(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0078520
(43) 공개일자 2017년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 23/00 (2006.01) *B21C 23/06* (2006.01)
C22C 23/06 (2006.01) *C22F 1/06* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 23/00 (2013.01)
B21C 23/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0161445
(22) 출원일자 2016년11월30일
심사청구일자 2016년11월30일
(30) 우선권주장
1020150187878 2015년12월28일 대한민국(KR)

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
임창동
서울특별시 마포구 성암로11길 60 (중동, 마포중동청구아파트) 104동 901호
유봉선
경상남도 창원시 성산구 원이대로 495 204동 1003호 (반림동,트리비앙아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이지

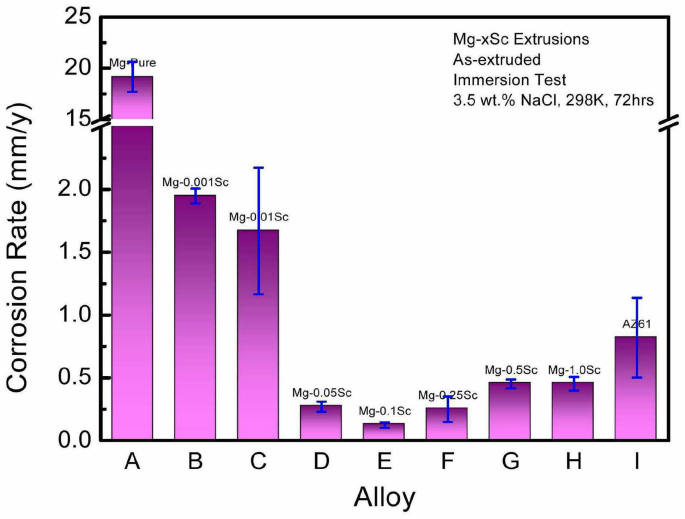
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 스칸듐을 0.001 중량부 내지 1.0 중량부로 포함하고, 나머지는 마그네슘과 불가피한 불순물로 구성된 마그네슘 합금이고, 상기 마그네슘 합금은 Fe 고용한이 증가되고 부식성이 감소되는, 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금 및 이의 제조방법을 제공하고자 한다. 본 발명은 기계적 특성 저하 없이 기지와 불순물 간의 미소 갈바닉 부식을 억제할 뿐만 아니라 표면에 형성되는 피막의 부동태 특성을 동시에 향상시킬 수 있는 스칸듐을 첨가하여 마그네슘 합금의 내식성을 향상시킬 수 있어 자동차, 철도, 항공기, 선박 등의 수송기기, 가전기기, 의료기기, 생활용품 등 경량화 및 생체분해특성이 요구되는 다양한 분야에 유용하게 활용될 수 있는 마그네슘 합금을 제공하고자 하고, 특히 스텐트 및 플레이트 등의 임플란트와 같은 신체와 접촉하는 의료장치 분야에 유용하게 활용될 수 있는 마그네슘 합금을 제공하고자 한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C22C 23/06 (2013.01)
C22F 1/06 (2013.01)
(72) 발명자
김영민
대전광역시 유성구 상대남로 26 (상대동, 도안신도시9블록 트리풀시티아파트) 904동 1701호
김하식
경상남도 창원시 마산회원구 구암북7길 3-1
배준호
경상남도 김해시 율하2로 125 동원로얄듀크 1006동 201호
문병기
경상남도 창원시 진해구 풍호로35번길 11 협성DS이아이존빌아파트 108동 1301호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNK4120
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 주요사업
연구과제명 부식환경 대응 마그네슘 소재 개발(5/5)
기 여 율 1/1
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2015.01.01 ~ 2015.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 스칸듐을 0.001 중량부 내지 1.0 중량부로 포함하고,

나머지는 마그네슘과 불가피한 불순물로 구성된 마그네슘 합금이고,

상기 마그네슘 합금은 Fe 고용한이 증가되고 부식성이 감소되는, 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 스칸듐을 0.05 중량부 내지 0.5 중량부로 포함하는, 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 3

제1항에 있어서,

3.5 wt% 염수로 72시간 침지 시 부식속도가 0.5 mm/y 이하인 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 4

제1항에 있어서,

항복강도가 80 내지 120MPa이고, 인장강도가 160 내지 180MPa이고, 연신율이 6 내지 13%인 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 5

제1항에 있어서,

마그네슘 합금 100 중량부에 대해

0.001 내지 0.007 중량부의 철;

0.001 내지 0.002 중량부의 규소;

0.005 내지 0.015 중량부의 칼슘; 및

0.003 내지 0.012 중량부의 망간을 더 포함하는, 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 0.5 내지 7.0 중량부의 아연을 더 포함하는, 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 7

제6항에 있어서,

항복강도가 120 내지 190MPa이고, 인장강도가 210 내지 310MPa이고, 연신율이 20 내지 30%인, 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 8

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 2.5 내지 10 중량부의 주석을 더 포함하는, 마그네슘 합금인 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 9

제8항에 있어서,

항복강도가 130 내지 280MPa이고, 인장강도가 210 내지 310MPa이고, 연신율이 5 내지 17%인, 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 10

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 2 내지 10 중량부의 알루미늄을 더 포함하는 마그네슘 합금인 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 11

제10항에 있어서,

항복강도가 130 내지 200MPa이고, 인장강도가 230 내지 320MPa이고, 연신율이 10 내지 25%인, 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 12

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

Mg-Zn-Al, Mg-Zn-Sn, Mg-Al-Sn, 및 Mg-Zn-Al-Sn에서 선택되는 조성을 더 포함하는, 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금.

청구항 13

마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 스칸듐을 0.001 중량부 내지 1.0 중량부로 포함하고, 나머지는 마그네슘과 불가피한 불순물로 구성된 마그네슘 합금을 주조하는 단계;

상기 주조된 마그네슘 합금을 균질화하는 단계; 및

상기 균질화된 마그네슘 합금을 예열한 후 압출하는 단계를 포함하는,

상기 마그네슘 합금은 Fe 고용한이 증가되고 부식성이 감소되는 것인 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게 기계적 특성의 저하 없이 내식성이 향상된 마그네슘 합금 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 경량 금속인 마그네슘(Mg) 또는 마그네슘을 주성분으로 포함하는 합금은 비강도, 치수안정성, 기계가공성, 진동흡수성 등이 우수하여, 최근 자동차, 철도, 항공기, 선박 등의 수송기기, 가전기기, 의료기기, 생활용품 등 경량화 및 생체분해특성이 요구되는 다양한 분야에 적용 가능하다. 따라서, 산업의 핵심 소재로 각광받고 있다.

[0004] 그러나, 마그네슘은 강한 화학적 활성으로 낮은 내식성을 가진다.

[0005] 종래 기술은 Fe, Ni, Cu 등의 불순물들이 마그네슘 합금의 내식성에 미치는 악영향을 최소화하기 위하여, 여러 단계의 정련과정을 통해 불순물의 함량을 감소시키는 방법을 적용하고 있다.

[0006] 그러나 경제적 측면으로 고려할 때, 정련을 통한 불순물 함량 제어에는 한계가 있어 일정 수준 이상으로 내식성을 향상시키기가 곤란한 문제점이 있다.

[0007] 본 발명의 배경이 되는 기술로는 대한민국 특허 제036099호에 다이캐스팅법으로 제조한 Al 함유 마그네슘 합금의 내식성을 향상시키는 방법에 있어서, 열처리 조건을 변화시켜 내식성을 향상시키는 것을 특징으로 하는 방법이 기재되어있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 기계적 특성의 저하 없이 내식성이 향상된 마그네슘 합금을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 기계적 특성의 저하 없이 내식성이 향상된 마그네슘 합금을 경제적으로 제조할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명, 청구범위 및 도면에 의해 더욱 명확하게 된다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 측면에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 스칸듐을 0.001 중량부 내지 1.0 중량부로 포함하고, 나머지는 마그네슘과 불가피한 불순물로 구성된 마그네슘 합금이고, 상기 마그네슘 합금은 Fe 고용한이 증가되고 부식성이 감소되는, 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금이 제공된다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 스칸듐을 0.05 중량부 내지 0.5 중량부로 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 3.5 wt% 염수로 72시간 침지 시 부식속도가 0.5 mm/y 이하일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 항복강도가 80 내지 120MPa이고, 인장강도가 160 내지 180MPa이고, 연신율이 6 내지 13%일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대해 0.001 내지 0.007 중량부의 철; 0.001 내지 0.002 중량부의 규소; 0.005 내지 0.015 중량부의 칼슘; 및 0.003 내지 0.012 중량부의 망간을 더 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 0.5 내지 7.0 중량부의 아연을 더 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 항복강도가 120 내지 190MPa이고, 인장강도가 210 내지 310MPa이고, 연신율이 20 내지 30%일 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 2.5 내지 10 중량부의 주석을 더 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 항복강도가 130 내지 280MPa이고, 인장강도가 210 내지 310MPa이고, 연신율이 5 내지 17%일 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 2 내지 10 중량부의 알루미늄을 더 포함할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 항복강도가 130 내지 200MPa이고, 인장강도가 230 내지 320MPa이고, 연신율이 10 내지 25%일 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따르면, Mg-Zn-Al, Mg-Zn-Sn, Mg-Al-Sn, 및 Mg-Zn-Al-Sn에서 선택되는 조성을 더 포함할 수 있다.

[0026] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 스칸듐을 0.001 중량부 내지 1.0 중량부로 포함하고, 나머지는 마그네슘과 불가피한 불순물로 구성된 마그네슘 합금을 주조하는 단계; 상기 주조된 마그네슘 합금을 균질화하는 단계; 및 상기 균질화된 마그네슘 합금을 예열한 후 압출하는 단계를 포함하는, 상기 마그네슘 합금은 Fe 고용한이 증가되고 부식성이 감소되는 것인 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금의 제조방법이 제공된다.

발명의 효과

[0028] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 기계적 특성 저하 없이 내식성이 향상된 마그네슘 합금 및 이의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0029] 본 발명에 의하면 기계적 특성 저하 없이 기지와 불순물 간의 미소 갈바닉 부식을 억제할 뿐만 아니라 표면에 형성되는 피막의 부동태 특성을 동시에 향상시킬 수 있는 스칸듐을 첨가하여 마그네슘 합금의 내식성을 향상시킬 수 있다.

[0030] 본 발명에 의한 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금은 자동차, 철도, 항공기, 선박 등의 수송기기, 가전기기, 의료기기, 생활용품 등 경량화 및 생체분해특성이 요구되는 다양한 분야에 유용하게 활용될 수 있다.

[0031] 본 발명에 의한 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금은 스텐트 및 플레이트 등의 임플란트와 같은 신체와 접촉하는 의료장치 분야에 유용하게 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 순수 마그네슘(Pure Magnesium)의 스칸듐 함유량에 따른 침지실험(immersion test) 결과를 통해 부식속도를 보여주는 그래프이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 순수 마그네슘(Pure Magnesium)의 스칸듐 함유량에 따른 침지실험(immersion test) 후 마그네슘 합금의 외부 특징을 보여주는 사진이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 순수 마그네슘(Pure Magnesium)의 스칸듐 함유량에 따른 기계적 특성(항복강도, 인장강도, 연신율)을 보여주는 그래프이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-아연 합금의 스칸듐 함유량에 따른 부식속도를 보여주는 그래프이다.

도 5 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-아연 합금의 스칸듐 함유량에 따른 침지실험(immersion test) 후 마그네슘-아연 합금의 외부 특징을 보여주는 사진이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-아연 합금의 스칸듐 함유량에 따른 기계적 특징(항복강도, 인장강도, 연신율)을 보여주는 그래프이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-주석 합금의 스칸듐 함유량에 따른 부식속도를 보여주는 그래프이다.

도 11 내지 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-주석 합금의 스칸듐 함유량에 따른 침지실험(immersion test) 후 마그네슘-주석 합금의 외부 특징을 보여주는 사진이다.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-주석 합금의 스칸듐 함유량에 따른 기계적 특성(항복강도, 인장강도, 연신율)을 보여주는 그래프이다.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-알루미늄 합금의 스칸듐 함유량에 따른 부식속도를 보여주는 그래프이다.

