(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0068145
(43) 공개일자 2018년06월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 23/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 23/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0169795
(22) 출원일자 2016년12월13일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
박진만
서울특별시 강남구 논현로119길 34, 401호
심재원
경기도 수원시 권선구 경수대로 408 청광오피스텔 521호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이건주, 김정훈

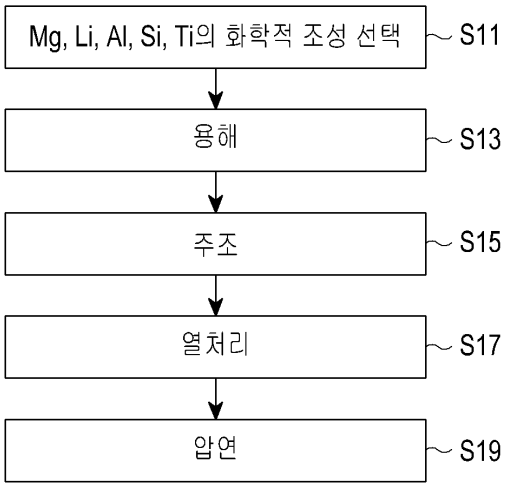
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **마그네슘 합금**

(57) 요 약

본 발명 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은, 마그네슘(Mg), 리튬(Li), 알루미늄(Al), 실리콘(Si) 및 타이타늄(Ti)을 포함할 수 있다. 이외에 다양한 실시 예가 가능하다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

전창우

경기도 수원시 영통구 인계로270번길 11-3 프로방스 205호

김기범

서울특별시 강남구 언주로130길 30 동양파라곤아파트 102동 1102호

문수동

경기도 수원시 팔달구 권광로 246 래미안노블클래스아파트 109동 401호

정해준

서울특별시 노원구 동일로245길 162 은빛아파트 208동 1501호

현홍철

경기도 성남시 분당구 동판교로 275 봇들마을풍성신미주아파트 124동 804호

명 세 서

청구범위

청구항 1

마그네슘 합금에 있어서,

마그네슘(Mg), 리튬(Li), 알루미늄(Al), 실리콘(Si) 및 타이타늄(Ti)을 포함하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 리튬은 9 중량%인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 3

제2 항에 있어서, 상기 알루미늄은 0.001 중량% 이상이면서 4.5 중량% 미만인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 4

제2 항에 있어서, 상기 실리콘은 0.001 중량% 이상이면서 0.6 중량% 이하인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 5

제2 항에 있어서, 상기 타이타늄은 0.001 중량% 이상이면서 0.1 중량% 이하인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 6

제2 항에 있어서, 상기 마그네슘 합금은, 알파(α) 상과 베타(β) 상을 갖는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 7

제2 항에 있어서, 상기 마그네슘 합금의 항복 강도는, 289 ~ 400 MPa인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 8

제2 항에 있어서, 상기 마그네슘 합금의 비강도는, 199 ~ 274 kNm/kg 인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 9

제1 항에 있어서, 상기 리튬은 15 중량%인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 10

제9 항에 있어서, 상기 알루미늄은 0.001 중량% 이상이면서 4.5 중량% 미만인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 11

제9 항에 있어서, 상기 실리콘은 0.001 중량% 이상이면서 0.6 중량% 이하인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 12

제9 항에 있어서, 상기 타이타늄은 0.001 중량% 이상이면서 0.1 중량% 이하인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 13

제9 항에 있어서, 상기 마그네슘 합금은, 베타(β) 상의 단상을 갖는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 14

제9 항에 있어서, 상기 마그네슘 합금의 항복 강도는, 141 ~ 200 MPa인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 15

제2 항에 있어서, 상기 마그네슘 합금의 비강도는, 141 ~ 152 kNm/kg 인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 16

마그네슘 합금에 있어서,

리튬(Li) 9중량%, 알루미늄(Al) 0.001 ~ 4.5중량%미만, 실리콘(Si) 0.001 ~ 0.6중량% 및 나머지는 마그네슘(Mg)과 불가피한 적어도 하나의 불순물을 포함하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 17

제16 항에 있어서, 상기 마그네슘 합금은, 알파(α) 상과 베타(β) 상을 갖는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 18

마그네슘 합금에 있어서,

리튬(Li) 15중량%, 알루미늄(Al) 0.001 ~ 4.5중량%미만, 실리콘(Si) 0.001 ~ 0.6중량% 및 나머지는 마그네슘(Mg)과 불가피한 적어도 하나의 불순물을 포함하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

청구항 19

제18 항에 있어서, 상기 마그네슘 합금은, 베타(β) 상의 단상을 갖는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 다양한 실시 예는, 마그네슘 합금에 관한 것으로, 저밀도와 고강도를 갖는 마그네슘 합금에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 마그네슘 합금은 실용금속 중에서 가장 가벼운 합금계로 알려져 있으며, 비강도, 치수안정성, 가공성, 전자파 차폐특성, 진동 흡수성이 우수하여 자동차나 휴대용 단말기의 구조재로서 수요와 그 응용범위가 급격히 증가되는 추세이다. 일반적으로, 마그네슘(Mg)에 아연(Zn) 또는 알루미늄(Al)을 첨가하게 되면 강도가 상당히 증가하고, 이에 따라 고강도 AZ 시리즈 마그네슘계 상용합금이 개발되었다. 반면에, 마그네슘-리튬계 합금(LZ, LA 시리즈)은 마그네슘에 리튬(리튬의 밀도: 0.5g/cm^3)을 첨가한 것으로, 기존의 마그네슘 합금보다 밀도를 획기적으로 낮추어 추가적으로 경량화가 가능하기 때문에 최근에 많은 주목을 받고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 기존 마그네슘-리튬계 합금은 우수한 저밀도 특성으로 기존 마그네슘 합금 대비 경량화는 가능하나 상대적으로 낮은 항복강도, 비강도, 내식성, 고온에서 열화되는 문제점이 있을 수 있다. 이를 극복하기 위해서는 경량화와 동시에 고강도화가 구현 가능한 새로운 합금 개발의 필요성이 대두되고 있다.

[0004] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 저밀도 특성을 가지도록 경량금속원소 조합인 마그네슘-리튬-알루미늄계 합금에 소량의 실리콘(Si)과 타이타늄(Ti)을 동시에 첨가함으로써 낮은 항복강도 및 내식성을 보완하고 기존 마그네슘 합금의 비강도를 훨씬 뛰어 넘는 마그네슘-리튬계 신합금을 제공하고자 한다.

[0005] 또한, 우수한 성형 특성을 가져, 압연공정을 거쳐 판형으로 제조하여 고강도 경량 특성을 요구하는 휴대용 박형 제품 외장재로 사용할 수 있는 마그네슘 합금을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은, 마그네슘(Mg), 리튬(Li), 알루미늄(Al), 실리콘(Si) 및 타이타늄(Ti)을 포함할 수 있다.

[0007] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은, 리튬(Li) 9중량%, 알루미늄(Al) 0.001 ~ 4.5중량%미만, 실리콘(Si) 0.001 ~ 0.6중량% 및 나머지는 마그네슘(Mg)과 불가피한 적어도 하나의 불순물을 포함할 수 있다.

