(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0047314
(43) 공개일자 2020년05월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 23/02 (2006.01) *B21B 1/38* (2006.01)
B21B 3/00 (2006.01) *C22C 1/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 23/02 (2013.01)
B21B 1/38 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0116306
(22) 출원일자 2019년09월20일
심사청구일자 2019년09월20일
(30) 우선권주장
1020180128292 2018년10월25일 대한민국(KR)

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
김영민
대전광역시 유성구 상대남로 26
유봉선
경상남도 창원시 의창구 도계로 135
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이인행

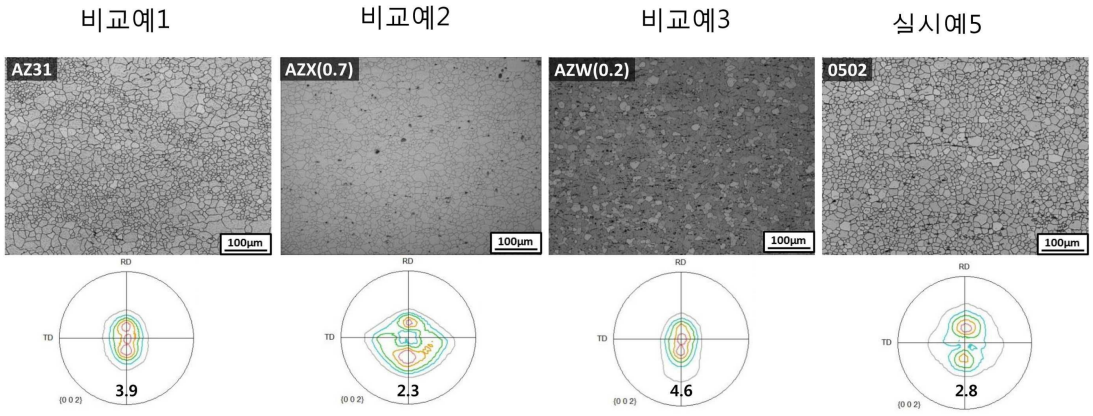
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **상온 성형성이 우수한 고내식 마그네슘 합금, 마그네슘 합금 판재 및 그 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은, 상온 성형성이 우수한 고내식 마그네슘 합금, 마그네슘 합금 판재 및 그 제조 방법을 제공한다. 본 발명의 실시예에 따른 마그네슘 합금 판재는, 1.0 wt% 이상 내지 7.0 wt% 이하 범위의 알루미늄(Al); 0 wt% 초과 내지 1.0 wt% 이하 범위의 아연(Zn); 0 wt% 초과 내지 0.25 wt% 미만 범위의 망간(Mn); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 칼슘(Ca); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 이트륨(Y); 및 잔부는 마그네슘(Mg) 및 불가피한 불순물을 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
B21B 3/00 (2013.01)
C22C 1/02 (2013.01)
(72) 발명자
김하식
경상남도 창원시 마산회원구 구암북7길 3-1
문병기
경상남도 창원시 의창구 도계로 135
배준호
경상남도 김해시 팔판로 27
서병찬
경상남도 창원시 성산구 원이대로878번길 9
서종식
경상남도 창원시 성산구 창원대로1209번길 22, 209동 503호
임창동
경상남도 창원시 성산구 상남로24번길 13
조수미
부산광역시 금정구 금강로 502

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 P0C3120
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 융합연구단사업
연구과제명 북한 마그네사이트 맞춤형 친환경 소재실용화 기술개발(2단계 1/3)
기 여 율 1/1
주관기관 한국지질자원연구원
연구기간 2018.12.01 ~ 2019.11.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

1.0 wt% 이상 내지 7.0 wt% 이하 범위의 알루미늄(Al);

0 wt% 초과 내지 1.0 wt% 이하 범위의 아연(Zn);

0 wt% 초과 내지 0.25 wt% 미만 범위의 망간(Mn);