도 17 내지 도 19는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-알루미늄 합금의 스칸듐 함유량에 따른 침지실험(immersion test) 후 마그네슘-알루미늄 합금의 외부 특징을 보여주는 그래프이다.

도 20은 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-알루미늄 합금의 스칸듐 함유량에 따른 기계적 특성(항복강도, 인장강도, 연신율)을 보여주는 그래프이다.

도 21은 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘 합금의 스칸듐 함유 여부에 대한 철(Fe) 고용한 함량을 나타내는 그래프이다.

도 22는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네슘 합금의 제조방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예들을 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 설명은 생략한다.

[0035] 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.

[0036] 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.

[0038] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 내식성이 우수한 마그네슘 합금 및 이의 제조방법을 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0040] 본 발명의 일 측면에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 스칸듐을 0.001 중량부 내지 1.0 중량부로 포함하고, 나머지는 마그네슘과 불가피한 불순물로 구성된 마그네슘 합금이고, 상기 마그네슘 합금은 Fe 고용한이 증가되고 부식성이 감소되는, 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금이 제공된다.

[0042] 일반적으로 마그네슘 합금의 내식성을 향상시키기 위해서는 불순물의 함량을 제어하거나 마그네슘 기지의 부식 전위를 증가시키는 방법 등이 적용된다. 또한, 합금 제조공정을 제어하여 부식의 장애물 역할을 할 수 있는 제2상을 네트워크(network) 형태로 연속적으로 생성시키는 방법도 적용된다. 그러나 이러한 방법들은 기지와 불순

물과의 미소 갈바닉 부식을 효과적으로 제어할 수 없을 뿐만 아니라 기계적 특성의 저하를 동반하게 된다.

[0043] 본 발명은 기계적 특성의 저하 없이 기지와 불순물 간의 미소 갈바닉 부식을 억제할 뿐만 아니라 표면에 형성되는 피막의 부동태 특성을 동시에 향상시킬 수 있는 이중효과(dual effect)를 나타내는 마그네슘 합금에 스칸듐(Sc)을 첨가하는 기술이다.

[0044] 즉, 본 발명은 마그네슘 및 마그네슘 합금 내에 존재하는 불순물의 함량을 물리적 또는 화학적인 방법으로 감소시키는 것이 아니라 미량원소 첨가를 통해 불순물의 전기화학적 특성을 변화시킴과 동시에 표면에 형성되는 피막의 부동태 특성을 향상시킴으로써 내식성을 향상시킨다.

[0045] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 순수 마그네슘(Pure Magnesium)의 스칸듐 함유량에 따른 침지실험(immersion test) 결과를 통해 부식속도를 보여주는 그래프이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 순수 마그네슘(Pure Magnesium)의 스칸듐 함유량에 따른 침지실험(immersion test) 후 마그네슘 합금의 외부 특징을 보여주는 사진이다.

[0046] 상기 도 1 및 도 2에 나타난 바와 같이, 순수한 마그네슘과 비교하여 매우 향상된 내식성을 보인다.

[0047] 본 발명에 의하면, 상업용 소재 수준의 순도(Pure Mg 기준 99.9%)를 가지는 상용 마그네슘 대비 40% 이상, 고순도 소재(Pure Mg 기준 99.99%, 제조비용은 상용소재 대비 100배) 대비 20% 이상 내식성을 향상시킬 수 있다.

[0049] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 스칸듐을 마그네슘 합금 100 중량부에 대해 0.001 중량부 내지 1.0 중량부, 0.05 내지 0.25 중량부, 0.001 내지 0.1 중량부, 0.05 내지 0.5 중량부, 또는 0.05 내지 0.1 중량부로 포함할 수 있고, 이에 한정되는 것은 아니나 0.05 내지 0.5 중량부가 적합하다. 상기 스칸듐의 함량이 0.001 미만인 경우, 스칸듐의 함량이 너무 적어서 내부식성 향상의 효과를 얻기에 어렵고, 스칸듐의 함량이 1.0 초과인 경우, 오히려 부식성이 증가할 수 있다.

[0051] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 3.5 wt% 염수로 72시간 침지 시 부식속도가 0.5 mm/y 이하일 수 있다.

[0053] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 항복강도가 80 내지 120MPa이고, 인장강도가 160 내지 180MPa이고, 연신율이 6 내지 13%일 수 있다.

[0054] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 순수 마그네슘(Pure Magnesium)의 스칸듐 함유량에 따른 기계적 특성(항복강도, 인장강도, 연신율)을 보여주는 그래프이다. 도 3에 따르면 스칸듐의 함량이 증가함에 따라 항복강도 및 인장강도가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 스칸듐의 함량이 증가함에 따라 기계적 강도가 증가하는 것을 의미한다. 상기 그래프에 나타난 바와 같이, 본 발명의 마그네슘 합금은 기계적 특성이 저하되지 않고 내식성이 향상될 수 있다.

[0056] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대해 0.001 내지 0.007 중량부의 철; 0.001 내지 0.002 중량부의 규소; 0.005 내지 0.015 중량부의 칼슘; 및 0.003 내지 0.012 중량부의 망간을 더 포함할 수 있다.

[0058] 상기 마그네슘 합금에는 합금의 원료 또는 제조 과정에서 불가피하게 혼입되는 불순물을 포함할 수 있고, 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 0.001 내지 0.007 중량부의 철, 0.001 내지 0.002 중량부의 규소를 포함하는 것이 바람직하다.

[0060] 상기 마그네슘 합금에 함유되는 칼슘은 석출강화 및 고용강화로 합금의 강도증진에 도움이 되고 칼슘의 함량이 0.005 미만일 경우 석출강화 효과가 미미할 수 있고, 0.015 초과일 경우 칼슘의 분율이 너무 높아서 갈바닉 부식이 촉진될 수 있다.

[0062] 상기 마그네슘 합금에 함유되는 망간은 고용강화로 합금의 강도 증진에 도움이 되고 합금 내 망간과 불순물이 함유된 화합물을 형성함으로써, 마그네슘 합금의 내부식성을 향상하는 효과를 가지며, 망간의 함량이 0.003 중량부 미만일 경우 그 효과가 미미하여 영향이 없으며, 0.012 중량부 초과일 경우 망간의 분율이 너무 높아서 갈바닉 부식이 촉진될 수 있다.

[0064] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 0.5 내지 7.0 중량부의 아연을 더 포함할 수 있다.

[0066] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 스칸듐을 마그네슘-아연 합금의 마그네슘 100 중량부에 대해 0.001 내지 0.5 중량부, 0.05 내지 0.25 중량부, 0.05 내지 0.1 중량부, 0.001 내지 0.25 중량부, 0.001 내지 0.1 중량부 또는 0.01 내지 0.5 중량부로 포함할 수 있고, 이에 한정되는 것은 아니나 0.05 내지 0.25 중량부가 적합하다. 상기 스칸듐의 함량이 0.001 미만인 경우, 스칸듐의 함량이 너무 적어서 내부식성 향상의 효과를 얻기에 어렵고, 스칸듐의 함량이 0.5 초과인 경우, 오히려 부식성이 증가할 수 있다.

[0068] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-아연 합금의 스칸듐 함유량에 따른 부식속도를 보여주는 그래프이다.

[0069] 도 5 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-아연 합금의 스칸듐 함유량에 따른 침지실험(immersion test) 후 마그네슘-아연 합금의 외부 특징을 보여주는 사진이다.

[0070] 도 4 내지 도 8에 따르면, 아연의 함량이 증가함에 따라 마그네슘-아연 합금의 부식속도가 증가하는 것을 알 수 있고, 아연의 함량에 관계없이 마그네슘 합금 100 중량부에 대해 스칸듐을 0.001 중량부 내지 0.5 중량부로 포함하는 경우 부식속도가 감소한다.

[0072] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 항복강도가 120 내지 190MPa이고, 인장강도가 210 내지 310MPa이고, 연신율이 20 내지 30%일 수 있다.

[0073] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-아연 합금의 스칸듐 함유량에 따른 기계적 특징(항복강도, 인장강도, 연신율)을 보여주는 그래프이다.

[0074] 도 9에 따르면 아연의 함량과 관계없이 스칸듐의 함량이 증가함에 따라 항복강도 및 인장강도가 증가한다. 또한, 아연의 함량이 마그네슘 합금 100 중량부에 대해 2 중량부 이하로 포함하는 경우 스칸듐의 함량이 증가함에 따라 연신율도 증가한다. 따라서 본 발명의 마그네슘 합금은 기계적 특성 및 내식성이 동시에 향상될 수 있다.

[0076] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 2.5 내지 10 중량부의 주석을 더 포함할 수 있다.

[0078] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 스칸듐을 마그네슘-주석 합금의 마그네슘 100 중량부에 대해 0.001 내지 0.5 중량부, 0.05 내지 0.25 중량부, 0.05 내지 0.1 중량부, 0.001 내지 0.1 중량부, 0.001 내지 0.25 중량부, 또는 0.01 내지 0.5 중량부로 포함할 수 있고, 이에 한정되는 것은 아니나 0.05 내지 0.1 중량부가 적합하다. 상기 스칸듐의 함량이 0.001 미만인 경우, 스칸듐의 함량이 너무 적어서 내부식성 향상의 효과를 얻기에 어렵고, 스칸듐의 함량이 0.5 초과인 경우, 오히려 부식성이 증가할 수 있다.

[0080] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-주석 합금의 스칸듐 함유량에 따른 부식속도를 보여주는 그래프이다.

[0081] 도 11 내지 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-주석 합금의 스칸듐 함유량에 따른 침지실험

(immersion test) 후 마그네슘-주석 합금의 외부 특징을 보여주는 사진이다.

[0082] 도 10 내지 도 14에 따르면, 주석의 함량이 증가함에 따라 마그네슘-주석 합금의 부식속도가 증가하는 것을 알 수 있고, 주석의 함량에 관계없이 스칸듐을 0.001 내지 0.5 중량부로 포함하는 경우 부식속도가 감소한다.

[0084] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 항복강도가 130 내지 280MPa이고, 인장강도가 210 내지 310MPa이고, 연신율이 5 내지 17%일 수 있다.

[0085] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-주석 합금의 스칸듐 함유량에 따른 기계적 특성(항복강도, 인장강도, 연신율)을 보여주는 그래프이다.

[0086] 도 15에 따르면, 주석의 함량과 관계없이 스칸듐의 함량이 0.001 내지 0.25 중량부로 증가함에 따라 항복강도 및 인장강도가 증가한다. 따라서 본 발명의 마그네슘 합금은 기계적 특성 및 내식성이 동시에 향상될 수 있다.

[0088] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 2 내지 10 중량부의 알루미늄을 더 포함할 수 있다.

[0090] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 스칸듐을 마그네슘-알루미늄 합금의 마그네슘 100 중량부에 대해 0.001 내지 1.0 중량부, 0.05 내지 1.0 중량부, 0.001 내지 0.5 중량부, 또는 0.01 내지 1.0 중량부로 포함할 수 있고, 이에 한정되는 것은 아니나 0.05 내지 1.0 중량부가 적합하다. 상기 스칸듐의 함량이 0.001 미만인 경우, 스칸듐의 함량이 너무 적어서 내부식성 향상의 효과를 얻기에 어렵고, 스칸듐의 함량이 1.0 초과인 경우, 오히려 부식성이 증가할 수 있다.

[0092] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-알루미늄 합금의 스칸듐 함유량에 따른 부식속도를 보여주는 그래프이다.

[0093] 도 17 내지 도 19는 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-알루미늄 합금의 스칸듐 함유량에 따른 부식속도를 보여주는 그래프이다.

[0094] 도 16 내지 도 19에 따르면, 알루미늄의 함량이 증가함에 따라 마그네슘-알루미늄 합금의 부식속도가 증가하는 것을 알 수 있고, 알루미늄의 함량에 관계없이 스칸듐을 0.001 내지 0.25로 포함하는 경우 부식속도가 감소한다.