[0008] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은, 리튬(Li) 15중량%, 알루미늄(Al) 0.001 ~ 4.5중량%미만, 실리콘(Si) 0.001 ~ 0.6중량% 및 나머지는 마그네슘(Mg)과 불가피한 적어도 하나의 불순물을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0009] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은, 기존의 상용화된 마그네슘 합금(예: LZ91합금 또는 LZ151합금)에 비하여 비강도가 대략 300%까지 개선되면서 항복강도가 최대 400 MPa까지 개선될 수 있다. 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은, 성형성이 증가하여 압연 공정을 통해 판형으로 가공될 수 있다. 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은, 비강도 특성이 개선됨에 따라, 박형화가 용이하여 휴대용 전자장치의 외관부재 및 우주항공용 소재로 활용될 수 있다. 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은, 실리콘(Si)과 타이타늄(Ti)이 첨가됨에 따라, 결정립 감소를 유도하여 부식저항성을 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금을 제조하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 다양한 실시 예 중 하나에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도를 나타내는 그래프이다.

도 3은 본 발명의 다양한 실시 예 중 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도를 나타내는 그래프이다.

도 4a는 비교 예에 따른 마그네슘 합금의 결정립을 나타내는 도면이다.

도 4b는 본 발명의 다양한 실시 예 중 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 결정립을 나타내는 도면이다.

도 5은 본 발명의 다양한 실시 예 중 또 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도를 나타내는 그래프이다.

도 6은 본 발명의 다양한 실시 예 중 또 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도를 나타내는 그래프이다.

도 7a는 비교 예에 따른 마그네슘 합금의 결정립을 나타내는 도면이다.

도 7b는 본 발명의 다양한 실시 예 중 또 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 결정립을 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금의 비강도를 나타내는 그래프이다.

도 9a는 비교 예에 따른 마그네슘 합금의 표면을 나타내는 도면이다.

도 9b는 본 발명의 다양한 실시 예 중 또 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 표면을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 본 발명의 다양한 실시예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다. 실시예 및 이에 사용된 용어들은 본 발명에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 본 발명에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제 1," "제 2," "첫째," 또는 "둘째,"등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다. 어떤(예: 제 1) 구성요소가 다른(예: 제 2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제 3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.

[0012] 본 발명에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다. 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다. 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.

[0013] 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 마그네슘 합금은 전자 장치의 케이스 프레임, 베젤 등에 적용될 수 있다.

[0014] 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 전자 장치는, 예를 들면, 스마트폰, 태블릿 PC, 이동 전화기, 영상 전화기, 전자책 리더기, 데스크탑 PC, 랩탑 PC, 넷북 컴퓨터, 워크스테이션, 서버, PDA, PMP(portable multimedia player), MP3 플레이어, 의료기기, 카메라, 또는 웨어러블 장치 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 웨어러블 장치는 액세서리형(예: 시계, 반지, 팔찌, 발찌, 목걸이, 안경, 콘택트 렌즈, 또는 머리 착용형 장치(head-mounted-device(HMD)), 직물 또는 의류 일체형(예: 전자 의복), 신체 부착형(예: 스킨 패드 또는 문신), 또는 생체 이식형 회로 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 어떤 실시예들에서, 전자 장치는, 예를 들면, 텔레비전, DVD(digital video disk) 플레이어, 오디오, 냉장고, 에어컨, 청소기, 오븐, 전자레인지, 세탁기, 공기 청정기, 셋톱 박스, 홈 오토매이션 컨트롤 패널, 보안 컨트롤 패널, 미디어 박스(예: 삼성 HomeSync™, 애플TV™, 또는 구글 TV™), 게임 콘솔(예: Xbox™, PlayStation™), 전자 사전, 전자 키, 캠코더, 또는 전자 액자 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0015] 다른 실시예에서, 전자 장치는, 각종 의료기기(예: 각종 휴대용 의료측정기기(혈당 측정기, 심박 측정기, 혈압

측정기, 또는 체온 측정기 등), MRA(magnetic resonance angiography), MRI(magnetic resonance imaging), CT(computed tomography), 촬영기, 또는 초음파기 등), 네비게이션 장치, 위성 항법 시스템(GNSS(global navigation satellite system)), EDR(event data recorder), FDR(flight data recorder), 자동차 인포테인먼트 장치, 선박용 전자 장비(예: 선박용 항법 장치, 자이로 콤파스 등), 항공 전자기기(avionics), 보안 기기, 차량용 헤드 유닛(head unit), 산업용 또는 가정용 로봇, 드론(drone), 금융 기관의 ATM, 상점의 POS(point of sales), 또는 사물 인터넷 장치 (예: 전구, 각종 센서, 스프링클러 장치, 화재 경보기, 온도조절기, 가로등, 토스터, 운동기구, 온수탱크, 히터, 보일러 등) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 어떤 실시예에 따르면, 전자 장치는 가구, 건물/구조물 또는 자동차의 일부, 전자 보드(electronic board), 전자 사인 수신 장치(electronic signature receiving device), 프로젝터, 또는 각종 계측 기기(예: 수도, 전기, 가스, 또는 전파 계측 기기 등) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서, 전자 장치는 플렉서블하거나, 또는 전술한 다양한 장치들 중 둘 이상의 조합일 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 전자 장치는 전술한 기기들에 한정되지 않는다. 본 발명에서, 사용자라는 용어는 전자 장치를 사용하는 사람 또는 전자 장치를 사용하는 장치(예: 인공지능 전자 장치)를 지칭할 수 있다.

[0017] 도 1은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금을 제조하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0018] 도 1를 참조하면, 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금의 제조 방법은 마그네슘(Mg), 리튬(Li), 알루미늄(Al), 실리콘(Si) 및 타이타늄(Ti)의 화학적 조성을 선택하는 동작(S11), 상기 마그네슘, 상기 리튬, 상기 알루미늄, 상기 실리콘 및 상기 타이타늄을 용해하는 동작(S13), 용해된 마그네슘 합금을 주조하는 동작(S15), 주조된 물품을 열처리하는 동작(S17) 및 상기 열처리된 물품을 압연하는 동작(S19)를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 마그네슘(Mg), 상기 리튬(Li), 상기 알루미늄(Al), 상기 실리콘(Si) 및 상기 타이타늄(Ti)의 화학적 조성을 선택하는 동작(S11)에서는, 상기 리튬은 9 중량%으로 조성될 수 있다. 상기 알루미늄(Al)은 0.001 중량% 이상 4.5 중량%미만으로 조성될 수 있다.

[0020] 상기 실리콘은 0.001 중량%이상 0.6 중량%이하로 조성될 수 있다. 상기 실리콘의 0.001 중량%이상 0.6 중량%이하의 조성 범위는 마그네슘 합금의 가공성 측면에서 최소 연신률을 확보하기 위한 조성 범위일 수 있다. 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 알루미늄과 상기 실리콘은 알루미늄-실리콘 합금 형태로 조성될 수 있다.