0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 칼슘(Ca);

0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 이트륨(Y); 및

잔부는 마그네슘(Mg) 및 불가피한 불순물을 포함하는, 고내식 마그네슘 합금 판재.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

(0002) 기저면 극점도의 최대 세기가 압연 방향(RD)의 직각 방향(TD)으로 분산된, 고내식 마그네슘 합금 판재.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

6 mm 내지 10 mm 범위의 에릭슨 지수를 가지는, 고내식 마그네슘 합금 판재.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

2 내지 4 범위의 방위분포함수를 가지는, 고내식 마그네슘 합금 판재.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

2 mm/year 이하의 부식 속도를 가지는, 고내식 마그네슘 합금 판재.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 칼슘은 0.3 wt% 내지 0.7 wt%의 범위를 가지고,

상기 이트륨은 0.05 wt% 내지 0.5 wt%의 범위를 가지는, 고내식 마그네슘 합금 판재.

청구항 7

1.0 wt% 이상 내지 7.0 wt% 이하 범위의 알루미늄(Al); 0 wt% 초과 내지 1.0 wt% 이하 범위의 아연(Zn); 0 wt% 초과 내지 0.25 wt% 미만 범위의 망간(Mn); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 칼슘(Ca); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 이트륨(Y); 및 잔부는 마그네슘(Mg) 및 불가피한 불순물을 포함하는, 마그네슘 합금 조성물을 제공하는 단계;

상기 마그네슘 합금 조성물을 용해하여 합금 주조재를 형성하는 단계;

상기 합금 주조재를 균질화 열처리 온도 범위에서 1차 압연하는 단계; 및

상기 1차 압연된 마그네슘 합금을 상온에서 2차 압연하는 단계;

를 포함하는, 고내식 마그네슘 합금 판재의 제조 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 1차 압연은 400℃ 내지 450℃의 온도범위에서 열간 압연하여 수행되는, 고내식 마그네슘 합금 판재의 제조 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 2차 압연은 20℃ 내지 30℃의 온도범위에서 냉간 압연하여 수행되거나, 또는 상기 2차 압연은 280℃ 내지 320℃의 온도범위에서 온간 압연하여 수행되는, 고내식 마그네슘 합금 판재의 제조 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 1차 압연하는 단계를 수행하기 전에, 상기 합금 주조재를 400℃ 내지 450℃의 온도범위에서 균질화 열처리하는 단계;를 더 포함하는, 고내식 마그네슘 합금 판재의 제조 방법.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 2차 압연하는 단계를 수행한 후에, 250℃ 내지 420℃의 온도범위에서 어닐링하는 단계;를 더 포함하는, 고내식 마그네슘 합금 판재의 제조 방법.

청구항 12

1.0 wt% 이상 내지 7.0 wt% 이하 범위의 알루미늄(Al);

0 wt% 초과 내지 1.0 wt% 이하 범위의 아연(Zn);

0 wt% 초과 내지 0.25 wt% 미만 범위의 망간(Mn);

0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 칼슘(Ca);

0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 이트륨(Y); 및

잔부는 마그네슘(Mg) 및 불가피한 불순물을 포함하는, 고내식 마그네슘 합금.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 마그네슘 합금에 대한 것으로서, 더 상세하게는 상온 성형성이 우수한 고내식 마그네슘 합금, 마그네슘 합금 판재 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 마그네슘 합금은 높은 비강도를 갖는 최경량의 합금으로서 다양한 주조 및 가공 공정에 적용이 가능하며, 자동차, 철도, 항공용 부품이나 전자기 부품 등 경량화가 요구되는 거의 모든 분야에 적용 가능하고 응용범위가 넓다. 하지만 마그네슘 합금은 전기화학적으로 전위가 낮고 상당히 활성적인 금속으로서 산소 혹은 물과 접촉시 강한 활성반응을 보이며, 상용 합금의 경우 발화온도가 대부분 550℃를 넘지 않아 때로는 화재를 일으키기도 하고 염수 분위기에서 부식이 매우 빠르게 진행되는 등 재료의 안정성 및 신뢰성 측면에서 아직 한계를 가진다. 이 때문에 그 용융 잠재력에 비해서 아직 응용 범위가 제한적이며, 특히 안전성을 요구하는 철도 혹은 항공우주 분야에는 기존 상용 마그네슘 합금이 사용될 수 없다.