[0096] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 항복강도가 130 내지 200MPa이고, 인장강도가 230 내지 320MPa이고, 연신율이 10 내지 25%일 수 있다.

[0097] 도 20은 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘-알루미늄 합금의 스칸듐 함유량에 따른 기계적 특성(항복강도, 인장강도, 연신율)을 보여주는 그래프이다.

[0098] 도 20에 따르면, 알루미늄의 함량과 관계없이 스칸듐의 함량이 0.001 내지 1.0으로 증가함에 따라 항복강도 및 인장강도가 증가한다. 따라서 본 발명의 마그네슘 합금은 기계적 특성 및 내식성이 동시에 향상될 수 있다.

[0100] 도 21은 본 발명의 일 실시예에 따라 마그네슘 합금의 스칸듐 함유 여부에 대한 철(Fe) 고용한 함량을 나타내는 그래프이다.

[0101] 본 발명의 상기 철 고용한은 마그네슘 금속에 고용될 수 있는 철 성분의 양을 의미한다.

[0102] 철과 같은 중금속 원소는 마그네슘의 내식성을 감소시키는 불순물로 그 함량을 엄격하게 제한하고 있다. 따라서 본 발명에서는 마그네슘 내 철의 고용한을 높여 내식성이 우수하면서도 기계적 강도가 높은 마그네슘 합금을 제공하고자 한다.

[0103] 도 21에 따르면, 스칸듐을 함유한 경우 그렇지 않았을 때와 비교하여 아연, 주석, 알루미늄의 함유 성분 종류

및 함유량에 무관하게 상대적으로 높은 철 고용한을 가질 수 있다.

[0105] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 스칸듐을 함유하는 합금은 Mg-Zn-Al, Mg-Zn-Sn, Mg-Al-Sn, 및 Mg-Zn-Al-Sn에서 선택될 수 있다.

[0106] 스칸듐을 함유한 경우 그렇지 않았을 때와 비교하여 상기 아연, 주석, 알루미늄 중에서 1종 이상 선택되는 함유 성분 종류 및 함유량에 무관하게 상대적으로 높은 철 고용한을 가질 수 있다.

[0108] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 마그네슘 합금 100 중량부에 대하여, 스칸듐을 0.001 중량부 내지 1.0 중량부로 포함하고, 나머지는 마그네슘과 불가피한 불순물로 구성된 마그네슘 합금을 주조하는 단계; 상기 주조된 마그네슘 합금을 균질화하는 단계; 및 상기 균질화된 마그네슘 합금을 예열한 후 압출하는 단계를 포함하는, 상기 마그네슘 합금은 Fe 고용한이 증가되고 부식성이 감소되는 것인 기계적 특성 및 내식성이 우수한 마그네슘 합금의 제조방법이 제공된다.

[0109] 도 22는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네슘 합금의 제조방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0111] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 주조하는 단계는 650 내지 800℃에서 주조할 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 주조 온도가 650℃ 미만이거나 800℃를 초과하면 주조가 적절하게 이루어질 수 없을 수 있다.

[0112] 상기 주조하는 단계, 균질화하는 단계 및 압출하는 단계는 공지의 기술에 의해서 이루어질 수 있다. 예를 들어 사형주조, 박판주조, 다이캐스팅 또는 이들의 조합에 의해 수행될 수 있다. 상세한 방법은 하기 실시예에 기재되어 있다.

[0114] 이하, 본 발명의 실시예에 대해 더욱 상세하게 설명한다. 그러나 하기 실시예는 본 발명의 바람직한 일 실시예일 뿐 본 발명이 하기 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0116] **실시예 및 비교예**

[0117] **마그네슘 합금 1의 제조**

[0118] 본 발명에 따른 마그네슘 합금을 제조하기 위하여 순수 Mg(99.9%)에 Sc를 첨가하였으며, Sc는 Mg-2Sc 모합금 형태로 첨가하였다. 이때 순수한 Mg에 Sc가 0.001, 0.01, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1.0 중량%로 포함되도록 Mg-2Sc 모합금을 첨가하였다.

[0119] 700℃에서 원형 실린더 형태로 빌렛을 주조한 후 500℃에서 24시간 동안 균질화 처리를 하였다.

[0120] 350℃에서 3시간 예열한 후 압출을 하여 두께 6mm, 폭 28mm의 판상의 압출재를 제조하였다.

[0121] AZ61 합금은 상용 마그네슘합금으로 비교예로 사용하기 위해 제조한 합금이다.

표 1

[0122]

	[wt%]	Sc	Fe	Si	Ca	Mn	Mg
비교예 1	Mg	-	0.002	0.019	0.006	0.010	Bal.
실시예 1	Mg-0.001Sc	0.001	0.005	0.001	0.007	0.005	Bal.
실시예 2	Mg-0.01Sc	0.001	0.005	0.001	0.007	0.005	Bal.
실시예 3	Mg-0.1Sc	0.050	0.001	0.010	0.013	0.007	Bal.
실시예 4	Mg-0.25Sc	0.160	0.001	0.010	0.010	0.007	Bal.
실시예 5	Mg-0.5Sc	0.300	0.001	0.011	0.008	0.007	Bal.
실시예 6	Mg-1.0Sc	0.670	0.003	0.011	0.008	0.009	Bal.

[0124] 상기 제조한 빌렛에 대해 500℃에서 24시간 동안 균질화처리를 행한 후 지름 78mm, 길이 140~160mm의 원형 실린더 형태의 빌렛으로 가공하였다. 이와 같이 가공한 빌렛을 350℃에서 3시간 동안 예열한 후 1.0mm/s의 램속도로 압출을 행하여 두께 6mm, 폭 28mm의 판상 압출재를 제조하였다.

[0126] **마그네슘-아연 합금의 제조**

[0127] 본 발명에 따른 마그네슘-아연 합금을 제조하기 위하여 순수 Mg(99.9%)에 Zn과 Sc를 첨가하였으며, Zn는 99.9%의 순도를 갖는 순수한 Zn 펠렛 형태로 첨가하였으며, Sc는 Mg-2Sc 모합금 형태로 첨가하였다. 이때 순수한 Mg에 Zn이 1, 2, 4, 6 중량%로 포함되도록 순수한 Zn을 첨가하였으며, Sc가 0.001, 0.01, 0.1, 1.0 중량%로 포함되도록 Mg-2Sc 모합금을 첨가하였다.

[0128] 상기 마그네슘-아연 합금의 조성은 하기 표 2와 같다.

표 2

[0130]

		Zn	Sc	Fe	Si	Ca	Mg
비교예 2	Mg-1Zn	1.02	-	0.003	-	0.007	bal.
실시예 7	Mg-1Zn-0.001Sc	0.96	0.001	0.017	-	0.009	bal.
실시예 8	Mg-1Zn-0.01Sc	1.02	0.007	0.003	-	0.009	bal.
실시예 9	Mg-1Zn-0.1Sc	1.01	0.102	0.018	-	0.007	bal.
실시예 10	Mg-1Zn-1.0Sc	0.98	0.868	0.025	-	0.012	bal.
비교예 3	Mg-2Zn	1.82	-	0.004	-	0.007	bal.
실시예 11	Mg-2Zn-0.001Sc	1.86	-	0.007	-	0.019	bal.
실시예 12	Mg-2Zn-0.01Sc	2.00	0.007	0.010	-	0.007	bal.
실시예 13	Mg-2Zn-0.1Sc	2.12	0.084	0.063	-	0.007	bal.
실시예 14	Mg-2Zn-1.0Sc	2.01	0.844	0.138	-	0.076	bal.
비교예 4	Mg-4Zn	3.65	-	0.008	0.009	0.005	bal.
실시예 15	Mg-4Zn-0.001Sc	4.10	-	0.004	0.021	0.003	bal.
실시예 16	Mg-4Zn-0.01Sc	4.03	0.006	0.003	-	0.003	bal.
실시예 17	Mg-4Zn-0.1Sc	4.02	0.089	0.005	0.012	0.010	bal.
실시예 18	Mg-4Zn-1.0Sc	4.13	0.79	0.003	0.036	0.004	bal.
비교예 5	Mg-6Zn	5.59	-	0.009	0.008	0.004	bal.
실시예 19	Mg-6Zn-0.001Sc	5.58	0.001	0.001	0.042	0.004	bal.
실시예 20	Mg-6Zn-0.01Sc	6.23	0.006	0.004	0.081	0.007	bal.
실시예 21	Mg-6Zn-0.1Sc	6.36	0.089	0.004	0.053	0.008	bal.
실시예 22	Mg-6Zn-1.0Sc	6.29	0.80	0.009	0.085	0.007	bal.

[0132] 이와 같이 준비한 원료 물질을 탄소 도가니에 장입하고 유도 용해로를 이용하여 700℃ 이상으로 가열하여 용해한 후 서서히 냉각시켜 용탕의 온도가 700℃에 도달하였을 때 200℃로 예열된 원형 실린더 형태의 금형에 주입하여 빌렛을 제조하였다.

[0133] 이와 같이 제조한 빌렛에 대해 400℃에서 24시간 동안 균질화처리를 행한 후 지름 78mm, 길이 140~160mm의 원형 실린더 형태의 빌렛으로 가공하였다. 이와 같이 가공한 빌렛을 300℃에서 3시간 동안 예열한 후 1.0mm/s의 램속도로 압출을 행하여 두께 6mm, 폭 28mm의 판상 압출재를 제조하였다.

[0135] **마그네슘-주석 합금의 제조**

[0136] 본 발명에 따른 마그네슘-주석 합금을 제조하기 위하여 순수 Mg(99.9%)에 Sn과 Sc를 첨가하였으며, Sn은 99.9%의 순도를 갖는 순수한 Sn 펠렛 형태로 첨가하였으며, Sc는 Mg-2Sc 모합금 형태로 첨가하였다. 이때 순수한 Mg에 Sn이 3, 5, 6, 8 중량%로 포함되도록 순수한 Sn을 첨가하였으며, Sc가 0.001, 0.01, 0.1, 1.0 중량%로 포함되도록 Mg-2Sc 모합금을 첨가하였다.

[0137] 상기 마그네슘-주석 합금의 조성은 하기 표 3과 같다.

표 3

[0139]

		Sn	Sc	Fe	Si	Ca	Mg
비교예 6	Mg-3Sn	2.84	-	0.007	0.13	0.014	bal.
실시예 23	Mg-3Sn-0.001Sc	2.84	-	0.002	0.02	0.005	bal.
실시예 24	Mg-3Sn-0.01Sc	2.76	0.007	0.001	0.02	0.006	bal.
실시예 25	Mg-3Sn-0.1Sc	2.80	0.08	0.002	0.02	0.007	bal.
실시예 26	Mg-3Sn-1.0Sc	2.86	0.62	0.002	0.008	0.008	bal.
비교예 7	Mg-5Sn	4.68	-	0.003	0.03	0.005	bal.
실시예 27	Mg-5Sn-0.001Sc	4.87	-	0.001	0.02	0.005	bal.
실시예 28	Mg-5Sn-0.01Sc	4.73	0.006	0.002	0.012	0.006	bal.
실시예 29	Mg-5Sn-0.1Sc	4.80	0.09	0.002	0.010	0.006	bal.
실시예 30	Mg-5Sn-1.0Sc	4.93	0.58	0.002	0.011	0.008	bal.
비교예 8	Mg-6Sn	5.48	-	0.002	0.02	0.006	bal.
실시예 31	Mg-6Sn-0.001Sc	5.77	0.001	0.003	0.02	0.006	bal.
실시예 32	Mg-6Sn-0.01Sc	5.70	0.009	0.001	0.005	0.007	bal.
실시예 33	Mg-6Sn-0.1Sc	5.82	0.09	0.003	0.008	0.008	bal.
실시예 34	Mg-6Sn-1.0Sc	4.01	0.25	0.002	0.001	0.006	bal.
비교예 9	Mg-8Sn	7.59	-	0.001	0.04	0.005	bal.
실시예 35	Mg-8Sn-0.001Sc	7.77	0.001	0.002	0.05	0.006	bal.
실시예 36	Mg-8Sn-0.01Sc	7.84	-	0.001	0.02	0.007	bal.
실시예 37	Mg-8Sn-0.1Sc	7.93	0.09	0.002	0.011	0.007	bal.
실시예 38	Mg-8Sn-1.0Sc	6.97	0.69	0.037	0.003	0.004	bal.