[0021] 상기 타이타늄은 0.001 중량%이상 0.1 중량%이하일 수 있다. 상기 타이타늄의 0.001 중량%이상 0.1 중량%이하의 조성 범위는, 마그네슘 합금 내에서 정출/석출되지 않은 조성 범위일 수 있다. 상기 실리콘이 0.6 중량%를 초과하면서 상기 타이타늄이 0.1 중량%를 초과하는 경우, 상기 마그네슘 합금의 항복 강도는 감소하면서 상기 마그네슘 합금의 비강도가 약화될 수 있다.

[0022] 상기 마그네슘 합금에 선택되는 조성비는 다음과 같은 [화학식1]로 표현될 수 있다.

[0023] [화학식1]

[0024] Mg-9Li-x(Al-12Si)-yTi

[0025] (x, y는 중량%를 단위로 하며, 0<x<=5, 0<y<=0.1)

[0026] 상기 원소기호의 앞의 숫자는 중량%를 나타낼 수 있다. 예를 들면, Li의 9%중량은, 9Li으로 표현될 수 있다.

[0027] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 리튬은 15 중량%으로 조성될 수 있다. 상기 알루미늄(Al)은 0.001 중량% 이상 4.5 중량% 미만으로 조성될 수 있다. 상기 실리콘은 0.001 중량% 이상 0.6 중량% 이하로 조성될 수 있다. 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 알루미늄과 상기 실리콘은 알루미늄-실리콘 합금 형태로 조성될 수 있다. 상기 타이타늄은 0.001 중량% 이상 0.1 중량% 이하일 수 있다.

[0028] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금에 선택되는 조성비는 다음과 같은 [화학식2]로 표현될 수 있다.

[0029] [화학식2]

[0030] Mg-15Li-x(Al-12Si)-yTi

[0031] (x, y는 중량%를 단위로 하며, 0<x<=5, 0<y<=0.1)

[0032] 상기 마그네슘, 상기 리튬, 상기 알루미늄, 상기 실리콘 및 상기 타이타늄을 용해하는 동작(S13)에서는, 상기

마그네슘, 상기 리튬, 상기 알루미늄, 상기 실리콘 및 상기 타이타늄의 용융점 중 가장 높은 온도에서 이루어질 수 있다. 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 알루미늄-실리콘(Al-12Si) 합금을 이용하는 경우, 상기 알루미늄-실리콘(Al-12Si) 합금의 용융점이 상기 실리콘의 용융점보다 낮으므로, 용해하는 과정에서 마그네슘, 리튬 등이 기화되는 것을 방지할 수 있다. 상기 용해하는 동작(S13)은, 상기 마그네슘, 상기 리튬, 상기 알루미늄, 상기 실리콘 및 상기 타이타늄을 상기 마그네슘 합금으로 형성할 수 있다. 상기 리튬이 9 중량%로 조성된 경우, 마그네슘-리튬 상태도에 따라 상기 마그네슘 합금은 알파(α) 상과 베타(β) 상을 동시에 가질 수 있다. 여기서, 알파 상은 육방밀접결정구조(HCP)를 의미하고, 베타 상은 체심입방구조(BCC)를 의미할 수 있다.

[0033] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 리튬이 15중량%로 조성된 경우, 마그네슘-리튬 상태도에 따라 상기 마그네슘 합금은 베타 단일 상으로 이루어질 수 있다.

[0034] 상기 용해된 마그네슘 합금을 주조하는 동작(S15)은, 상기 마그네슘 합금을 판 형상의 물품으로 주조할 수 있다. 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 마그네슘 합금은 판 형상으로 주조되는 것에 한정되지 않고, 다양한 형상을 가진 물품으로 주조될 수 있다.

[0035] 상기 주조된 물품을 열처리하는 동작(S17)은, 대략 330 도에서, 대략 3시간 동안 이루어지며, 상기 주조된 물품의 결정립을 균일하게 할 수 있다.

[0036] 상기 열처리된 물품을 압연하는 동작(S19)은, 대략 150도에서, 대략 6t의 압력으로, 대략 6 ㎜두께의 열처리된 물품을 5~8회의 회수로 반복적인 압연이 진행될 수 있다. 예를 들면, 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 마그네슘 합금으로 이루어진 물품은 0.6 ㎜ 판재로 제작될 수 있다. 상기 마그네슘 합금으로 이루어진 판재는 노트북용 케이스 등 휴대용 전자 장치의 내외장재로 활용될 수 있다.

[0037] 이하, 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금의 조성 및 특성을 비교 예의 마그네슘 합금의 조성 및 특성로 비교하여 살펴보기로 한다.

[0039] 표 1은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금과 비교 예에 따른 마그네슘 합금의 조성과 물성을 나타내는 표이다.

표 1

[0040]

	합금군 (wt.%)	합금군 (wt.%)	As-Rolled		
			항복강도(MPa)	비중 (g/cm3)	비강도 (kNm/kg)
비교예1	Mg - 9Li - 0.87Al - 0.13Si	Mg-9Li-1(Al-12Si)	153	1.449	105.74
비교예2	Mg - 9Li - 2.62Al - 0.38Si	Mg-9Li-3(Al-12Si)	247	1.457	170.00
비교예3	Mg - 9Li- 4.37Al - 0.63Si	Mg-9Li-5(Al-12Si)	200	1.466	136.62
실시예1	Mg - 9Li - 0.87Al - 0.13Si - 0.05Ti	Mg-9Li-1(Al-12Si)-0.05Ti	289	1.449	199.75
실시예2	Mg - 9Li - 2.62Al - 0.38Si - 0.05Ti	Mg-9Li-3(Al-12Si) -0.05Ti	396	1.458	272.02
실시예3	Mg - 9Li - 4.37A - 0.63Si - 0.05Ti	Mg-9Li-5(Al-12Si) -0.05Ti	361	1.466	246.60

[0042] 비교예 1, 2, 3과 실시예 1, 2, 3은 실리콘이 9 중량%로 조성된 마그네슘 합금일 수 있다.

[0043] 비교예 1, 2, 3은 타이타늄이 포함되지 않은 마그네슘 합금일 수 있다. 비교예 1은 알루미늄-실리콘(1(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이고, 비교예 2는 알루미늄-실리콘(3(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이고, 비교예 3는 알루미늄-실리콘(5(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이다.

[0044] 실시예 1, 2, 3은 타이타늄이 0.05중량%로 조성된 마그네슘 합금일 수 있다. 실시예 1은 알루미늄-실리콘(1(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이고, 실시예 2는 알루미늄-실리콘(3(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이고, 실시예 3는 알루미늄-실리콘(5(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이다.

[0045] 실시예 1은 비교예 1과 비교하면, 항복 강도(MPa)의 측면에서 비교예 1에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 153 MPa이나, 실시예 1에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 289 MPa일 수 있다. 그리고, 비강도(kNm/kg)의 측면에서 비교예 1에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 105.74 kNm/kg 이나, 실시예 2에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 199.75 kNm/kg 일 수 있다.

[0046] 실시예 2는 비교예 2과 비교하면, 항복 강도(MPa)의 측면에서 비교예 2에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 170 MPa이나, 실시예 2에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 272.02 MPa일 수 있다. 그리고, 비강도(kNm/kg)의 측면에서 비교예 2에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 170.00 kNm/kg 이나, 실시예 2에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 272.02 kNm/kg 일 수 있다.

