자연발화를 억제할 수 있다.

[0054] 또한, 본 발명에 따른 마그네슘 합금은 SF_6 등의 가스를 사용하지 않아 비용감소, 작업자 건강보호, 환경오염방지에 적합하다.

[0055] 또한, 본 발명에 따른 마그네슘 합금은 발화온도가 녹는점 +50℃ 이상으로 상용 합금 대비 월등히 우수한 발화저항성을 가지면서도 강도 및 연성도 우수하여 구조용 부품 소재로 적용가능하다.

[0056] 또한, 본 발명에 따른 마그네슘 합금은 가공재 또는 주조재로 다양하게 이용될 수 있으며, 특히 고강도 고연성 및 안정성 특성을 요구하는 차세대 자동차, 고속철도, 도심철도 등에 실제적 적용이 가능한 압출재, 판재, 단조재, 주조재 등으로 제조될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0057] 도 1(a)는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 대기 중에서 주조한 비교예 1에 따른 합금 주조재의 표면 사진이다.

도 1(b)는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 대기 중에서 주조한 실시예 2에 따른 합금 주조재의 표면 사진이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 주조한 마그네슘 합금의 발화온도 측정 방법을 예시하는 도면이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 주조한 실시예 5에 따른 마그네슘 합금을 670℃에서 10분 간 유지한 후 용탕 표면 산화층의 EPMA 분석 결과를 도시하는 도면이다.

도 4는 Ca과 Y이 복합 첨가된 합금에서 고상 혹은 액상 표면에서 형성된 이중의 복합 산화층이 외부의 산소 침

투를 차단하는 구조를 개략적으로 보여주는 도면이다.

도 5(a)는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 주조한 비교예 3에 따른 합금의 미세조직을 보여주는 광학 사진이다.

도 5(b)는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 주조한 실시예 2에 따른 합금의 미세조직을 보여주는 광학 사진이다.

도 6(a)는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 압출한 비교예 1에 따른 합금의 미세조직을 보여주는 광학 사진이다.

도 6(b)는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 압출한 비교예 2에 따른 합금의 미세조직을 보여주는 광학 사진이다.

도 6(c)는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 압출한 비교예 3에 따른 합금의 미세조직을 보여주는 광학 사진이다.

도 6(d)는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 압출한 실시예 1에 따른 합금의 미세조직을 보여주는 광학 사진이다.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 제조한 비교예 및 실시예에서 Ca과 Y의 합산 첨가량에 따른 발화온도의 변화를 보여주는 사진이다.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 제조한 비교예 및 실시예에서 Ca과 Y의 합산 첨가량에 따른 인장강도×균일연신율 값의 변화를 보여주는 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0058] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마그네슘 합금 및 그 제조방법을 이하에서 상세히 설명한다. 그러나 하기의 실시예는 단지 예시적인 것으로 본 발명을 한정하는 것이 아니다.

[0059] 본 발명의 발명자들은 전술한 종래기술의 문제점을 해결하고 본 발명의 목적을 달성하기 위해 열역학적으로 계산된 합금설계에 대한 연구 결과, Mg-Al계 합금 또는 Mg-Al-Zn계 합금에 Ca과 Y을 복합 첨가하게 되면, 아래의 표 1에서 확인할 수 있듯이 Ca만 단독으로 첨가할 경우에 비해 경질의 공정상(Eutectic phase I)의 분율이 획기적으로 감소하면서 동시에 결정립 미세화 입자인 Al_2Y 상의 형성을 유도하여 발화저항성 뿐만 아니라 인장특성도 향상될 수 있음을 확인하였다.

표 1

[0060]

	Al_2Y	Eutectic phase I (Al_2Ca, Mg_2Ca)	Eutectic phase II ($Mg_{17}CAl_{12}$)
Mg-3Al-1Zn-1Ca	-	2.241	
Mg-3Al-1Zn-2Ca	-	3.733	
Mg-3Al-1Zn-1Ca-0.6Y	0.845	2.169	
Mg-6Al-1Zn-1Ca	-	2.303	4.183
Mg-6Al-1Zn-2Ca	-	4.600	1.776
Mg-6Al-1Zn-1Ca-0.6Y	0.890	2.272	3.505

[0061] 본 발명의 발명자들은 상기 데이터를 기초로 다양한 조성을 갖는 마그네슘 합금을 제조하였는데, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마그네슘 합금의 제조방법은 아래와 같다.

[0062] 먼저, Mg(99.9%), Al(99.9%), Zn(99.99%), Ca(99.9%), Y(99.9%) 및 선택적으로 Mn(99.9%)의 원료 물질을 준비한 후, 상기 원료를 용해하여 중력 주조방법을 이용하여 하기 표 2의 실시예 1 내지 실시예 17 및 비교예 1 내지 비교예 9에 기재된 합금조성을 가지는 마그네슘 합금 주조재를 형성하였다. 특히, 융점이 각각 842℃와 1525℃로 높은 Ca과 Y을 직접 용탕에 투입하여 합금화시키기 위해서, 850℃ 내지 900℃까지 용탕의 온도를 올려

서 이들 원소를 완전 용해시킨 후, 주조온도까지 서서히 냉각한 후 주조하여 마그네슘 합금 주조재를 형성하였다.