[0141] 이와 같이 준비한 원료 물질을 탄소 도가니에 장입하고 유도 용해로를 이용하여 700℃ 이상으로 가열하여 용해한 후 서서히 냉각시켜 용탕의 온도가 700℃에 도달하였을 때 200℃로 예열된 원형 실린더 형태의 금형에 주입하여 빌렛을 제조하였다.

[0142] 이와 같이 제조한 빌렛에 대해 500℃에서 24시간 동안 균질화처리를 행한 후 지름 78mm, 길이 140~160mm의 원형 실린더 형태의 빌렛으로 가공하였다. 이와 같이 가공한 빌렛을 300℃에서 3시간 동안 예열한 후 1.0mm/s의 램속도로 압출을 행하여 두께 6mm, 폭 28mm의 판상 압출재를 제조하였다.

[0144] **마그네슘-알루미늄 합금의 제조**

[0145] 본 발명에 따른 마그네슘-알루미늄 합금을 제조하기 위하여 순수 Mg(99.9%)에 Al과 Sc를 첨가하였으며, Al은 99.9%의 순도를 갖는 순수한 Al 펠렛 형태로 첨가하였으며, Sc는 Mg-2Sc 모합금 형태로 첨가하였다. 이때 순수한 Mg에 Al이 3, 6, 9 중량%로 포함되도록 순수한 Al을 첨가하였으며, Sc가 0.001, 0.01, 0.1, 1.0 중량%로 포함되도록 Mg-2Sc 모합금을 첨가하였다.

[0146] 상기 마그네슘-알루미늄 합금의 조성은 하기 표 4와 같다.

표 4

[0148]

		Al	Sc	Fe	Si	Ca	Mg
비교예 10	Mg-3Al	2.91	-	-	0.10	0.007	bal.
실시예 39	Mg-3Al-0.001Sc	2.86	0.001	-	0.05	0.007	bal.
실시예 40	Mg-3Al-0.01Sc	2.88	0.007	0.002	0.05	0.016	bal.
실시예 41	Mg-3Al-0.1Sc	2.73	0.099	0.003	0.02	0.054	bal.
실시예 42	Mg-3Al-1.0Sc	2.36	0.24	0.007	0.05	0.044	bal.
비교예 11	Mg-6Al	5.85		0.005	0.01	0.002	bal.
실시예 43	Mg-6Al-0.001Sc	5.55	0.001	0.003	-	0.004	bal.
실시예 44	Mg-6Al-0.01Sc	5.81	0.01	0.007	0.009	0.003	bal.
실시예 45	Mg-6Al-0.1Sc	5.91	0.07	0.003	0.004	0.004	bal.
실시예 46	Mg-6Al-1.0Sc	5.72	0.17	0.009	-	0.014	bal.
비교예 12	Mg-9Al	8.40	-	0.007	0.04	0.036	bal.
실시예 47	Mg-9Al-0.001Sc	8.84	0.001	0.015	0.05	0.008	bal.
실시예 48	Mg-9Al-0.01Sc	8.64	0.009	0.002	0.02	0.018	bal.
실시예 49	Mg-9Al-0.1Sc	8.78	0.086	0.001	-	0.009	bal.
실시예 50	Mg-9Al-1.0Sc	8.90	0.64	-	-	0.017	bal.

[0150] 이와 같이 준비한 원료 물질을 탄소 도가니에 장입하고 유도 용해로를 이용하여 700℃ 이상으로 가열하여 용해한 후 서서히 냉각시켜 용탕의 온도가 700℃에 도달하였을 때 200℃로 예열된 원형 실린더 형태의 금형에 주입하여 빌렛을 제조하였다.

[0151] 이와 같이 제조한 빌렛에 대해 400℃에서 24시간 동안 균질화처리를 행한 후 지름 78mm, 길이 140~160mm의 원형 실린더 형태의 빌렛으로 가공하였다. 이와 같이 가공한 빌렛을 300℃에서 3시간 동안 예열한 후 1.0mm/s의 램속도로 압출을 행하여 두께 6mm, 폭 28mm의 판상 압출재를 제조하였다.

[0153] **실험예 1: 내식성 실험**

[0154] 상기 본 발명에 따라 제조된 마그네슘 합금의 내식성을 평가하기 위해 다음과 같이 침지실험(immersion test)을 행하였다.

[0155] 침지실험은 3.5wt% NaCl 용액(25℃) 내에 시험편을 72시간 동안 침지한 후 침지 전후의 무게변화를 측정하여 부식속도로 환산하였다.

[0156] 이때 부식속도는 하기 식을 사용하여 계산하였다.

[0158]

$$\text{부식속도} = (K*W)/(A*T*D)$$

K=상수
T=노출시간(h)
A=범위(cm^2)
W=손실질량(g)
D=밀도(g/cm^3)

[0160] **실험 결과**

[0161] **(1) 침지 실험**

[0162] 순수한 마그네슘은 부식속도가 18mm/y인 것에 반해, 0.001 중량%의 스칸듐을 포함한 마그네슘(Mg-0.001Sc)은 2mm/y, 0.01 중량%의 스칸듐을 포함한 마그네슘 (Mg-0.01Sc)은 1.7mm/y, 0.05 중량%의 스칸듐을 포함한 마그네슘(Mg-0.05Sc)은 0.25mm/y, 0.1 중량%의 스칸듐을 포함한 마그네슘(Mg-0.1Sc)은 0.1mm/y, 0.25 중량%의 스칸듐을 포함한 마그네슘(Mg-0.25Sc)은 0.25mm/y, 0.5 중량%의 스칸듐을 포함한 마그네슘(Mg-0.5Sc)은 0.5mm/y, 1.0 중량%의 스칸듐을 포함한 마그네슘(Mg-1.0Sc)은 0.5mm/y, AZ61은 0.8mm/y로 나타났다(도 1 참조).

[0163] 순수한 마그네슘과 비교하여 매우 향상된 내식성을 보이고 있으며, 특히 0.05 내지 1.0 중량%의 스칸듐을 포함한 마그네슘은 종래의 기술인 AZ61보다 우수한 내식성을 보였다.

[0165] 또한, 아연을 1중량부, 2중량부, 4중량부, 6중량부로 포함하는 마그네슘-아연합금의 부식속도를 분석하였고, 아연의 함량에 관계없이 0.001, 0.01, 0.1 중량부의 스칸듐을 포함하는 경우 부식속도가 8.75mm/y 이하로 마그네슘-아연 합금의 부식속도에 비해 낮은 것으로 나타났다(**도 4 참조**). 특히 0.1 중량부의 스칸듐을 포함하는 경우 현저히 낮은 부식속도를 보였다.

[0167] 주석을 3중량부, 5중량부, 6중량부, 8중량부로 포함하는 마그네슘-주석합금의 부식속도를 분석하였고, 주석의 함량에 관계없이 0.001, 0.01, 0.1 중량부의 스칸듐을 포함하는 경우 부식속도가 7.20mm/y 이하로 마그네슘-주석 합금의 부식속도에 비해 현저히 낮은 것으로 나타났다(**도 10 참조**).

[0169] 그리고, 알루미늄을 3중량부, 6중량부, 9중량부로 포함하는 마그네슘-알루미늄 합금의 부식속도를 분석하였고, 알루미늄의 함량에 관계없이 0.001, 0.01, 0.1 중량부의 스칸듐을 포함하는 경우 부식속도가 8.84mm/y 이하로 마그네슘-알루미늄 합금의 부식속도에 비해 현저히 낮은 것으로 나타났다(**도 16 참조**). 특히 0.1 중량부의 스칸듐을 포함하는 경우 현저히 낮은 부식속도를 보였다.

[0171] 상기의 실험 결과에 의하면, 스칸듐을 포함한 마그네슘이 순수한 마그네슘보다 우수한 내식성을 보이는 것을 확인할 수 있고, 특히 0.05 내지 0.5 중량%에서 종래의 기술보다도 우수한 내식성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

[0172] 본 발명에 의하면, 상업용 소재 수준의 순도(Pure Mg 기준 99.9%)를 가지는 상용 마그네슘 대비 40% 이상, 고순도 소재(Pure Mg 기준 99.99%, 제조비용은 상용소재 대비 100배) 대비 20% 이상 내식성을 향상시킬 수 있다.

[0174] **(2) 기계적 특성 실험**

[0175] 순수한 마그네슘과 비교하여 0.001, 0.01, 0.1, 1.0 중량부의 스칸듐을 포함할 경우 인장강도 및 항복강도가 향상되는 경향을 보인다(**도 3**).

[0176] 이를 하기 표 5에 구체적으로 나타내었다.

표 5

[0177]

		YS (MPa)	UTS (MPa)	EL (%)
비교예 1	Pure Mg	85.7	169	12.4
실시예 1	Mg-0.001Sc	80.3	165	12.8
실시예 2	Mg-0.01Sc	81.8	169	15.5
실시예 3	Mg-0.1Sc	112.2	177	6.8
실시예 4	Mg-0.25Sc	118.7	182	12.3
실시예 5	Mg-0.5Sc	125.6	195	12.1
실시예 6	Mg-1.0Sc	131.9	204	14.1

[0179] 또한, 마그네슘-아연 합금의 경우, 아연의 함량에 관계없이 스칸듐의 함량이 증가할수록 인장강도 및 항복강도가 향상되는 경향을 보인다(**도 9**).

[0180] 이를 하기 표 6에 구체적으로 나타내었다.

표 6

[0181]

		Corr. Rate (mm/y)	YS (MPa)	UTS (MPa)	E.L. (%)
비교예 2	Mg-1Zn	1.04	131	217	23.8
실시예 7	Mg-1Zn-0.001Sc	0.67	130	217	22.8
실시예 8	Mg-1Zn-0.01Sc	0.55	137	218	22.7
실시예 9	Mg-1Zn-0.1Sc	0.65	171	240	26.2
실시예 10	Mg-1Zn-1.0Sc	7.82	236	276	15.2
비교예 3	Mg-2Zn	2.36	126	223	24.6
실시예 11	Mg-2Zn-0.001Sc	2.04	126	223	24.0
실시예 12	Mg-2Zn-0.01Sc	1.92	131	223	24.3
실시예 13	Mg-2Zn-0.1Sc	1.36	159	246	27.9
실시예 14	Mg-2Zn-1.0Sc	2.98	252	268	12.9
비교예 4	Mg-4Zn	7.39	126	248	26.6
실시예 15	Mg-4Zn-0.001Sc	6.58	127	247	26.5
실시예 16	Mg-4Zn-0.01Sc	5.76	127	249	24.0
실시예 17	Mg-4Zn-0.1Sc	2.77	148	250	20.3
실시예 18	Mg-4Zn-1.0Sc	7.2	253	309	17.3
비교예 5	Mg-6Zn	9.24	189	291	24.3
실시예 19	Mg-6Zn-0.001Sc	8.75	160	286	29.1
실시예 20	Mg-6Zn-0.01Sc	7.96	180	296	23.4
실시예 21	Mg-6Zn-0.1Sc	4.23	186	300	29.3
실시예 22	Mg-6Zn-1.0Sc	9.63	257	326	16.6

[0183] 또한, 마그네슘-주석 합금의 경우, 주석의 함량에 관계없이 스칸듐의 함량이 증가할수록 인장강도 및 항복강도가 향상되는 경향을 보인다(**도 15**).

[0184] 이를 하기 표 7에 구체적으로 나타내었다.