[0047] 실시예 3은 비교예 3과 비교하면, 항복 강도(MPa)의 측면에서 비교예 3에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 200 MPa이나, 실시예 3에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 361 MPa일 수 있다. 그리고, 비강도(kNm/kg)의 측면에서 비교예 3에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 136.62 kNm/kg 이나, 실시예 3에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 246.60 kNm/kg 일 수 있다.

[0048] 이와 같이, 본 발명의 다양한 실시예인 실시예 1, 2, 3에 따른 마그네슘 합금의 항복강도와 비강도는 비교예 1, 2, 3에 따른 마그네슘 합금의 항복강도와 비강도에 비해 증가됨을 알 수 있다.

[0050] 도 2는 본 발명의 다양한 실시 예 중 하나에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도를 나타내는 그래프이다.

[0051] 도 2을 참조하여, 비교예 1에 따른 마그네슘 합금(M2)과 실시예 1에 따른 마그네슘 합금(M1)의 항복 강도를 보다 자세히 살펴보기로 한다.

[0052] 실시예 1에 따른 마그네슘 합금(M1)은, 연신율 0~10 % 범위에서, 비교예 1에 따른 마그네슘 합금(M2)보다 항복강도가 높은 것을 알 수 있다. 또한, 비교예 1에 따른 마그네슘 합금(M2)은 대략 10%까지의 연신율 범위에서 항복강도를 유지함에 반하여, 실시예 1에 따른 마그네슘 합금(M1)은, 대략 25%까지의 연실율 범위에서 향상된 값의 항복 강도를 유지하는 것을 알 수 있다.

[0054] 도 3은 본 발명의 다양한 실시 예 중 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도를 나타내는 그래프이다.

[0055] 도 3을 참조하여, 비교예 2에 따른 마그네슘 합금(M4)과 실시예 2에 따른 마그네슘 합금(M3)의 항복 강도를 보다 자세히 살펴보기로 한다.

[0056] 실시예 2에 따른 마그네슘 합금(M3)은, 연신율 0~23 % 범위에서 비교예 2에 따른 마그네슘 합금(M4)보다 항복강도가 높은 것을 알 수 있다. 또한, 비교예 2에 따른 마그네슘 합금(M4)은 대략 23%의 연신율 범위에서 항복강도를 유지함에 반하여, 실시예 2에 따른 마그네슘 합금(M3)은, 대략 30%까지의 연실율 범위에서 향상된 값의 항복강도를 유지하는 것을 알 수 있다.

[0058] 도 4a는 비교 예에 따른 마그네슘 합금의 결정립을 나타내는 도면이다. 도 4b는 본 발명의 다양한 실시 예 중 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 결정립을 나타내는 도면이다.

[0059] 도 4a 및 도 4b를 참조하여, 비교예 2에 따른 마그네슘 합금과 실시예 2에 따른 마그네슘 합금의 결정립을 살펴보기로 한다.

[0060] 실시예 2에 따른 마그네슘 합금의 결정립은, 비교예 2에 따른 마그네슘 합금의 결정립에 비해, 구형화되면서 미세화된 것을 알 수 있다. 실시예 2에 따른 마그네슘 합금은 타이타늄(Ti)을 포함함에 따라, 알파(α) 상을 보다 포함하게 되어, 실시예 2에 따른 마그네슘 합금의 항복강도와 비강도가 증가됨을 알 수 있다.

[0062] 표 2는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금과 비교 예에 따른 마그네슘 합금의 조성과 물성을 나타

내는 표이다.

표 2

[0063]

	합금군 (wt.%)	합금군 (wt.%)	As-Rolled 항복강도 (MPa)	비중 (g/cm3)	비강도 (kNm/kg)
비교예 4	Mg - 15Li - 0.87Al - 0.13Si	Mg-15Li-1(Al-12Si)	141	1.302	127.67
비교예 5	Mg - 15Li - 2.62Al - 0.38Si	Mg-15Li-3(Al-12Si)	170	1.308	137.91
비교예 6	Mg - 15Li- 4.37Al - 0.63Si	Mg-15Li-5(Al-12Si)	194	1.315	147.64
실시예 4	Mg - 15Li - 0.87Al - 0.13Si - 0.05Ti	Mg-15Li-1(Al-12Si)-0.05Ti	184	1.303	141.30
실시예 5	Mg - 15Li - 2.62Al - 0.38Si - 0.05Ti	Mg-15Li-3(Al-12Si) -0.05Ti	197	1.309	150.61
실시예 6	Mg - 15Li - 4.37A - 0.63Si - 0.05Ti	Mg-15Li-5(Al-12Si) -0.05Ti	200	1.316	152.25

[0065] 비교예 4, 5, 6과 실시예 4, 5, 6은 실리콘이 15 중량%로 조성된 마그네슘 합금일 수 있다.

[0066] 비교예 4, 5, 6은 타이타늄이 포함되지 않은 마그네슘 합금일 수 있다. 비교예 4는 알루미늄-실리콘(1(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이고, 비교예 5는 알루미늄-실리콘(3(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이고, 비교예 6은 알루미늄-실리콘(5(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이다.

[0067] 실시예 4, 5, 6은 타이타늄이 0.05중량%로 조성된 마그네슘 합금일 수 있다. 실시예 4는 알루미늄-실리콘(1(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이고, 실시예 5는 알루미늄-실리콘(3(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이고, 실시예 6은 알루미늄-실리콘(5(Al-12Si))을 이용하여 제조된 마그네슘 합금이다.

[0068] 실시예 4은 비교예 4과 비교하면, 항복 강도(MPa)의 측면에서 비교예 4에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 141 MPa이나, 실시예 4에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 184 MPa일 수 있다. 그리고, 비강도(kNm/kg)의 측면에서 비교예 4에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 127.67 kNm/kg 이나, 실시예 4에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 141.30 kNm/kg 일 수 있다.

[0069] 실시예 5는 비교예 5과 비교하면, 항복 강도(MPa)의 측면에서 비교예 5에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 170 MPa이나, 실시예 5에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 197 MPa일 수 있다. 그리고, 비강도(kNm/kg)의 측면에서 비교예 5에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 137.91 kNm/kg 이나, 실시예 5에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 150.61 kNm/kg 일 수 있다.

[0070] 실시예 6은 비교예 6과 비교하면, 항복 강도(MPa)의 측면에서 비교예 6에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 194 MPa이나, 실시예 3에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도는 200 MPa일 수 있다. 그리고, 비강도(kNm/kg)의 측면에서 비교예 6에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 147.64 kNm/kg 이나, 실시예 6에 따른 마그네슘 합금의 비강도는 152.25 kNm/kg 일 수 있다.

[0071] 이와 같이, 본 발명의 다양한 실시예인 실시예 4, 5, 6에 따른 마그네슘 합금의 항복강도와 비강도는 비교예 4, 5, 6에 따른 마그네슘 합금의 항복강도와 비강도에 비해 증가됨을 알 수 있다.

[0073] 도 5은 본 발명의 다양한 실시 예 중 또 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도를 나타내는 그래프이다.

[0074] 도 5를 참조하여, 비교예 4에 따른 마그네슘 합금(M6)과 실시예 4에 따른 마그네슘 합금(M5)의 항복 강도를 보다 자세히 살펴보기로 한다.