[0003] 대표적인 마그네슘 상용 가공재인 AZ31 합금 판재는 일반적으로 강한 기저면 집합 조직(basal texture)을 가진다. 그로 인해 상온에서 낮은 성형성을 나타내어 고성형성 판재로서 한계를 나타낸다. 그러나 AZ31도 공정제

어를 통해 약화되거나 압연 방향 또는 직각 방향으로 분산된 집합조직을 얻을 수 있으며 이를 통해 성형성은 향상될 수 있다. 그러나 이를 위해서 상당히 복잡한 공정을 거쳐야 하며 이는 생산성 저하의 원인이 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는, 상온 성형성이 우수한 고내식 마그네슘 합금, 마그네슘 합금 판재 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0005] 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 고내식 마그네슘 합금 판재는, 1.0 wt% 이상 내지 7.0 wt% 이하 범위의 알루미늄(Al); 0 wt% 초과 내지 1.0 wt% 이하 범위의 아연(Zn); 0 wt% 초과 내지 0.25 wt% 미만 범위의 망간(Mn); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 칼슘(Ca); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 이트륨(Y); 및 잔부는 마그네슘(Mg) 및 불가피한 불순물을 포함한다.

[0007] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, (0002) 기저면 극점도의 최대 세기는 판재 압연 방향(RD)의 직각 방향(TD)으로 분산될 수 있다.

[0008] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 6 mm 내지 10 mm 범위의 에릭슨 지수를 가질 수 있다.

[0009] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 2 내지 4 범위의 방위분포함수를 가질 수 있다.

[0010] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 2 mm/year 이하의 부식 속도를 가질 수 있다.

[0011] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 칼슘은 0.3 wt% 내지 0.7 wt%의 범위를 가질 수 있다. 또한, 상기 이트륨은 0.05 wt% 내지 0.5 wt%의 범위를 가질 수 있다.

[0012] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 고내식 마그네슘 합금 판재의 제조 방법은, 1.0 wt% 이상 내지 7.0 wt% 이하 범위의 알루미늄(Al); 0 wt% 초과 내지 1.0 wt% 이하 범위의 아연(Zn); 0 wt% 초과 내지 0.25 wt% 미만 범위의 망간(Mn); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 칼슘(Ca); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 이트륨(Y); 및 잔부는 마그네슘(Mg) 및 불가피한 불순물을 포함하는, 마그네슘 합금 조성물을 제공하는 단계; 상기 마그네슘 합금 조성물을 용해하여 합금 주조재를 형성하는 단계; 상기 합금 주조재를 균질화 열처리 온도 범위에서 1차 압연하는 단계; 및 상기 1차 압연된 마그네슘 합금을 상온에서 2차 압연하는 단계;를 포함한다.

[0013] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 1차 압연은 400℃ 내지 450℃의 온도범위에서 열간 압연하여 수행될 수 있다.

[0014] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 2차 압연은 20℃ 내지 30℃의 온도범위에서 냉간 압연하여 수행될 수 있다. 또는 상기 2차 압연은 280℃ 내지 320℃의 온도범위에서 온간 압연하여 수행될 수 있다.