표 7

[0185]

		Corr. Rate (mm/y)	YS (MPa)	UTS (MPa)	E.L. (%)
비교예 6	Mg-3Sn	3.21	142	224	12.6
실시예 23	Mg-3Sn-0.001Sc	2.69	135	220	15
실시예 24	Mg-3Sn-0.01Sc	2.29	133	222	11.3
실시예 25	Mg-3Sn-0.1Sc	2.34	153	231	11.1
실시예 26	Mg-3Sn-1.0Sc	25.2	183	252	11.5
비교예 7	Mg-5Sn	8.8	167	231	7.3
실시예 27	Mg-5Sn-0.001Sc	3.68	161	226	7.2
실시예 28	Mg-5Sn-0.01Sc	3.91	158	226	7.6
실시예 29	Mg-5Sn-0.1Sc	3.79	212	276	11.1
실시예 30	Mg-5Sn-1.0Sc	110	188	258	12.1
비교예 8	Mg-6Sn	10.8	175	236	7.2
실시예 31	Mg-6Sn-0.001Sc	4.94	170	232	6.5

실시예 32	Mg-6Sn-0.01Sc	5.43	166	230	7.6
실시예 33	Mg-6Sn-0.1Sc	4.98	250	292	5.7
실시예 34	Mg-6Sn-1.0Sc	43.2	192	261	11.4
비교예 9	Mg-8Sn	12.9	194	249	6.6
실시예 35	Mg-8Sn-0.001Sc	6.64	195	251	6.7
실시예 36	Mg-8Sn-0.01Sc	7.20	194	251	7.9
실시예 37	Mg-8Sn-0.1Sc	6.84	272	307	5.2
실시예 38	Mg-8Sn-1.0Sc	92.5	244	286	6

[0187] 또한, 마그네슘-알루미늄 합금의 경우, 아연의 함량에 관계없이 스칸듐의 함량이 증가할수록 인장강도 및 항복강도가 향상되는 경향을 보인다(**도 20**).

[0188] 이를 하기 표 8에 구체적으로 나타내었다.

표 8

[0189]

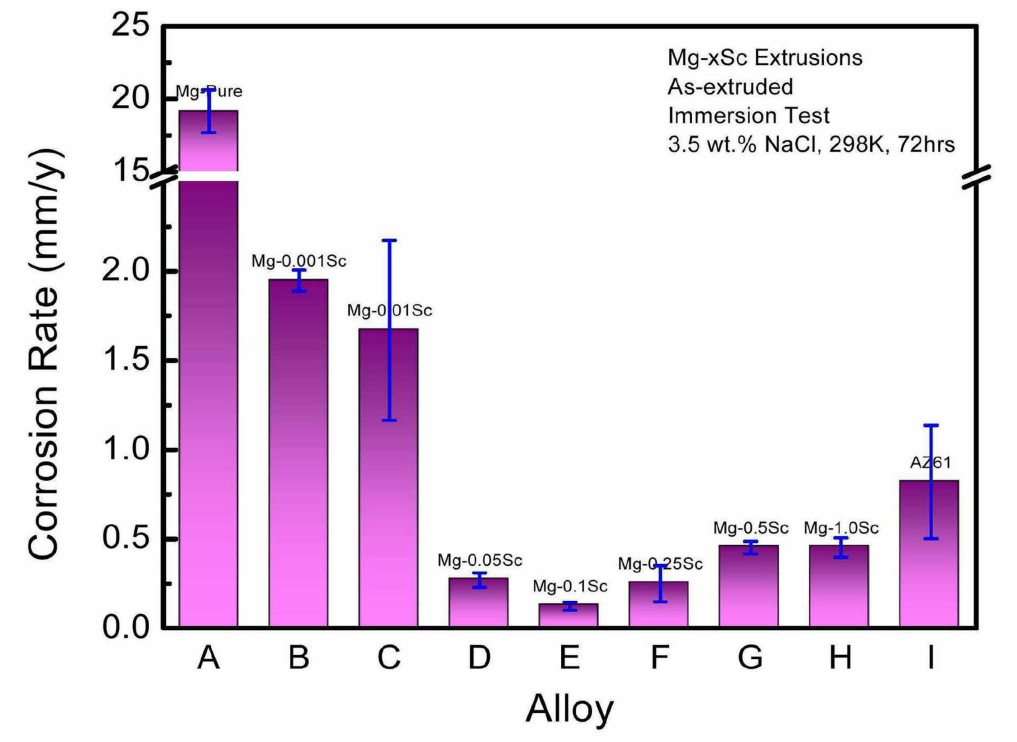
		Corr. Rate (mm/y)	YS (MPa)	UTS (MPa)	E.L. (%)
비교예 10	Mg-3Al	42.8	136	237	22.1
실시예 39	Mg-3Al-0.001Sc	8.1	138	238	23.8
실시예 40	Mg-3Al-0.01Sc	1.83	141	239	22.5
실시예 41	Mg-3Al-0.1Sc	0.3	147	245	23.2
실시예 42	Mg-3Al-1.0Sc	20.5	151	236	13.5
비교예 11	Mg-6Al	43.9	151	274	16.8
실시예 43	Mg-6Al-0.001Sc	6.49	147	276	19.5
실시예 44	Mg-6Al-0.01Sc	0.74	152	277	16.9
실시예 45	Mg-6Al-0.1Sc	0.15	154	275	15.8
실시예 46	Mg-6Al-1.0Sc	16.6	150	270	17.7
비교예 12	Mg-9Al	46.7	192	312	10.5
실시예 47	Mg-9Al-0.001Sc	8.84	194	310	10.1
실시예 48	Mg-9Al-0.01Sc	2.29	193	313	10.1
실시예 49	Mg-9Al-0.1Sc	0.64	193	317	11.0
실시예 50	Mg-9Al-1.0Sc	26.3	180	303	11.7

[0191] 상기와 실험 결과에 의하면, 스칸듐을 포함한 마그네슘이 순수한 마그네슘보다 우수한 기계적 특성 및 내식성을 보이는 것을 확인할 수 있고, 특히 0.05 내지 0.5 중량부에서 종래의 기술보다도 우수한 내식성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 본 발명에 의하면, 스칸듐을 포함하지 않은 마그네슘에 대해 현저하게 내식성을 향상시킬 수 있다.

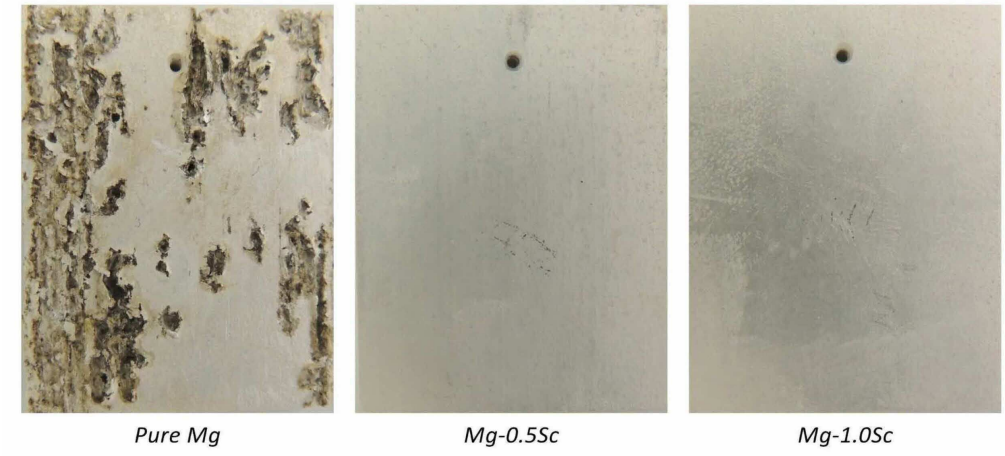
[0193] 이상, 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면, 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리 범위내에 포함된다고 할 것이다.

도면

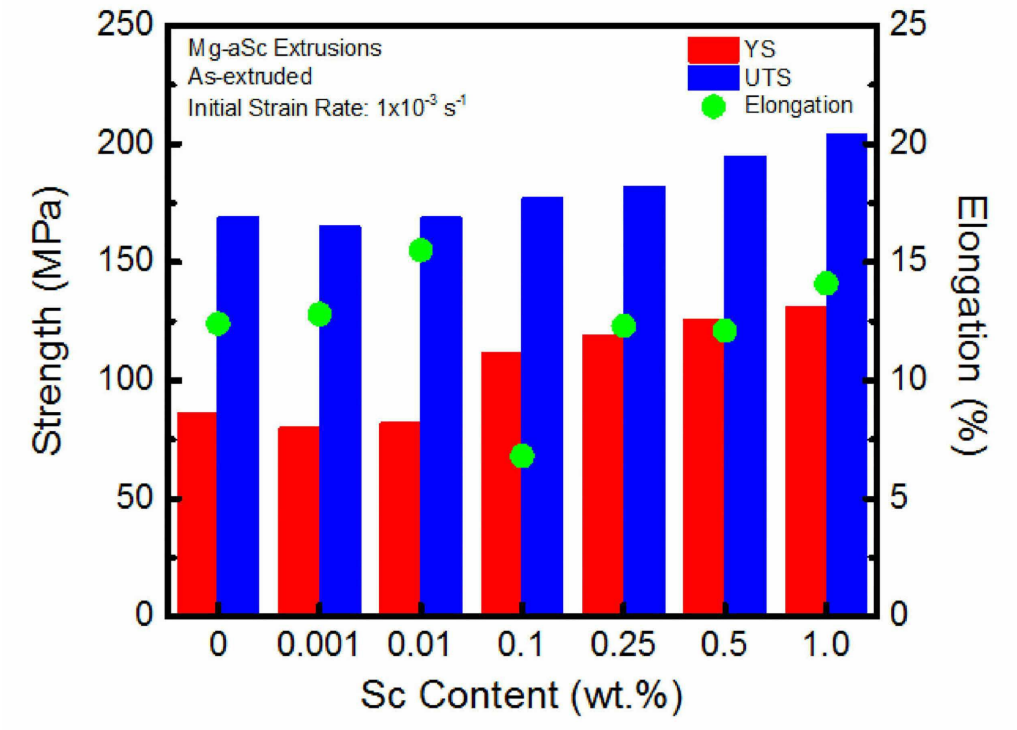
도면1


Mg-xSc Extrusions
As-extruded
Immersion Test
3.5 wt.% NaCl, 298K, 72hrs
Corrosion Rate (mm/y)
Alloy
Mg-Pure
Mg-0.001Sc
Mg-0.01Sc
Mg-0.05Sc
Mg-0.1Sc
Mg-0.25Sc
Mg-0.5Sc
Mg-1.0Sc
AZ61
A
B
C
D
E
F
G
H
I

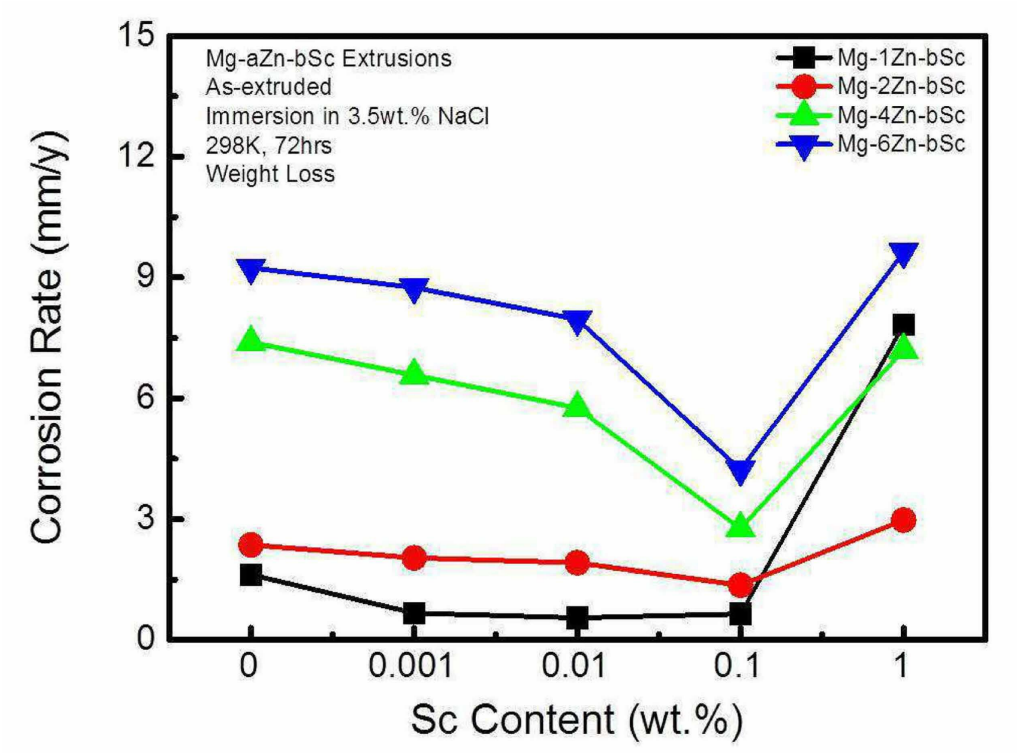
도면2


Pure Mg
Mg-0.5Sc
Mg-1.0Sc

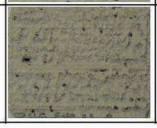
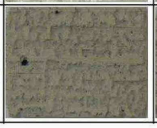
도면3