[0075] 실시예 4에 따른 마그네슘 합금(M5)은, 연신율 0~13 % 범위에서 비교예 4에 따른 마그네슘 합금(M6)보다 항복강도가 높은 것을 알 수 있다. 또한, 비교예 4에 따른 마그네슘 합금(M6)은 대략 13%까지의 연신율 범위에서 항복강도를 유지함에 반하여, 실시예 4에 따른 마그네슘 합금(M5)은, 대략 17까지의 연실율 범위에서 향상된 값의

항복 강도를 유지하는 것을 알 수 있다.

[0077] 도 6은 본 발명의 다양한 실시 예 중 또 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도를 나타내는 그래프이다.

[0078] 도 6을 참조하여, 비교예 5에 따른 마그네슘 합금(M8)과 실시예 5에 따른 마그네슘 합금(M7)의 항복 강도를 보다 자세히 살펴보기로 한다.

[0079] 실시예 5에 따른 마그네슘 합금(M7)은, 연신율 0~23 % 범위에서 비교예 5에 따른 마그네슘 합금(M8)보다 항복강도가 높은 것을 알 수 있다. 또한, 비교예 5에 따른 마그네슘 합금(M8)은 대략 23%까지의 연신율 범위에서 항복강도를 유지함에 반하여, 실시예 5에 따른 마그네슘 합금(M7)은, 대략 26%까지의 연실율 범위에서 향상된 값의 항복 강도를 유지하는 것을 알 수 있다.

[0081] 도 7a는 비교 예에 따른 마그네슘 합금의 결정립을 나타내는 도면이다. 도 7b는 본 발명의 다양한 실시 예 중 또 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 결정립을 나타내는 도면이다.

[0082] 도 7a 및 도 7b를 참조하여, 비교예 5에 따른 마그네슘 합금과 실시예 5에 따른 마그네슘 합금의 결정립을 살펴보기로 한다.

[0083] 실시예 5에 따른 마그네슘 합금의 결정립은, 비교예 5에 따른 마그네슘 합금의 결정립에 비해, 미세화된 것을 알 수 있다. 예를 들면, 상기 실시예 5에 따른 마그네슘 합금의 크기는 상기 비교예 5에 따른 마그네슘 합금의 결정립의 크기보다 작을 수 있다.

[0085] 표 3은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금과 비교 예에 따른 마그네슘 합금의 조성과 물성을 나타내는 표이다.

표 3

[0086]

		합금군	특성		
	조성 (wt.%)	조성 (wt.%)	항복강도 (MPa)	비중 (g/cm^3)	비강도 (kNm/kg)
비교예	Mg-9Li-1(Al-12Si)	Mg-9Li-0.88Al-0.12Si	153	1.45	106
실시예	Mg-9Li-1(Al-12Si)-0.05Ti	Mg-9Li-0.88Al-0.12Si-0.05Ti	289	1.45	200
실시예	Mg-9Li-1(Al-12Si)-0.1Ti	Mg-9Li-0.88Al-0.12Si-0.1Ti	280	1.45	193
비교예	Mg-9Li-3(Al-12Si)	Mg-9Li-2.64Al-0.36Si	247	1.46	170
실시예	Mg-9Li-3(Al-12Si) 0.05Ti	Mg-9Li-2.64Al-0.36Si-0.05Ti	400	1.46	274
실시예	Mg-9Li-3(Al-12Si)-0.1Ti	Mg-9Li-2.64Al-0.36Si-0.1Ti	350	1.46	239
비교예	Mg-9Li-5(Al-12Si)	Mg-9Li-4.4Al-0.6Si	200	1.47	137
실시예	Mg-9Li-5(Al-12Si)-0.05Ti	Mg-9Li-4.4Al-0.6Si-0.05Ti	361	1.47	247
실시예	Mg-9Li-5(Al-12Si)-0.1Ti	Mg-9Li-4.4Al-0.6Si-0.1Ti	347	1.47	237
-	-	-	-	-	-
비교예	Mg-15Li-1(Al-12Si)	Mg-15Li-0.88Al-0.12Si	166	1.3	128
실시예	Mg-15Li-1(Al-12Si)-0.05Ti	Mg-15Li-0.88Al-0.12Si-0.05Ti	184	1.3	141
실시예	Mg-15Li-1(Al-12Si)-0.1Ti	Mg-15Li-0.88Al-0.12Si-0.1Ti	183	1.3	141
비교예	Mg-15Li-3(Al-12Si)	Mg-15Li-2.64Al-0.36Si	180	1.31	138
실시예	Mg-15Li-3(Al-12Si)-0.05Ti	Mg-15Li-2.64Al-0.36Si-0.05Ti	197	1.31	151
실시예	Mg-15Li-3(Al-12Si)-0.1Ti	Mg-15Li-2.64Al-0.36Si-0.1Ti	191	1.31	146
비교예	Mg-15Li-5(Al-12Si)	Mg-15Li-4.4Al-0.6Si	194	1.31	148
실시예	Mg-15Li-5(Al-12Si)-0.05Ti	Mg-15Li-4.4Al-0.6Si-0.05Ti	200	1.32	152
실시예	Mg-15Li-5(Al-12Si)-0.1Ti	Mg-15Li-4.4Al-0.6Si-0.1Ti	195	1.32	148

[0088] 비교예들과 실시예들은 실리콘이 9 중량% 또는 15중량%로 조성된 마그네슘 합금일 수 있다.

[0089] 비교예들은 타이타늄이 포함되지 않은 마그네슘 합금일 수 있다. 실시예들은 타이타늄이 0.05 중량% 또는 0.1 중량%로 조성된 마그네슘 합금일 수 있다. 비교예들과 실시예들은 알루미늄-실리콘(1(Al-12Si)), 알루미늄-실리콘(3(Al-12Si)) 또는 알루미늄-실리콘(5(Al-12Si)) 중 하나로 조성된 마그네슘 합금일 수 있다.

[0090] 실시예들에 따른 마그네슘 합금이 타이타늄을 포함됨에 따라, 실시예들에 따른 마그네슘 합금의 항복 강도와 비

강도는 비교예들에 따른 마그네슘 합금의 항복강도와 비강도보다 증가됨을 알 수 있다.

[0092] 도 8은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금의 비강도를 나타내는 그래프이다.

[0093] 도 8을 참조하면, 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은 실리콘이 9중량%로 조성된 마그네슘 합금(Mg-9Li-Al-Si-Ti)과 실리콘이 15%중량%로 조성된 마그네슘 합금(Mg-15Li-Al-Si-Ti)일 수 있다. 그리고, 도 8에 표시된 A영역에는, 상용화된 마그네슘 합금(QE22, WE43, WE54, RZ5, AM60, AZ91A, MRS-B, LAS871-4.5RE, LAS87, LAS871, LZAM9110, LAZM9310, LZ111, LZ91, LZM910, L8)들이 그래프 상에 분포될 수 있다.

[0094] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금(Mg-9Li-Al-Si-Ti, Mg-15Li-Al-Si-Ti)은 상용화된 마그네슘 합금(QE22, WE43, WE54, RZ5, AM60, AZ91A, MRS-B, LAS871-4.5RE, LAS87, LAS871, LZAM9110, LAZM9310, LZ111, LZ91, LZM910, L8)들에 비해 높은 비강도를 가짐을 알 수 있다.