[0015] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 1차 압연하는 단계를 수행하기 전에, 상기 합금 주조재를 400℃ 내지 450℃의 온도범위에서 균질화 열처리하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 2차 압연하는 단계를 수행한 후에, 250℃ 내지 420℃의 온도범위에서 어닐링하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0017] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 고내식 마그네슘 합금은, 1.0 wt% 이상 내지 7.0 wt% 이하 범위의 알루미늄(Al); 0 wt% 초과 내지 1.0 wt% 이하 범위의 아연(Zn); 0 wt% 초과 내지 0.25 wt% 미만 범위의 망간(Mn); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 칼슘(Ca); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 이트륨(Y); 및 잔부는 마그네슘(Mg) 및 불가피한 불순물을 포함한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 기술적 사상은 난연성, 내식성, 상온 성형성이 우수한 고내식 마그네슘 합금 및 마그네슘 합금 판재를 제공하는 것이다. AZ31 합금과 같은 통상적인 Mg-Al-Zn 계 마그네슘 합금에 칼슘을 첨가하면, 난연성을 향

상시킬 수 있다. 또한, 칼슘을 첨가한 마그네슘 합금을 압연 공정을 수행하고 어닐링 처리하면 집합 조직의 변화를 나타내게 되고, 이러한 변화에 의하여 상온 성형성이 향상된다. 반면, 칼슘을 첨가하면 마그네슘 가공재의 내식성이 저하되므로, 이를 보완하기 위하여 이트륨을 더 첨가한다. 따라서, Mg-Al-Zn 계 마그네슘 합금에 칼슘과 이트륨을 동시에 첨가함으로써, 난연성, 상온성형성 및 내식성이 모두 우수한 마그네슘 합금을 제공할 수 있다.

[0019] 상술한 본 발명의 효과들은 예시적으로 기재되었고, 이러한 효과들에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재에 대한 성형성 향상을 위한 집합 조직 제어를 설명하는 개략도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재를 제조하는 공정으로서, 열간 압연 후 냉간 압연을 수행한 경우를 도시한다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재를 제조하는 공정으로서, 열간 압연 후 온간 압연을 수행한 경우를 도시한다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 냉각 압연 후의 주사전자현미경 미세조직 사진들과 그에 대한 집합조직을 나타내는 극점도들이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 온간 압연 후의 주사전자현미경 미세조직 사진들과 그에 대한 집합조직을 나타내는 극점도들이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 냉간 압연 후 어닐링 조건에 따른 집합조직을 나타내는 극점도들이다.

도 7는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 첨가 원소에 따른 에릭슨 지수 변화를 나타내는 그래프이다.

도 8는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 첨가 원소에 따른 집합조직의 변화를 나타내는 극점도들이다.

도 9 내지 도 11은 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 어닐링 처리에 따른 극점도 변화 거동들을 나타낸다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재에서 이트륨의 고용도를 분석하기 위한 주사전자현미경 사진 및 에너지분산스펙트럼 사진들이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재에서 칼슘과 이트륨의 고용량을 나타낸 그래프이다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재에서 내식성을 나타내는 그래프이다.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재에서 망간 함량에 따른 내식성 변화를 나타내는 사진들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 여러 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 기술적 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.

[0022] 이하에서는, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 바람직한 실시예들에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0023] 본 발명의 기술적 사상은 난연성, 내식성, 상온 성형성이 우수한 고내식 마그네슘 합금 및 마그네슘 합금 판재

를 제공하는 것이다. AZ31 합금과 같은 통상적인 Mg-Al-Zn 계 마그네슘 합금에 칼슘을 첨가하면, 난연성을 향상시킬 수 있다. 또한, 칼슘을 첨가한 마그네슘 합금을 압연 공정을 수행하고 어닐링 처리하면 집합 조직의 변화를 나타내게 되고, 이러한 변화에 의하여 상온 성형성이 향상된다. 반면, 칼슘을 첨가하면 내식성이 저하되므로, 이를 보완하기 위하여 이트륨을 더 첨가한다. 따라서, Mg-Al-Zn 계 마그네슘 합금에 칼슘과 이트륨을 동시에 첨가함으로써, 난연성, 상온성형성 및 내식성이 모두 우수한 마그네슘 합금을 제공할 수 있다.