Mg-aSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10-3 s-1
YS
UTS
Elongation
Strength (MPa)
Elongation (%)
Sc Content (wt.%)
0
0.001
0.01
0.1
0.25
0.5
1.0
50
100
150
200
250
5
10
15
20
25

도면4


Mg-aZn-bSc Extrusions
As-extruded
Immersion in 3.5wt.% NaCl
298K, 72hrs
Weight Loss
Mg-1Zn-bSc
Mg-2Zn-bSc
Mg-4Zn-bSc
Mg-6Zn-bSc
Corrosion Rate (mm/y)
Sc Content (wt.%)
0
0.001
0.01
0.1
1
3
6
9
12
15

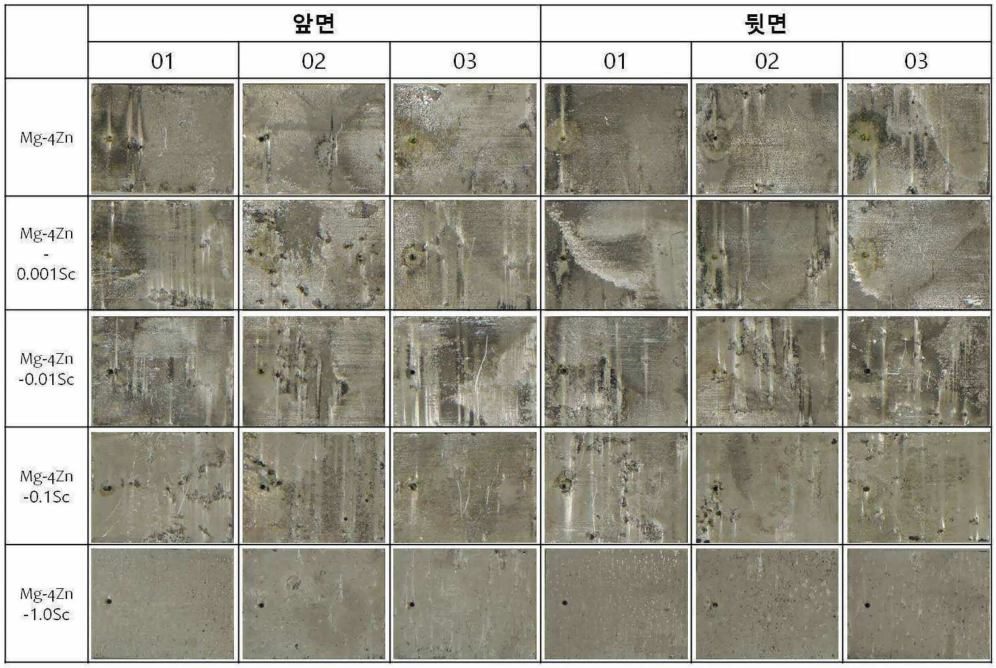
도면5

	앞면			뒷면		
	01	02	03	01	02	03
Mg-1Zn						
Mg-1Zn - 0.001Sc						
Mg-1Zn -0.01Sc						
Mg-1Zn -0.1Sc						
Mg-1Zn -1.0Sc						

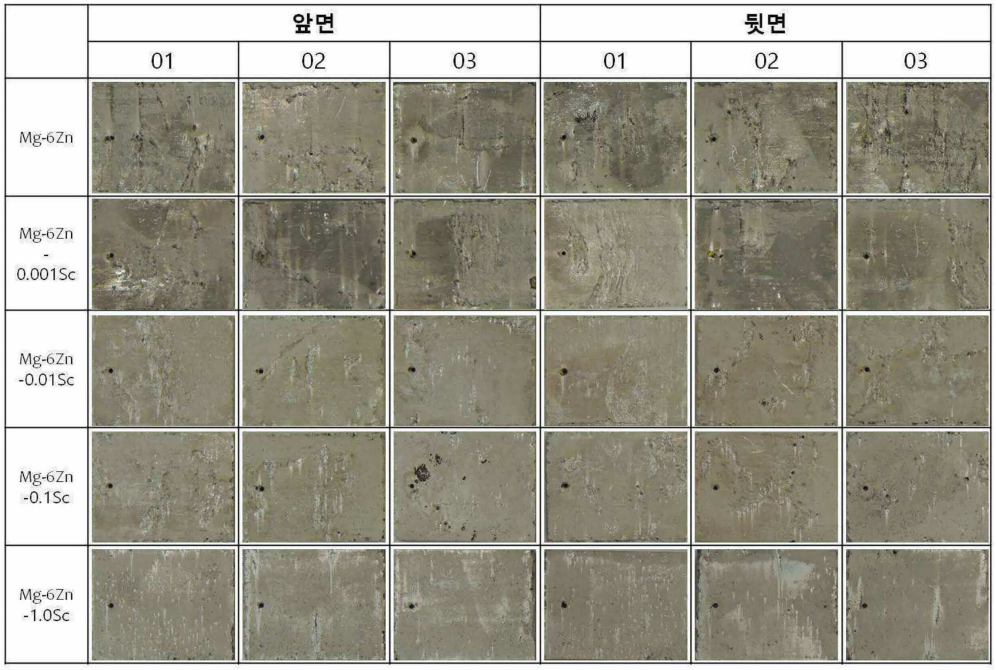
도면6

	앞면			뒷면		
	01	02	03	01	02	03
Mg-2Zn						
Mg-2Zn - 0.001Sc						
Mg-2Zn -0.01Sc						
Mg-2Zn -0.1Sc						
Mg-2Zn -1.0Sc						

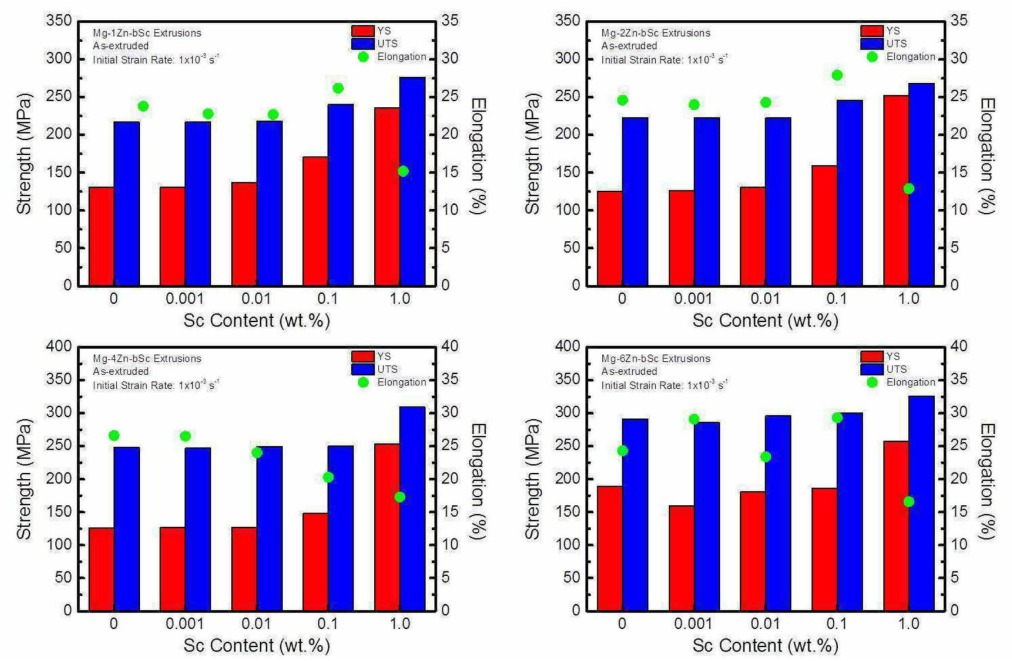
도면7


앞면
뒷면
01
02
03
01
02
03
Mg-4Zn
Mg-4Zn - 0.001Sc
Mg-4Zn -0.01Sc
Mg-4Zn -0.1Sc
Mg-4Zn -1.0Sc

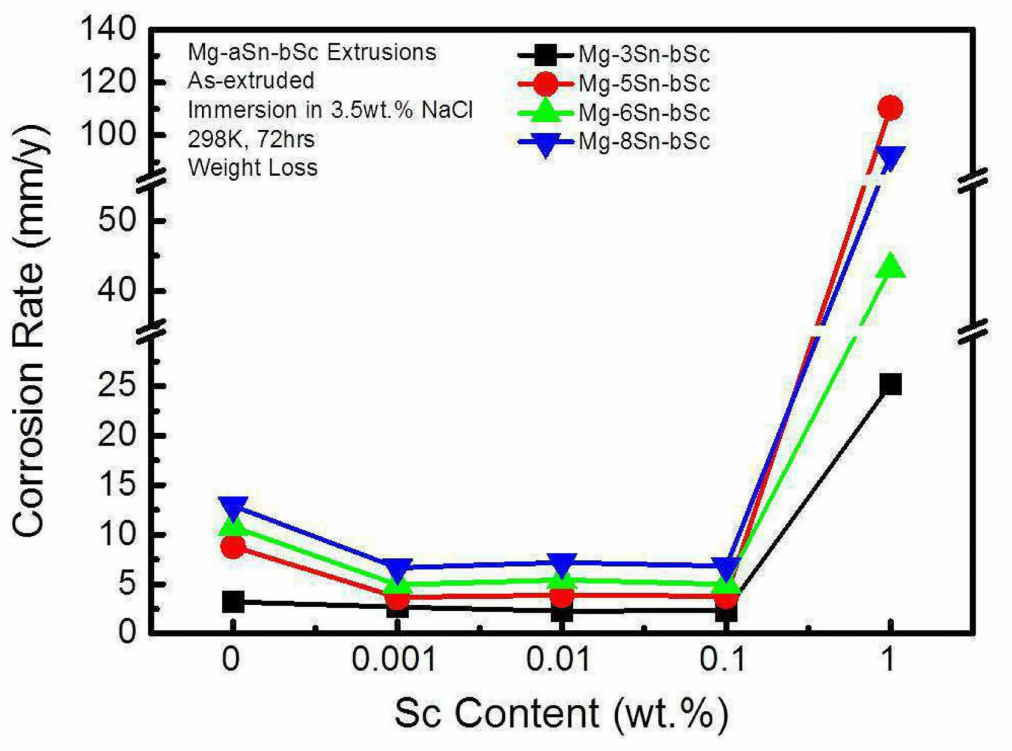
도면8


앞면
뒷면
01
02
03
01
02
03
Mg-6Zn
Mg-6Zn - 0.001Sc
Mg-6Zn -0.01Sc
Mg-6Zn -0.1Sc
Mg-6Zn -1.0Sc