[0063] 또는, 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, Mg(99.9%), Al(99.9%), Zn(99.99%), Ca(99.9%), Y(99.9%)의 원료 물질을 동시에 용해시켜 용탕을 형성한 후 주조하는 방법 외에 다양한 방법에 따라서 마그네슘 합금을 제조하는 것이 가능하다. 예컨대, Mg, Al 및 Zn의 원료 물질 또는 이들의 합금을 이용하여 마그네슘 합금 용탕을 먼저 형성하고, Ca 및 Y의 원료 물질, 또는 Ca 화합물 및 Y 화합물을 상기 마그네슘 합금 용탕에 투입한 후 적절한 주조 방법을 이용하여 마그네슘 합금 주조재를 형성하는 것도 가능하다. 또는, 최종 목표보다 Ca 및 Y의 함량이 높은 Mg, Al, Zn, Ca 및 Y 합금(모합금 잉고트)을 제조하고, 이와 별도로 Mg, Al 및 Zn의 원료 물질 또는 이들의 합금을 이용하여 마그네슘 합금 용탕을 형성한 후 상기 모합금 잉고트를 상기 마그네슘 합금 용탕에 투입하여 마그네슘 합금 주조재를 형성할 수도 있다. 상기 방법에 따르면 모합금 잉고트의 녹는점은 Ca 및 Y 원료 물질의 녹는점보다 낮으므로 Ca 및 Y 원료물질을 직접 마그네슘 합금 용탕에 투입할 때보다 낮은 온도에서 모합금 잉고트를 투입할 수 있다는 점에서 특히 유용하다. 그 외에도, 본 발명에 따른 마그네슘 합금의 형성은 다양한 방법을 통해서 구현 가능하며, 본 발명이 속한 기술분야에서 이미 널리 알려진 마그네슘 합금의 형성 방법은 모두 본 발명에 일체로 합체된다.

[0064] 한편, 본 실시예에서 유도 용해는 흑연 도가니(graphite crucible)를 사용하였으며, 합금화가 마무리되기 전까지는 용탕의 산화를 방지하기 위해 SF_6와 CO_2 혼합가스를 용탕 상부에 도포하여 용탕과 대기가 접촉하는 것을 차단하였다. 또한, 용해가 완료된 후에는 철계 금형(steel mold)을 사용하여 보호가스를 사용하지 않고 금형 주조하였으며, 압연 실험을 위해 폭 100mm, 길이 150mm, 두께 15mm의 판상 주조재를 제조하였고, 압출 실험을 위해 직경 80mm, 길이 150mm의 원통형 빌렛(billet)을 제조하였으며, 합금 주조재의 발화실험을 위해 직경 55mm, 길이 100mm의 원통형 빌렛을 제조하였다. 또한, 본 실시예는 금형주조법을 사용하여 마그네슘 합금을 주조하였으나, 사형주조, 중력주조, 가압주조, 연속주조, 박판주조, 다이캐스팅, 정밀주조, 분무주조, 반응고주조 등 다양한 주조법이 사용될 수 있으며, 본 발명에 따른 마그네슘 합금은 반드시 어떠한 특정한 주조 방식에 한정되지는 않지만 용융 주조법인 것이 더욱 바람직하다.

[0065] 다음으로, 앞에서 형성한 슬라브를 400℃에서 15시간 동안 균질화 열처리를 실시하였다. 이어서, 표 2의 비교예 1 내지 비교예 6 및 실시예 1 내지 실시예 7에 대해서 균질화 열처리된 재료를 롤 온도 200℃, 롤 직경 210mm, 롤 속도 5.74 mpm, 압연 1회 당 압하율 30%/pass 및 72%/pass의 조건 하에서 각각 압연처리하여 최종 두께 1mm의 판재로 열간가공 하였다. 이때 압연 1회당 압하율이 30%/pass일 경우 최종 두께 1mm까지 총 7회의 압연이 행해졌다.

[0066] 한편, 표 2의 비교예 7과 비교예 8 및 실시예 8은 균질화 열처리된 재료를 압출 온도 250에서 압출 속도 5 m/min로 25:1의 압출비로 각각 압출하여 최종 직경 16mm의 표면 상태가 양호한 봉상 압출재를 제조하였다.

[0067] 한편, 본 발명의 실시예에서는 주조 및 균질화 열처리 후 압연 및 압출 가공을 실시하였으나, 예를 들어 단조, 인발 등 다양한 가공 방법에 의해 제조될 수 있으며, 반드시 어떠한 특정한 가공 방식에 한정되지는 않는다.