[0095] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은 대략 1.3 ~ 1.4 g/cm^3 의 밀도를 유지함에 따라, 초경량 특성을 가지면서 더불어 상용화된 마그네슘 합금들에 비해 높은 비강도를 가질 수 있다.

[0097] 도 9a는 비교 예에 따른 마그네슘 합금의 표면을 나타내는 도면이다. 도 9b는 본 발명의 다양한 실시 예 중 또 다른 하나에 따른 마그네슘 합금의 표면을 나타내는 도면이다.

[0098] 도 9a 및 도 9b를 참조하면, 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금의 표면은 비교 예에 따른 마그네슘 합금의 표면보다 매끄럽게 형성됨에 따라, 높은 내식성을 갖음을 알 수 있다.

[0100] 상기 전술된 바와 같이, 본 발명 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은, 마그네슘(Mg), 리튬(Li), 알루미늄(Al), 실리콘(Si) 및 타이타늄(Ti)을 포함할 수 있다.

[0101] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 리튬은 9 중량%일 수 있다.

[0102] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 알루미늄은 0.001 중량% 이상이면서 4.5 중량% 미만일 수 있다.

[0103] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 실리콘은 0.001 중량% 이상이면서 0.6 중량% 이하일 수 있다.

[0104] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 타이타늄은 0.001 중량% 이상이면서 0.1 중량% 이하일 수 있다.

[0105] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 마그네슘 합금은, 알파(α) 상과 베타(β) 상을 갖을 수 있다.

[0106] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 마그네슘 합금의 항복 강도는, 289 ~ 400 MPa일 수 있다.

[0107] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 마그네슘 합금의 비강도는, 199 ~ 274 kNm/kg 일 수 있다.

[0108] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 리튬은 15 중량%일 수 있다.

[0109] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 알루미늄은 0.001 중량% 이상이면서 4.5 중량% 미만일 수 있다.

[0110] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 실리콘은 0.001 중량% 이상이면서 0.6 중량% 이하일 수 있다.

[0111] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 타이타늄은 0.001 중량% 이상이면서 0.1 중량% 이하일 수 있다.

[0112] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 마그네슘 합금은, 베타(β) 상의 단상을 갖을 수 있다.

[0113] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 마그네슘 합금의 항복 강도는, 141 ~ 200 MPa일 수 있다.

[0114] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 마그네슘 합금의 비강도는, 141 ~ 152 kNm/kg 일 수 있다.

[0115] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은, 리튬(Li) 9중량%, 알루미늄(Al) 0.001 ~ 4.5중량%미만, 실리콘(Si) 0.001 ~ 0.6중량% 및 나머지는 마그네슘(Mg)과 불가피한 적어도 하나의 불순물을 포함할 수 있다.

[0116] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 마그네슘 합금은, 알파(α) 상과 베타(β) 상을 갖을 수 있다.

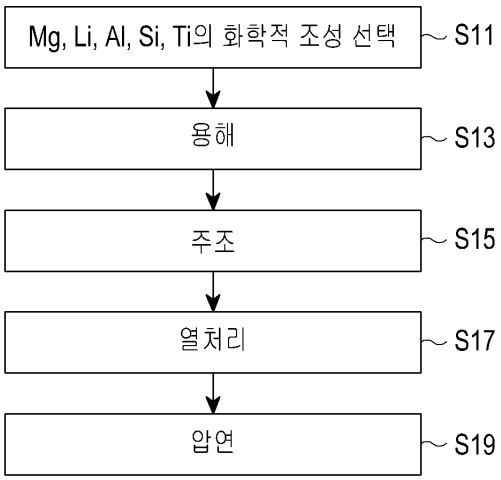
[0117] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 마그네슘 합금은, 리튬(Li) 15중량%, 알루미늄(Al) 0.001 ~ 4.5중량%미만, 실리콘(Si) 0.001 ~ 0.6중량% 및 나머지는 마그네슘(Mg)과 불가피한 적어도 하나의 불순물을 포함할 수 있다.

[0118] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 상기 마그네슘 합금은, 베타(β) 상의 단상을 갖을 수 있다.

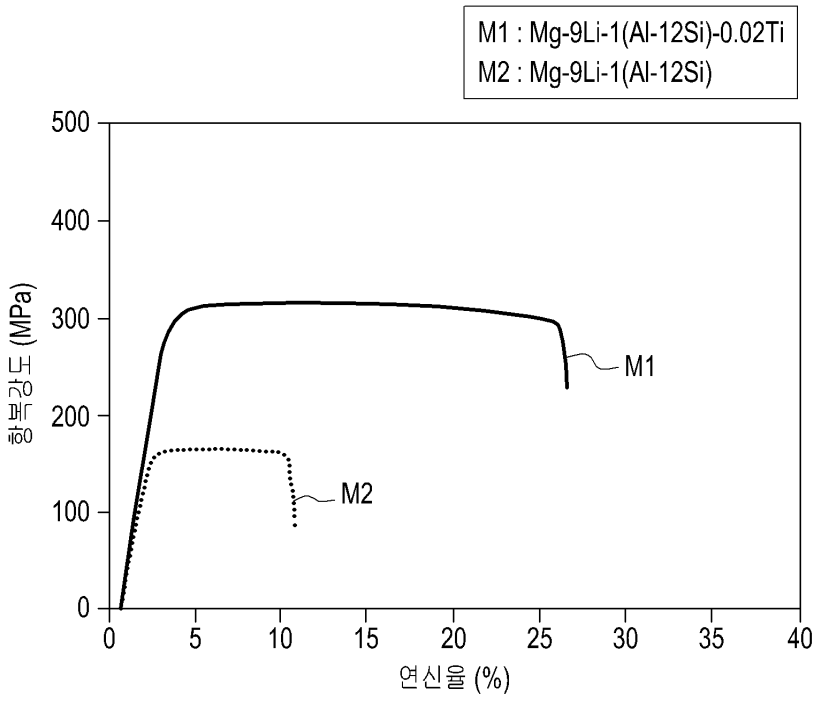
[0120] 이상, 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해서 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명하다 할 것이다.