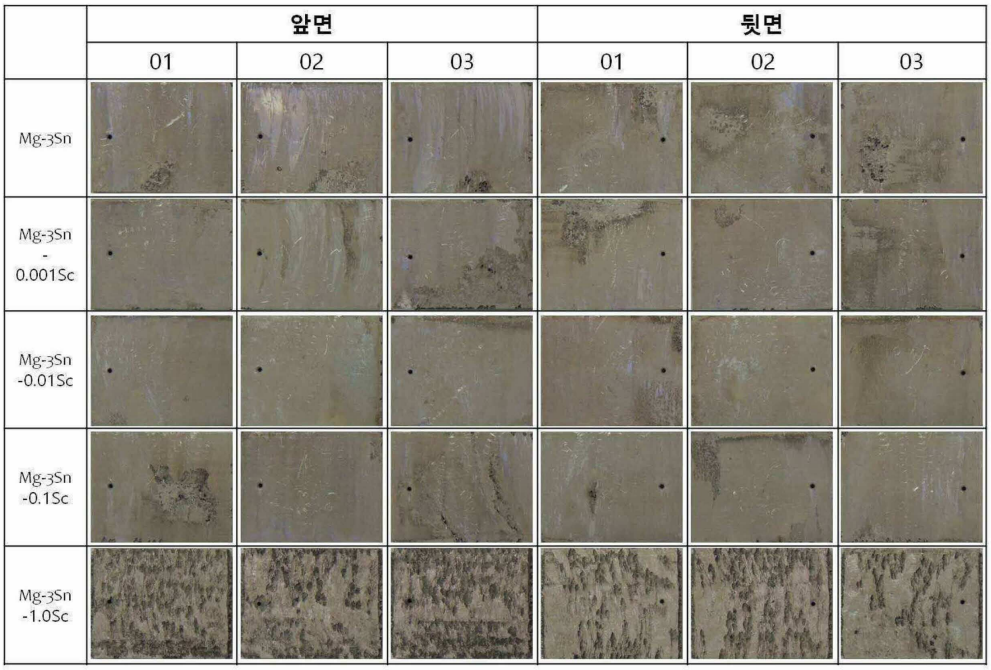
도면9


Mg-1Zn-bSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10⁻³ s⁻¹
YS
UTS
Elongation
Strength (MPa)
Elongation (%)
Sc Content (wt.%)
0
0.001
0.01
0.1
1.0
Mg-2Zn-bSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10⁻³ s⁻¹
Mg-4Zn-bSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10⁻³ s⁻¹
Mg-6Zn-bSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10⁻³ s⁻¹

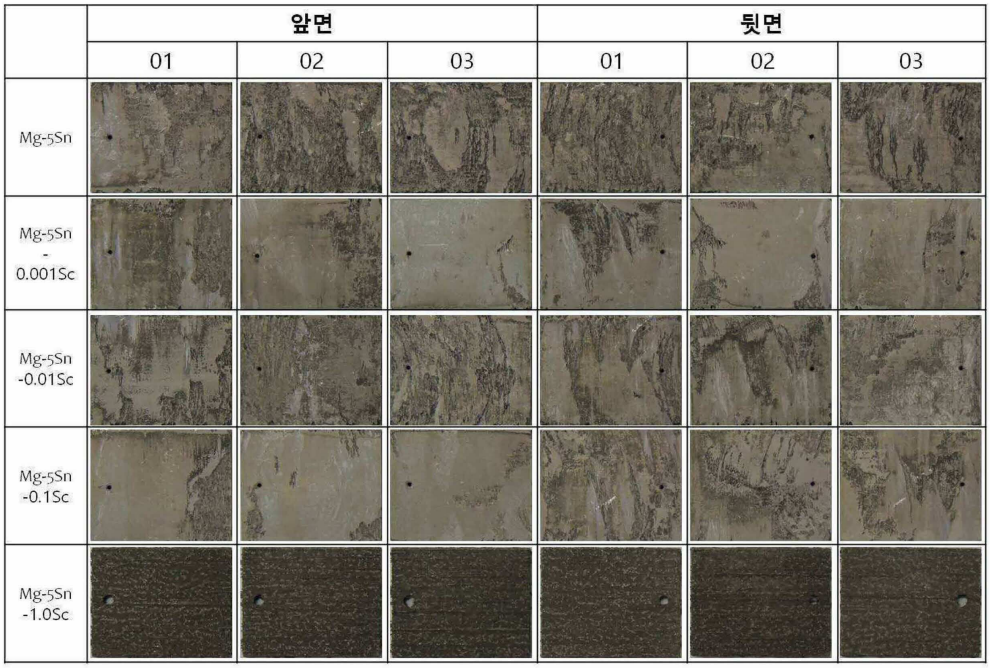
도면10


Mg-aSn-bSc Extrusions
As-extruded
Immersion in 3.5wt.% NaCl
298K, 72hrs
Weight Loss
Mg-3Sn-bSc
Mg-5Sn-bSc
Mg-6Sn-bSc
Mg-8Sn-bSc
Corrosion Rate (mm/y)
Sc Content (wt.%)
0
0.001
0.01
0.1
1

도면11


앞면
뒷면
01
02
03
01
02
03
Mg-3Sn
Mg-3Sn - 0.001Sc
Mg-3Sn -0.01Sc
Mg-3Sn -0.1Sc
Mg-3Sn -1.0Sc

도면12


앞면
뒷면
01
02
03
01
02
03
Mg-5Sn
Mg-5Sn - 0.001Sc
Mg-5Sn -0.01Sc
Mg-5Sn -0.1Sc
Mg-5Sn -1.0Sc

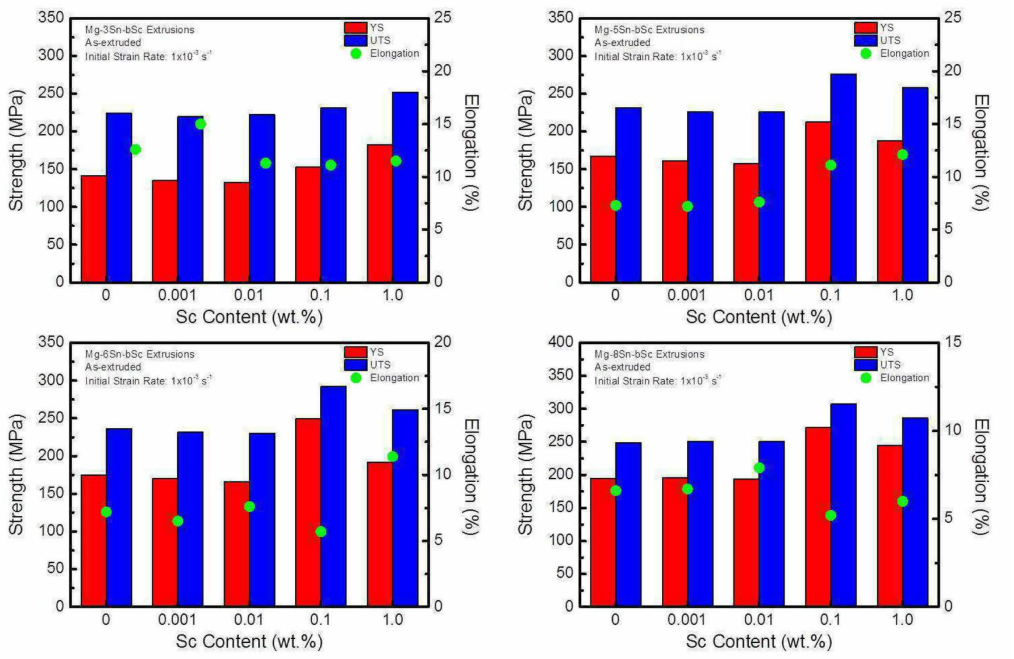
도면13

	앞면			뒷면		
	01	02	03	01	02	03
Mg-6Sn						
Mg-6Sn - 0.001Sc						
Mg-6Sn -0.01Sc						
Mg-6Sn -0.1Sc						
Mg-6Sn -1.0Sc						

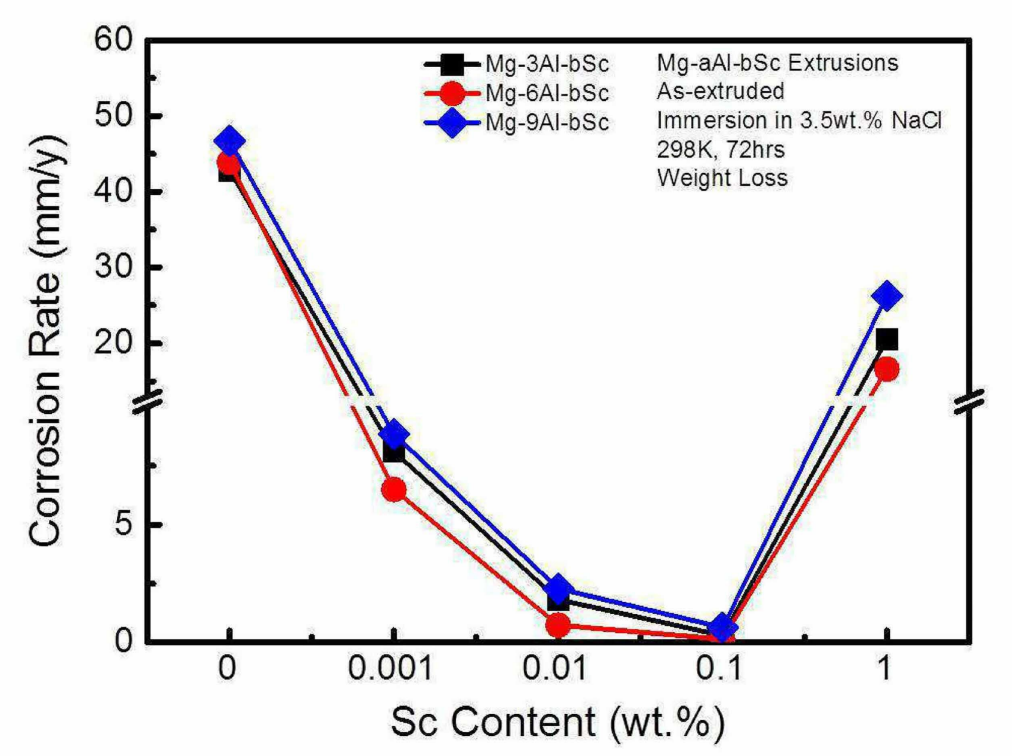
도면14

	앞면			뒷면		
	01	02	03	01	02	03
Mg-8Sn						
Mg-8Sn - 0.001Sc						
Mg-8Sn -0.01Sc						
Mg-8Sn -0.1Sc						
Mg-8Sn -1.0Sc						

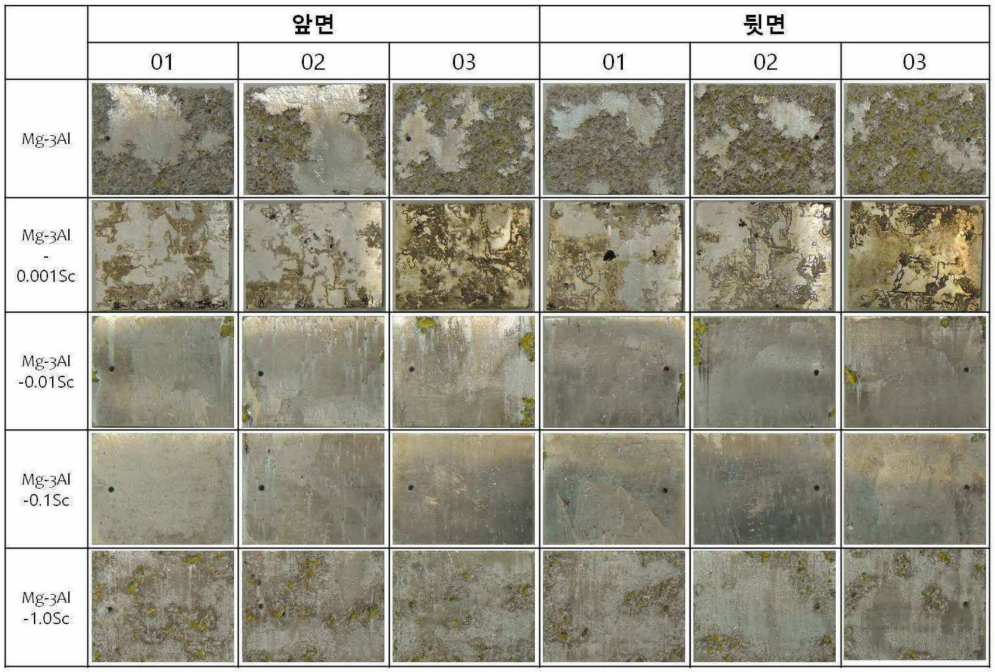
도면15


Mg-3Sn-bSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10⁻³ s⁻¹
YS
UTS
Elongation
Strength (MPa)
Elongation (%)
Sc Content (wt.%)
0
0.001
0.01
0.1
1.0
Mg-5Sn-bSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10⁻³ s⁻¹
Mg-6Sn-bSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10⁻³ s⁻¹
Mg-8Sn-bSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10⁻³ s⁻¹