표 2

	합금기호	합금조성(중량%)						발화온도 (℃)	시험 분위기
		Al	Zn	Ca	Y	Mn	Zr		
비교예1	AZ31	3	1					490	대기
								554	공기+아르곤
비교예2	AZX311	3	1	1				708	대기
비교예3	AZX312	3	1	2				747	대기
비교예4	AZ61	6	1					507	대기
								602	공기+아르곤
비교예5	AZX611	6	1	1				703	대기
비교예6	AZX612	6	1	2				755	대기
비교예7	ZX61		6	1				672	대기
비교예8	ZX62		6	2				704	대기
비교예9	ZK60		5.5				0.45	553	대기
실시예1	Alloy 1	3	0.8	1	1	0.3		807	대기
실시예2	Alloy 2	3	1	1	0.6			768	대기
								776	공기+아르곤
실시예3	Alloy 3	3	1	0.7	0.6			714	대기
								707	공기+아르곤
실시예4	Alloy 4	3	0.8	0.3	0.3	0.25		698	대기
								705	공기+아르곤
실시예5	Alloy 5	6	1	1	0.6			774	대기
실시예6	Alloy 6	6	1	0.7	0.6			745	대기
								749	공기+아르곤
실시예7	Alloy 7	6	1	0.3	0.3			705	대기
								717	공기+아르곤
실시예8	Alloy 8	6	1	0.1	0.1			677	대기
실시예9	Alloy 9	6	2	1	0.6			783	대기
실시예10	Alloy 10	6	2	0.1	0.1			658	대기
								711	공기+아르곤
실시예11	Alloy 11	4	4	0.7	0.6			771	대기
실시예12	Alloy 12	4	4	0.1	0.1			653	대기
								676	공기+아르곤
실시예13	Alloy 13	1	6	1	1			744	대기
실시예14	Alloy 14	1	6	0.7	0.6			689	대기
실시예15	Alloy 15	1	6	1	0.3			659	대기
실시예16	Alloy 16	2	6	1	1			755	대기
실시예17	Alloy 17	1	6	0.7	0.6		0.2	698	대기

[0068]

[0069] 마그네슘 합금의 발화온도 측정

[0070] 상기 마그네슘 합금의 발화온도를 측정하기 위하여, 앞에서 제조된 원통형 빌렛의 외각을 깊이 0.5mm, 피치 0.1mm, 350rpm의 일정한 속도로 칩 가공하여 일정한 크기의 칩을 얻었다. 상기 방법으로 얻은 칩 0.1g을 1000℃로 유지되는 가열로 안으로 일정한 속도로 넣어서 승온시켰다. 그 과정에서 도 3에서 보듯이 발화로 인해 급격한 온도 상승이 시작되는 온도를 발화온도로 측정하고, 그 결과를 표 2에 나타내었다.

[0071] 표 2의 비교예 1 내지 비교예 6에서 보듯이, 마그네슘 합금의 발화온도는 칼슘 첨가에 따라 급격히 증가하고, 같은 양의 칼슘이 첨가될 경우 알루미늄 함량이 많은 합금일수록 발화온도도 증가하는 경향을 보인다.

[0072] 표 2에서 실시예 2 및 실시예 5의 발화온도를 비교예 2 및 비교예 5의 발화온도와 각각 비교하면, 마그네슘 합금에 칼슘만 포함된 경우에 비하여, 이트륨이 더 첨가된 경우 발화온도가 훨씬 높게 형성되는 것을 확인할 수 있다. 왜냐하면, 도 4의 EPMA (Electron Probe Micro-Analyzer) 분석결과에서 보듯이, Y 첨가로 인해 용탕과 접하는 부분에 CaO와 Y_2O_3의 혼합층이 형성되었고, 이 층이 대기 중의 산소가 용탕으로 침투하여 반응하는 것을 효과적으로 억제할 수 있기 때문이다. 또한 CaO와 Y_2O_3 혼합층의 바깥부분에도 CaO와 MgO의 혼합층이 존재하며, 이러한 이중 혼합층이 용탕을 높은 온도에서도 안정하게 유지할 수 있도록 한다.

[0073] 또한, 비교예 3과 실시예 2 및 비교예 6과 실시예 5를 비교하면, 단순히 칼슘만 첨가한 경우에 비하여 칼슘과 이트륨을 복합첨가한 경우, 칼슘과 이트륨의 전체 함량이 단순히 칼슘만 첨가한 경우의 칼슘 함량에 비하여 적

은 경우에도 발화온도는 더욱 높은 것을 확인할 수 있다. 이것은 마그네슘 합금의 발화온도를 높이기 위하여 칼슘만 이용하는 경우에 비하여 칼슘과 이트륨을 복합첨가할 경우 발화저항성을 높인다는 측면에서 더욱 우수한 효과를 얻을 수 있음을 보여준다.

[0074] 또한, 표 2에서 실시예 1에 따른 마그네슘 합금의 발화온도가 807℃로 매우 높은 발화저항성을 보여주는데, 이는 이트륨의 함량이 1중량%로 높기 때문이며, 따라서 이트륨의 첨가량이 증가할수록 발화저항성도 크게 향상될 수 있음을 알 수 있다. 또한, 표 2에서 실시예 8에 따른 마그네슘 합금의 발화온도가 811℃로 매우 높은 발화저항성을 보여주는데, 이는 아연이 6중량% 첨가된 마그네슘 합금에서도 칼슘과 이트륨이 1중량% 씩 첨가될 경우, 발화온도가 크게 향상됨을 보여준다.

[0075] 마그네슘 합금의 인장 특성 평가

[0076] 앞에서 설명한 방법에 의하여 제조된 판재를 250℃에서 30분간 열처리한 후, 게이지부 길이가 25mm인 ASTM-E-8M 규격의 sub-size 판상 시편을 제조하였고, 통상의 인장시험기를 사용하여 1×10^{-3} s^{-1}의 변형률로 상온 인장시험을 실시하였으며, 그 결과를 표 3에 나타내었다.