도면

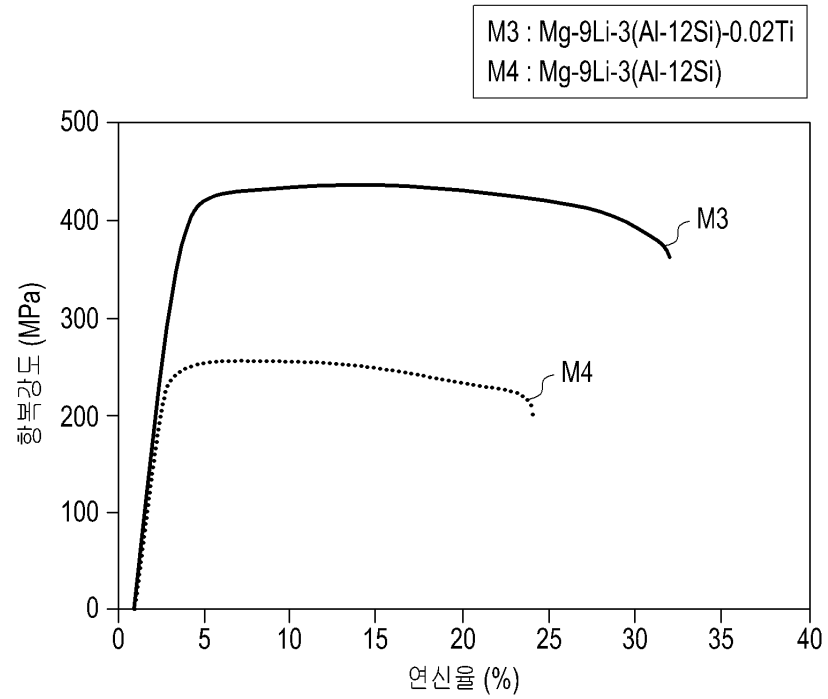
도면1



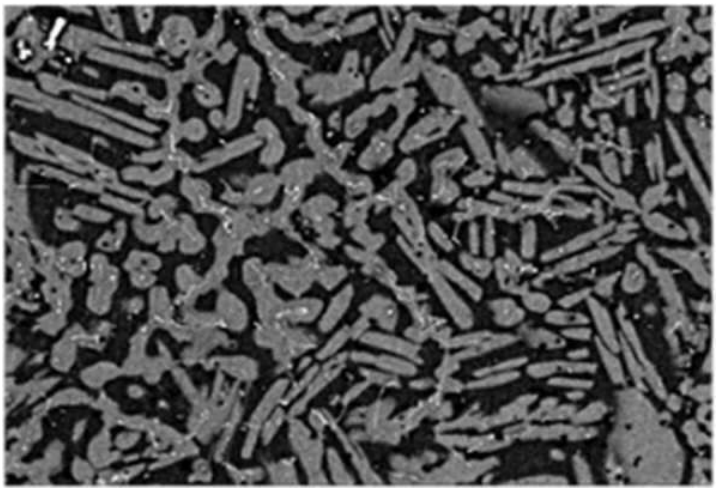
도면2



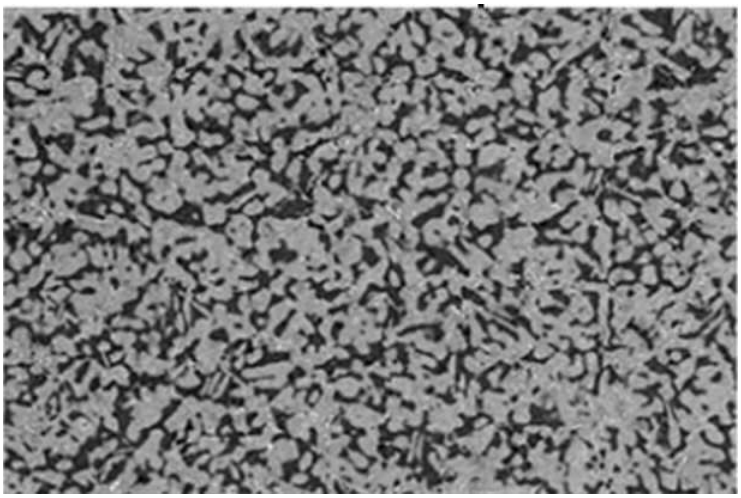
도면3


M3 : Mg-9Li-3(Al-12Si)-0.02Ti
M4 : Mg-9Li-3(Al-12Si)
500
400
300
200
100
0
항복강도 (MPa)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
연신율 (%)
M3
M4