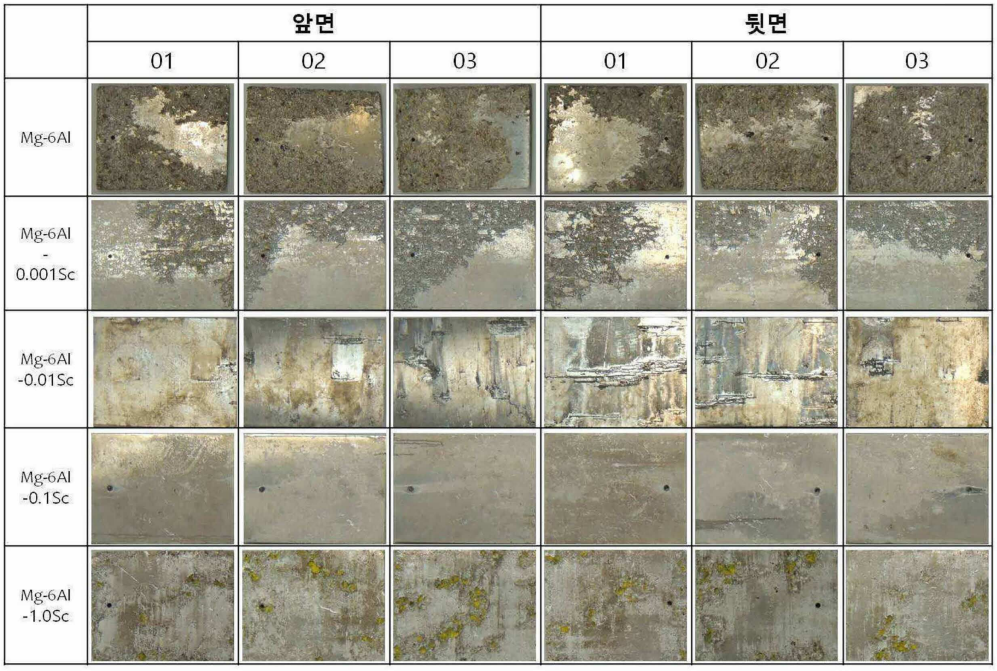
도면16


Mg-3Al-bSc
Mg-6Al-bSc
Mg-9Al-bSc
Mg-aAl-bSc Extrusions
As-extruded
Immersion in 3.5wt.% NaCl
298K, 72hrs
Weight Loss
Corrosion Rate (mm/y)
Sc Content (wt.%)
0
0.001
0.01
0.1
1

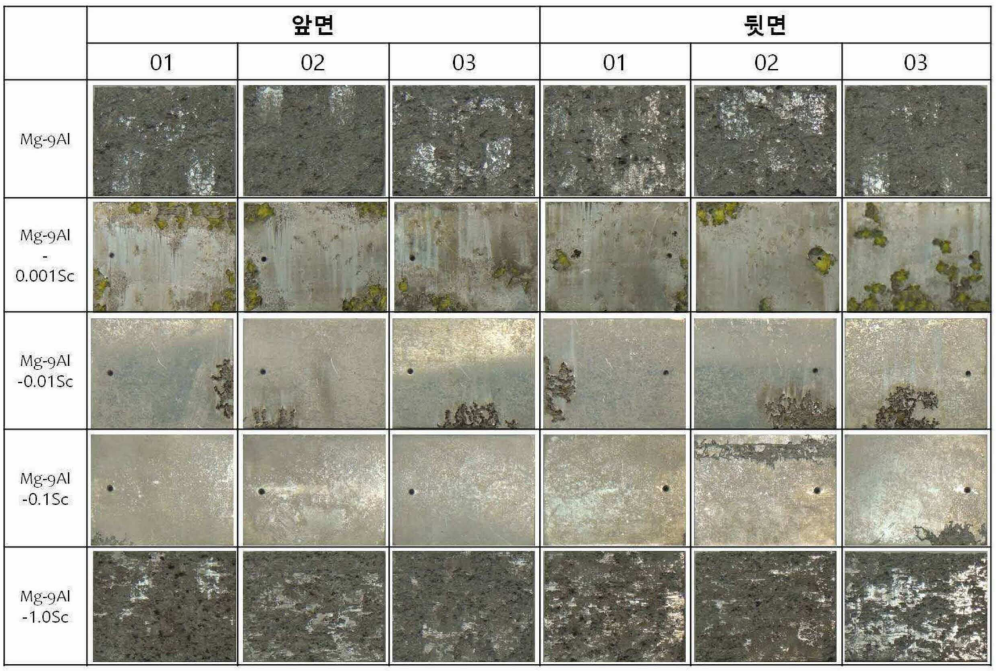
도면17


앞면
뒷면
01
02
03
01
02
03
Mg-3Al
Mg-3Al - 0.001Sc
Mg-3Al -0.01Sc
Mg-3Al -0.1Sc
Mg-3Al -1.0Sc

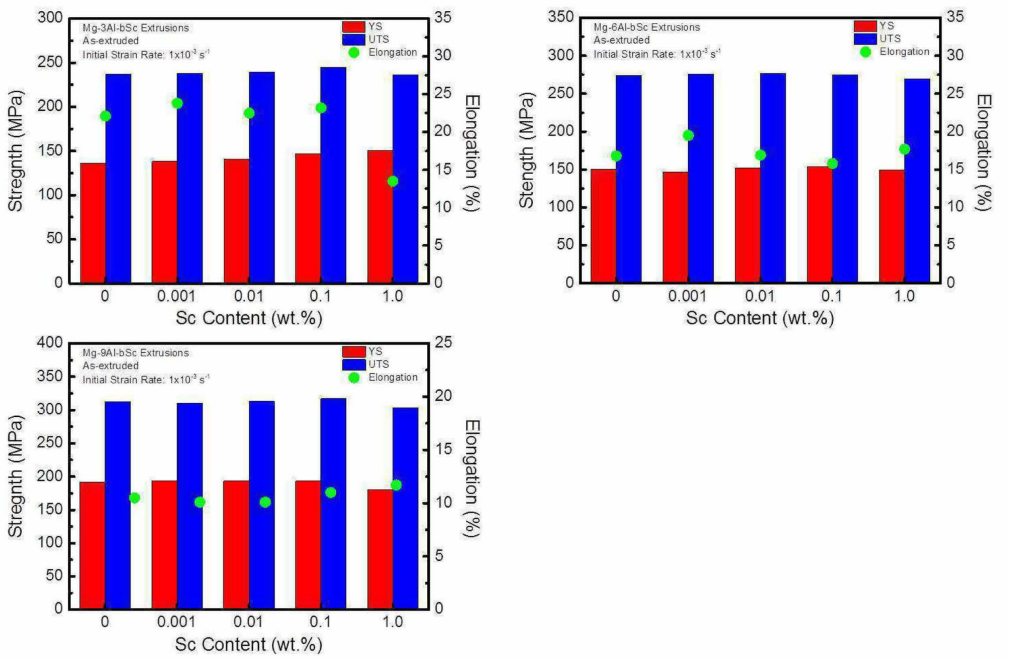
도면18


앞면
뒷면
01
02
03
01
02
03
Mg-6Al
Mg-6Al - 0.001Sc
Mg-6Al -0.01Sc
Mg-6Al -0.1Sc
Mg-6Al -1.0Sc

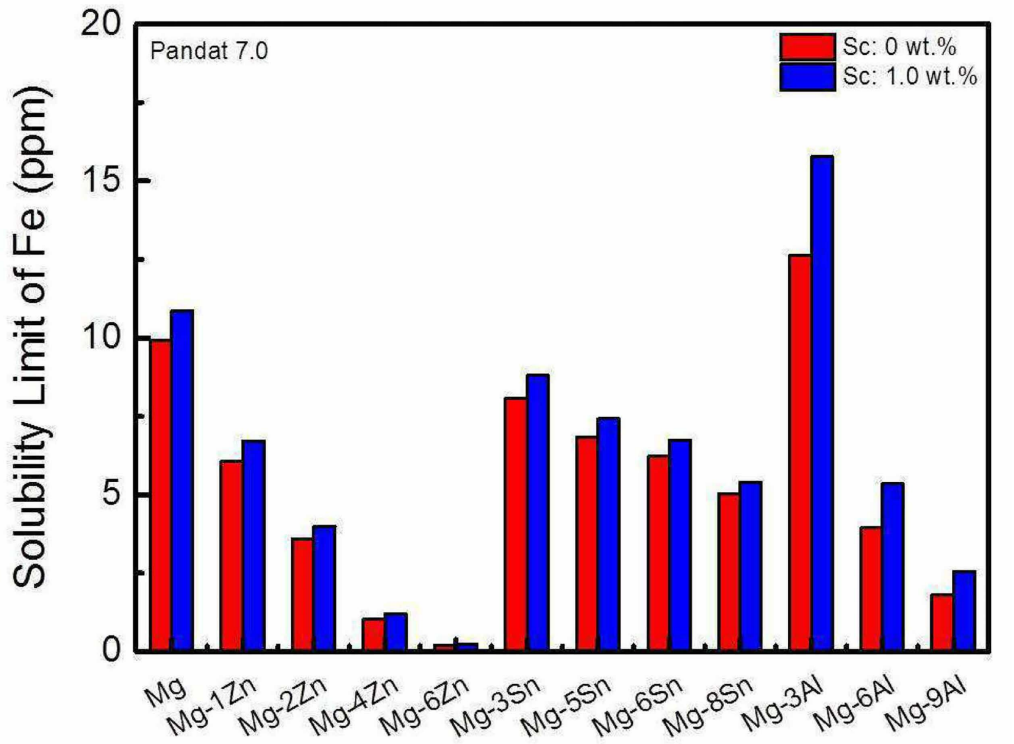
도면19


앞면
뒷면
01
02
03
01
02
03
Mg-9Al
Mg-9Al - 0.001Sc
Mg-9Al -0.01Sc
Mg-9Al -0.1Sc
Mg-9Al -1.0Sc

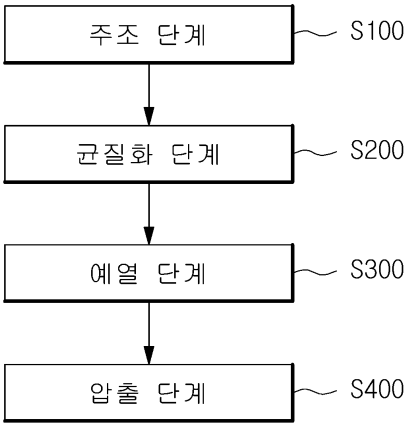
도면20


Mg-3Al-bSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10⁻³ s⁻¹
YS
UTS
Elongation
Stregnth (MPa)
Elongation (%)
Sc Content (wt.%)
0
0.001
0.01
0.1
1.0
Mg-6Al-bSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10⁻³ s⁻¹
Mg-9Al-bSc Extrusions
As-extruded
Initial Strain Rate: 1x10⁻³ s⁻¹

도면21


Pandat 7.0
Sc: 0 wt.%
Sc: 1.0 wt.%
Solubility Limit of Fe (ppm)
20
15
10
5
0
Mg
Mg-1Zn
Mg-2Zn
Mg-4Zn
Mg-6Zn
Mg-3Sn
Mg-5Sn
Mg-6Sn
Mg-8Sn
Mg-3Al
Mg-6Al
Mg-9Al

도면22


주조 단계
S100
균질화 단계
S200
예열 단계
S300
압출 단계
S400