[0077] 또한 압출재의 경우 게이지부 길이가 25mm인 봉상 시편을 제조하여 판상 시편과 동일한 조건에서 인장시험을 실시하였다.

표 3

	합금기호	인장특성					
		항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)	균일연신율 (%)	인장강도×균일연신율 (MPa·%)	비고
비교예1	AZ31	176.4	274.5	25.2	17.4	4788	압연재
		176.8	270.4	26.0	15.3	4142	압출재
비교예2	AZX311	191.1	276.1	24.3	16.9	4658	압연재
		239.4	294.5	17.1	11.8	3479	압출재
비교예3	AZX312	255.2	303.6	16.5	9.7	2943	압연재
		346.0	355.4	9.0	5.8	2045	압출재
비교예4	AZ61	218.7	324.0	22.0	17.2	5565	압연재
		166.5	298.1	26.4	21.1	6292	압출재
비교예5	AZX611	204.4	306.2	19.7	16.0	4909	압연재
		150.8	276.9	21.2	19.3	5337	압출재
비교예6	AZX612	230.0	321.0	16.7	14.1	4536	압연재
		169.9	275.6	19.2	16.4	4533	압출재
비교예7	ZX61-F	191.4	268.1	25.4	17.2	4606	압출재
비교예8	ZX62-F	294.9	298.5	13.7	9.4	2791	압출재
비교예9	ZK60-F	238.4	318.4	24.1	13.5	4298	압출재
실시예2	Alloy 2	175.8	265.2	24.7	18.4	4880	압연재
실시예3	Alloy 3	171.1	264.3	26.5	18.4	4856	압연재
실시예4	Alloy 4	175.1	267.4	27.8	16.8	4483	압출재
실시예5	Alloy 5	225.7	323.4	19.6	15.5	5020	압연재
실시예8	Alloy 8	156.3	297.6	26.8	22.6	6738	압출재
실시예9	Alloy 9	242.1	337.0	16.8	15.3	5157	압연재
실시예10	Alloy 10	215.1	340.2	21.7	19.5	6633	압출재
실시예11	Alloy 11	152.0	302.1	33.5	29.1	8780	압출재
실시예12	Alloy 12	189.8	323.7	27.3	22.7	7338	압출재
실시예13	Alloy 13	161.5	276.1	26.8	22.4	6196	압연재
실시예14	Alloy 14	165.9	288.3	30.3	25.9	7467	압출재
실시예15	Alloy 15	167.5	280.8	31.3	23.9	6711	압출재
실시예16	Alloy 16	175.3	285.7	26.5	22.3	6363	압출재

[0078]

[0079] 표 3에서 보듯이, 비교예 2와 비교예 3, 비교예 5와 비교예 6, 및 비교예 7과 비교예 8을 비교하면, 칼슘의 함량이 1중량%에서 2중량%로 증가함에 따라 항복강도와 인장강도는 증가하지만 연신율은 크게 감소하는 것을 볼 수 있다. 이러한 연신율의 감소는 도 5(a)에서 보듯이 칼슘의 첨가량이 2중량%로 증가할 경우 기지 내 미세한 Al_2Ca 석출상과 더불어 조대한 경질의 Mg-Al-Ca 삼원계 공정상의 분율이 높아지기 때문이다. 반면, 도 5(b)에서 보듯이, 칼슘의 첨가량이 1중량%인 경우 이트륨이 0.6중량% 포함될 경우에도 조대한 경질의 Mg-Al-Ca 삼원계 공정상은 발견되지 않고, 따라서 연신율이 낮아지지 않는다. 마찬가지로 도 6에서 비교예 1 내지 비교예 3과 실시예 1의 압출재의 미세조직을 비교하면, 칼슘의 첨가량이 1중량%와 2중량%로 증가할 경우 도 6(b)와 도 6(c)에서 화살표로 표시된 검은색의 이차상이 다량 관찰되고, 이러한 경질의 이차상에서 결함 발생이 용이하기 때문에 연신율이 감소하게 된다. 반면, 도 6(d)에서 보듯이 칼슘과 이트륨이 각각 1중량% 씩 첨가된 합금의 압출재에서는 연신율을 저하시키는 경질의 이차상이 관찰되지 않는다. 이러한 결과는 실시예 2와 비교예 3, 실시예 5와 비교예 6, 및 실시예 13과 비교예 8을 각각 비교하면 더욱 명확하다. 즉, 실시예 2와 실시예 5는 칼슘 1중량%, 이트륨 0.6중량%만 첨가하였음에도 불구하고, 칼슘을 2중량% 첨가한 비교예 3 및 비교예 6과 비교하여 유사한 수준의 발화저항성과 인장강도를 가지면서 동시에 연신율은 매우 높은 것을 확인할 수 있다. 실시예 13도 마찬가지로 Mg-6Zn-1Al 합금에 칼슘 1중량%, 이트륨 1중량%를 첨가하면 발화저항성이 크게 향상될 뿐만 아니라 인장특성, 특히 인장강도×균일연신율 값이 크게 향상됨을 알 수 있다. 즉, 본 실시예에 따른 마그네슘 합금은 이트륨을 소량 첨가함으로서 칼슘의 함량을 1중량% 수준으로 낮게 유지하면서도 조대한 경질의 삼원계 공정상의 분율을 크게 감소시켜 강도와 연신율이 동시에 마그네슘 합금을 얻을 수 있다.