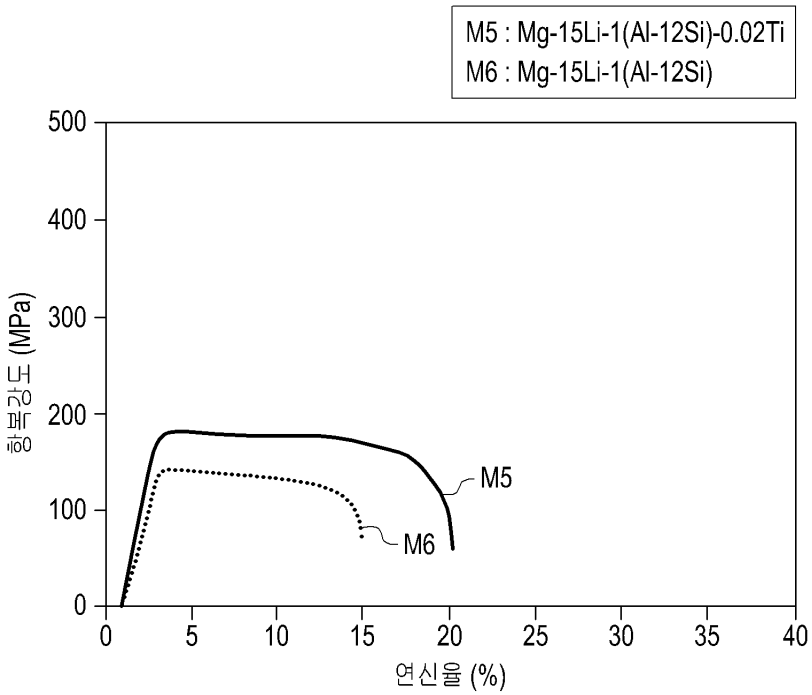
도면4a



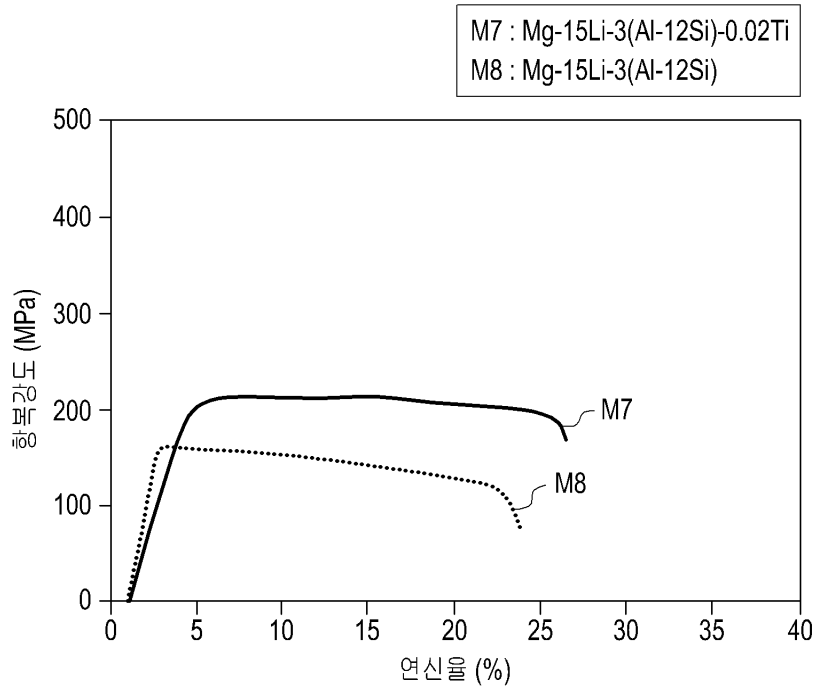
도면4b



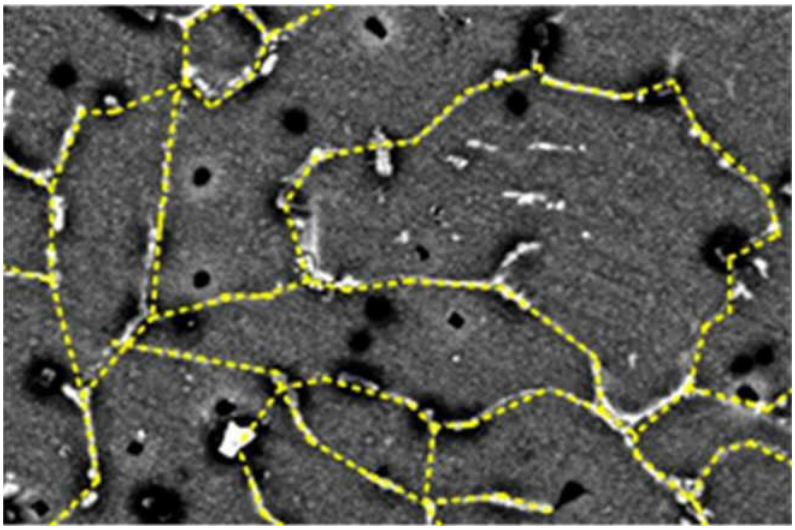
도면5


M5 : Mg-15Li-1(Al-12Si)-0.02Ti
M6 : Mg-15Li-1(Al-12Si)
500
400
300
200
100
0
항복강도 (MPa)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
연신율 (%)
M5
M6

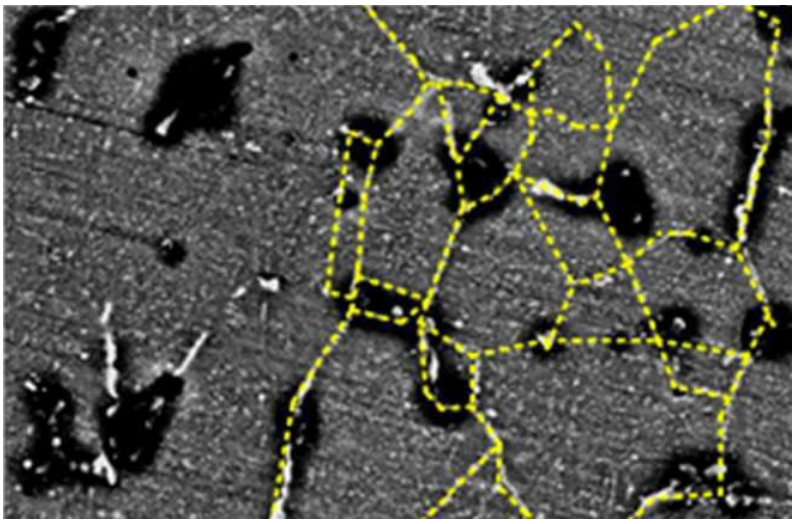
도면6


M7 : Mg-15Li-3(Al-12Si)-0.02Ti
M8 : Mg-15Li-3(Al-12Si)
500
400
300
200
100
0
항복강도 (MPa)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
연신율 (%)
M7
M8

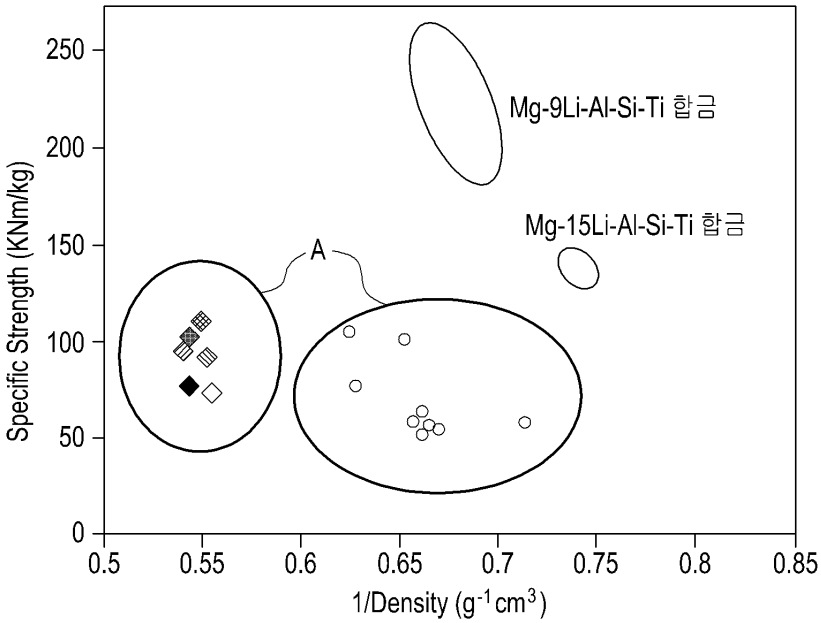
도면7a



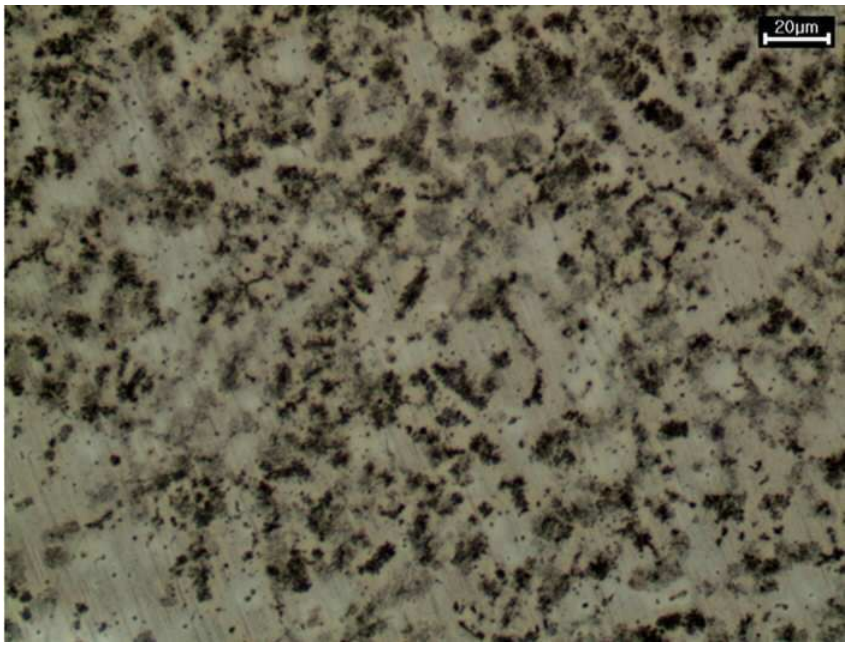
도면7b



도면8


Mg-9Li-Al-Si-Ti 합금
Mg-15Li-Al-Si-Ti 합금
A
Specific Strength (KNm/kg)
250
200
150
100
50
0
0.5
0.55
0.6
0.65
0.7
0.75
0.8
0.85
1/Density (g-1cm3)

도면9a



도면9b