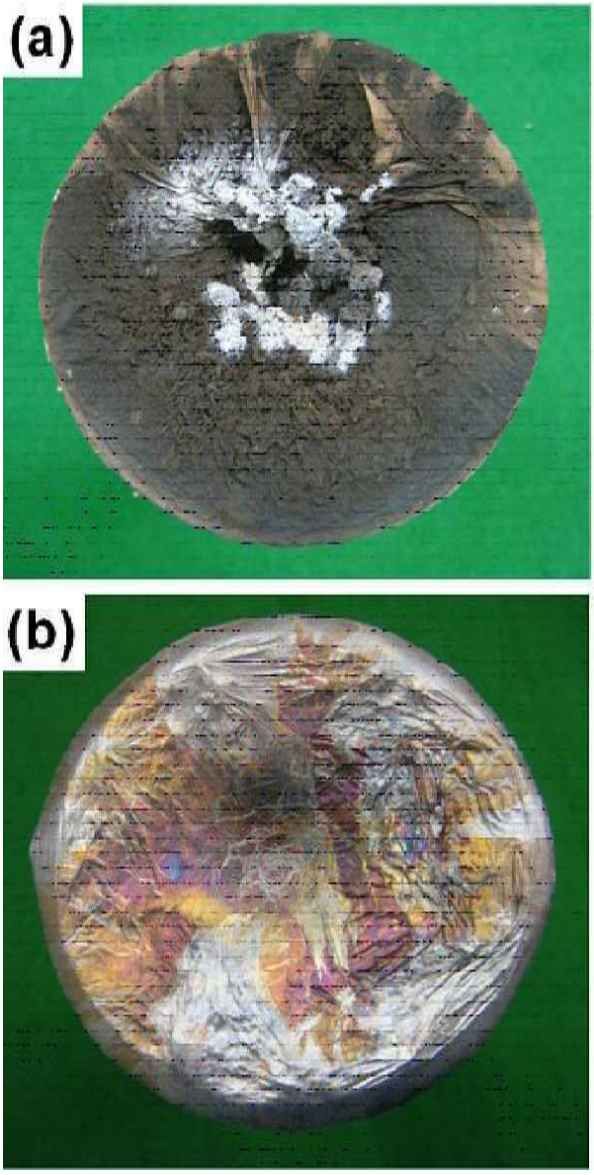
[0080] 또한, 실시예 2와 비교예 2, 실시예 5와 비교예 5를 각각 비교하면, 실시예 2 및 실시예 5는 이트륨을 첨가함으로써 칼슘을 동일 함량으로 첨가하고 이트륨을 첨가하지 않은 경우에 비하여 발화저항성이 우수하면서, 동시에 인장강도×균일연신율 값도 더욱 우수해지는 것을 확인할 수 있다.

[0081] 이러한 경향은 칼슘과 이트륨의 합산 첨가량에 따른 발화온도와 인장특성의 변화를 나타내는 도 7과 도 8에서도 확인할 수 있다. 도 7에서 칼슘과 이트륨의 합산 첨가량이 증가함에 따라 발화온도는 점차 증가하는 경향을 보이며, 특히 이트륨이 첨가되지 않는 합금에 비해 이트륨이 첨가될 경우 발화온도 증가 기울기가 더욱 커지는 것을 확인할 수 있다. 반면, 도 8에서 보듯이 칼슘 단독 첨가의 경우 칼슘 첨가량이 증가함에 따라 열간가공 종류에 상관없이 인장강도×균일연신율 값이 크게 감소하는 경향을 보이지만, 칼슘과 이트륨이 동시에 첨가될 경우 오히려 칼슘과 이트륨이 첨가되지 않은 합금보다 기계적 특성이 향상되는 결과를 보인다. 이러한 결과로부터 소량의 칼슘과 이트륨을 동시에 첨가함으로써 발화저항성을 크게 향상시키면서 동시에 인장특성도 향상되는 것을 확인할 수 있다.

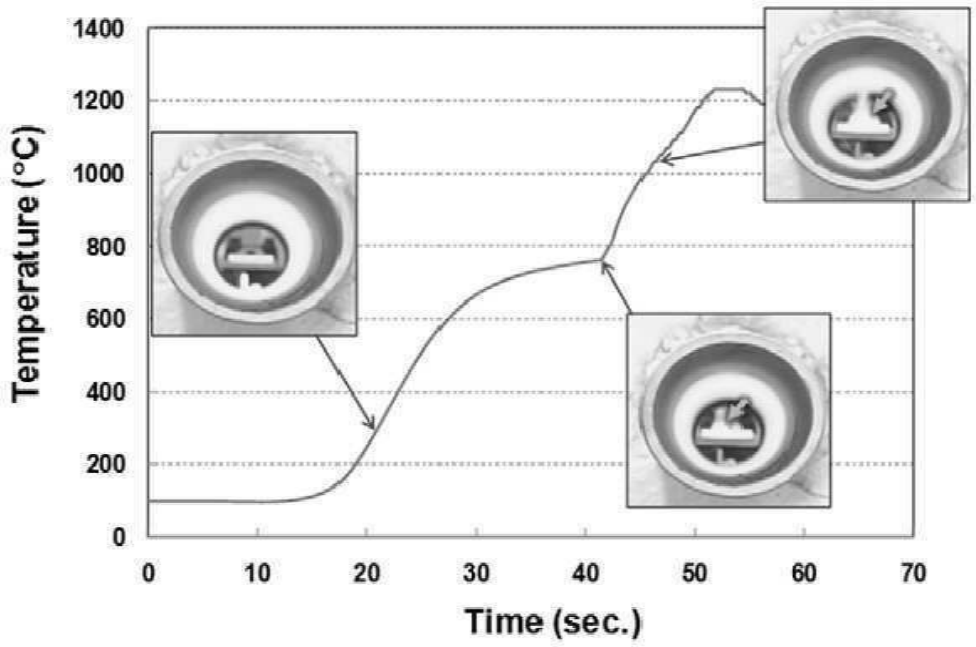
[0082] 이상으로 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마그네슘 합금 및 그 제조방법을 첨부한 도면을 참고로 상세하게 설명하였다. 하지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상기 실시예가 본 발명의 일례를 예시하는 것에 불고하고 다른 다양한 수정 및 변형이 가능하다는 것을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 오직 뒤에서 설명할 특허청구범위에 의해서만 한정된다.

도면

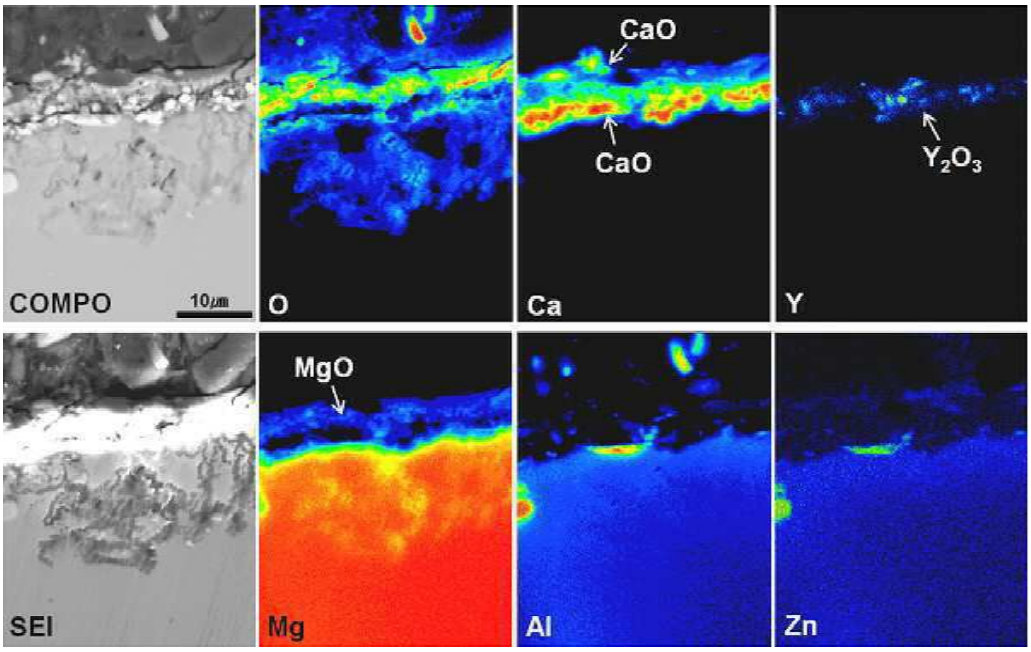
도면1



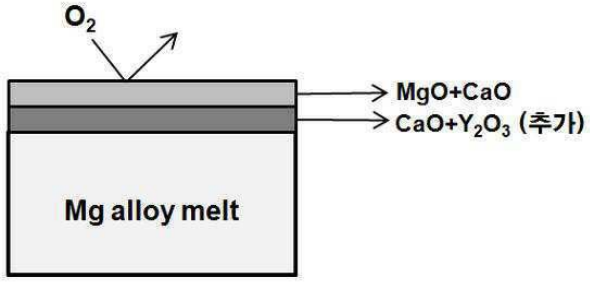
도면2


Temperature (°C)
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
70
Time (sec.)

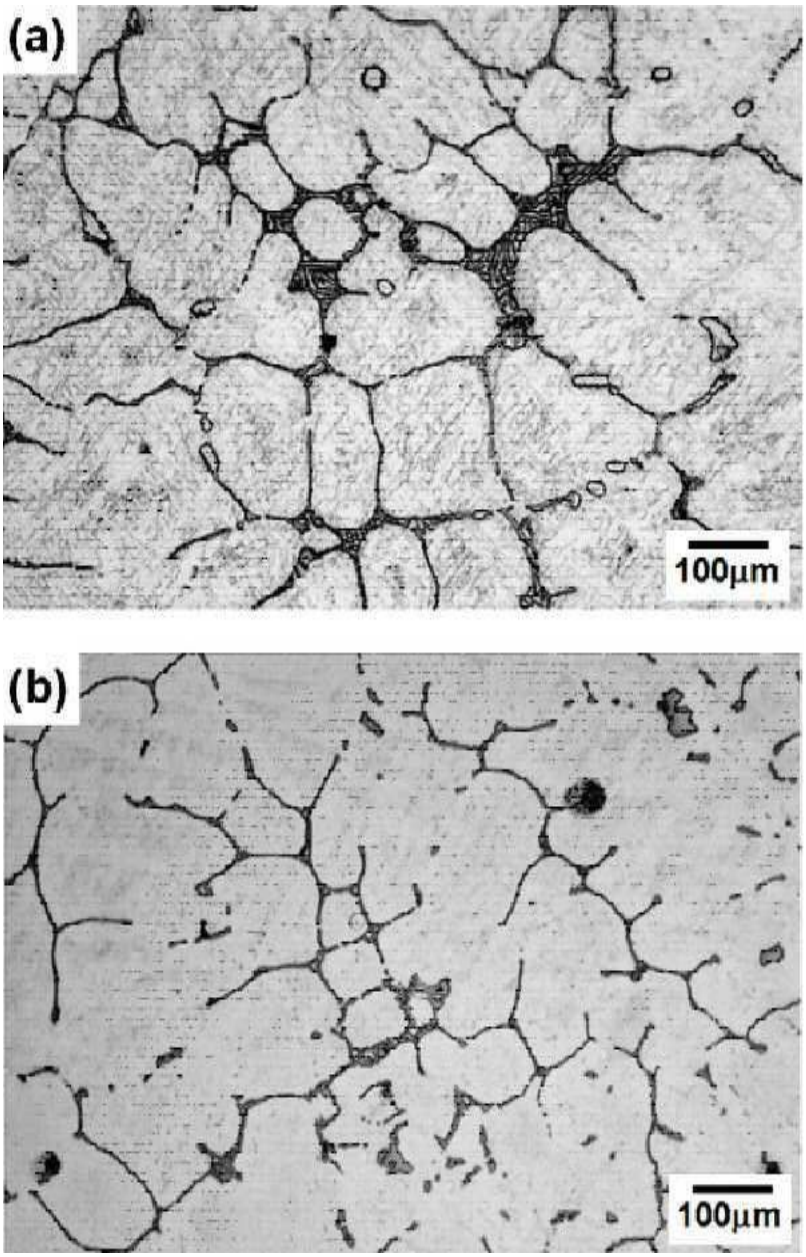
도면3


COMPO
10μm
O
Ca
CaO
CaO
Y
Y_2O_3
SEI
Mg
MgO
Al
Zn

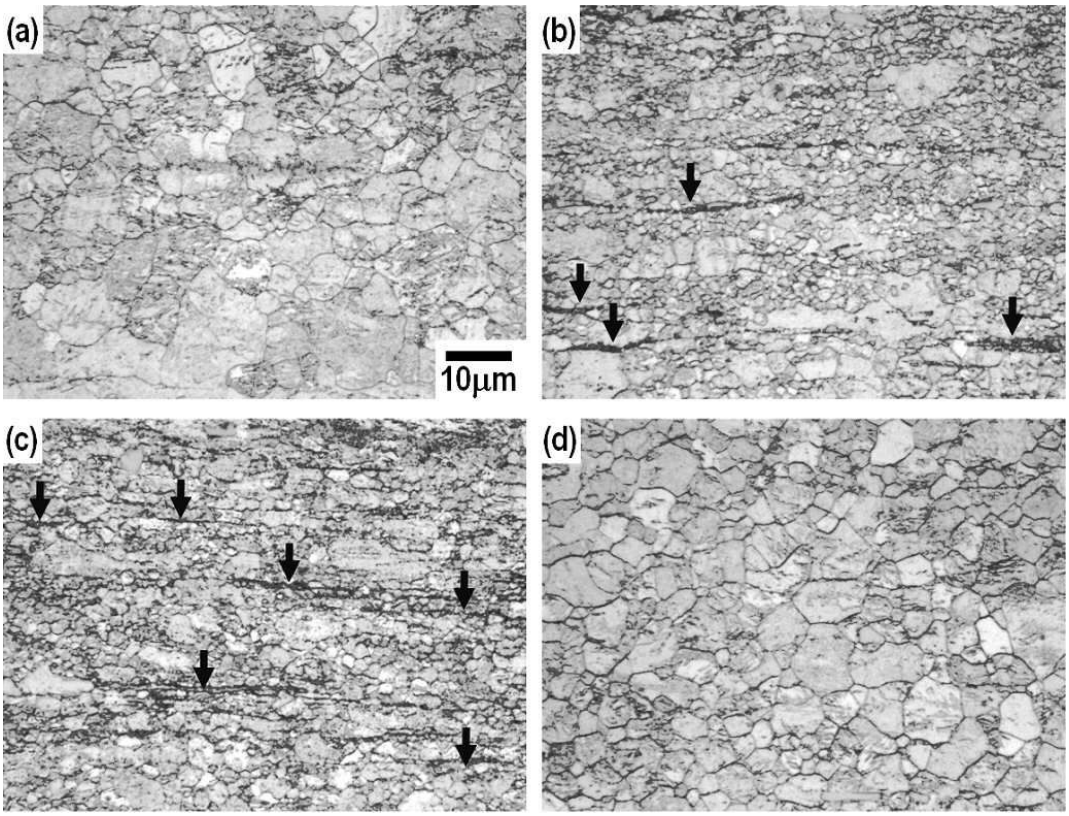
도면4


O_2
MgO+CaO
$CaO+Y_2O_3$ (추가)
Mg alloy melt

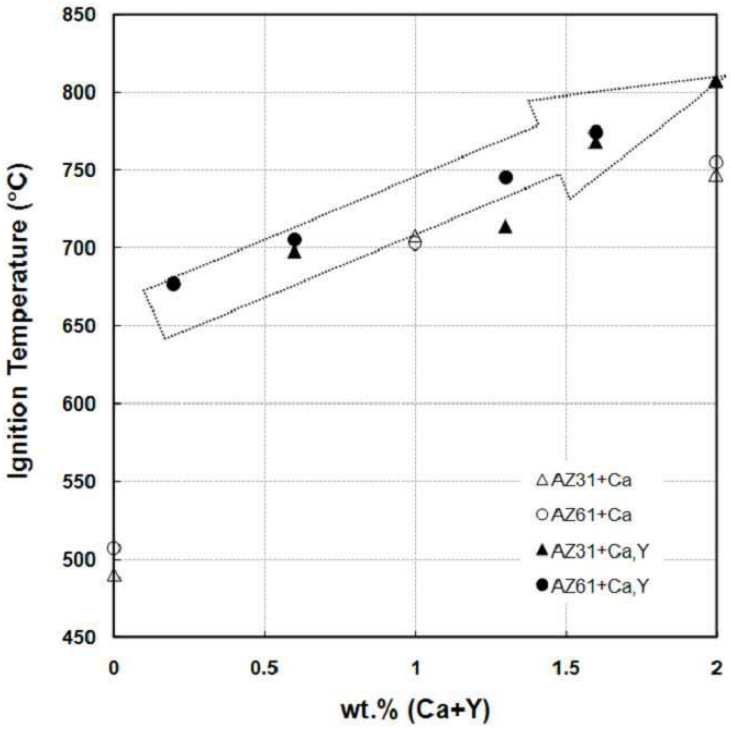
도면5



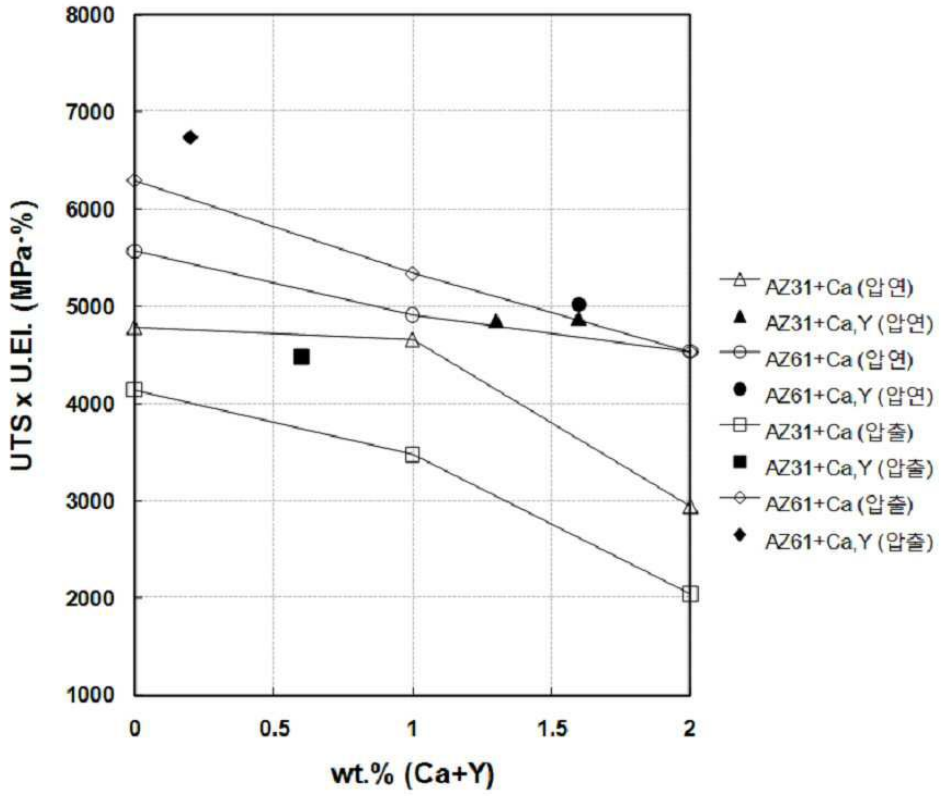
도면6


(a)
(b)
(c)
(d)
10μm

도면7


Ignition Temperature (°C)
850
800
750
700
650
600
550
500
450
0
0.5
1
1.5
2
wt.% (Ca+Y)
△AZ31+Ca
○AZ61+Ca
▲AZ31+Ca,Y
●AZ61+Ca,Y

도면8


8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
UTS x U.El. (MPa-%)
0
0.5
1
1.5
2
wt.% (Ca+Y)
AZ31+Ca (압연)
AZ31+Ca,Y (압연)
AZ61+Ca (압연)
AZ61+Ca,Y (압연)
AZ31+Ca (압출)
AZ31+Ca,Y (압출)
AZ61+Ca (압출)
AZ61+Ca,Y (압출)