[0024] 본 발명의 기술적 사상에 따른 상온 성형성이 우수한 고내식 마그네슘 합금은, 상기 합금을 전체 중량으로 하여, 1.0 wt% 이상 내지 7.0 wt% 이하 범위의 알루미늄(Al); 0 wt% 초과 내지 1.0 wt% 이하 범위의 아연(Zn); 0.05 wt% 이상 내지 0.25 wt% 미만 범위의 망간(Mn); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 칼슘(Ca); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 이트륨(Y); 및 잔부는 마그네슘(Mg) 및 불가피한 불순물을 포함한다.

[0025] 본 발명의 기술적 사상에 따른 고내식 마그네슘 합금을 이용하여 고내식 마그네슘 합금 판재를 형성할 수 있다. 상기 고내식 마그네슘 합금 판재는, 1.0 wt% 이상 내지 7.0 wt% 이하 범위의 알루미늄(Al); 0 wt% 초과 내지 1.0 wt% 이하 범위의 아연(Zn); 0 wt% 초과 내지 0.25 wt% 미만 범위의 망간(Mn); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 칼슘(Ca); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 이트륨(Y); 및 잔부는 마그네슘(Mg) 및 불가피한 불순물을 포함한다.

[0026] 상기 고내식 마그네슘 합금 판재는, (0002) 기저면 극점도의 최대 세기가 압연 방향(RD)의 직각 방향(TD)으로 분산될 수 있다. 상기 고내식 마그네슘 합금 판재는, 6 mm 내지 10 mm 범위의 에릭슨 지수를 가질 수 있다. 상기 고내식 마그네슘 합금 판재는, 2 내지 4 범위의 방위분포함수를 가질 수 있다. 상기 고내식 마그네슘 합금 판재는, 2 mm/year 이하의 부식 속도를 가질 수 있다.

[0027] 상기 고내식 마그네슘 합금 판재는, 예를 들어 0.3 wt% 이상 내지 0.7 wt% 이하 범위의 칼슘을 포함할 수 있다. 또한, 상기 고내식 마그네슘 합금 판재는, 예를 들어 0.05 wt% 이상 내지 0.5 wt% 이하 범위의 이트륨을 포함할 수 있다.

[0028] 본 발명의 기술적 사상에 따른 고내식 마그네슘 합금 판재의 제조 방법은, 1.0 wt% 이상 내지 7.0 wt% 이하 범위의 알루미늄(Al); 0 wt% 초과 내지 1.0 wt% 이하 범위의 아연(Zn); 0 wt% 초과 내지 0.25 wt% 미만 범위의 망간(Mn); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 칼슘(Ca); 0.05 wt% 이상 내지 1.0 wt% 이하 범위의 이트륨(Y); 및 잔부는 마그네슘(Mg) 및 불가피한 불순물을 포함하는, 마그네슘 합금 조성물을 제공하는 단계; 상기 마그네슘 합금 조성물을 용해하여 합금 주조재를 형성하는 단계; 상기 합금 주조재를 균질화 열처리 온도 범위에서 1차 압연하는 단계; 및 상기 1차 압연된 마그네슘 합금을 상온에서 2차 압연하여 마그네슘 합금 판재를 제조하는 단계를 포함한다.

[0029] 상기 1차 압연은, 400℃ 내지 450℃의 온도범위에서, 예를 들어 420℃의 온도에서, 열간 압연하여 수행될 수 있다.

[0030] 상기 2차 압연은 상온에서, 예를 들어 20℃ 내지 30℃의 온도범위에서 냉간 압연하여 수행될 수 있다. 또는 상기 2차 압연은, 예를 들어 280℃ 내지 320℃의 온도범위에서 예를 들어 300℃의 온도에서, 온간 압연하여 수행될 수 있다.

[0031] 상기 1차 압연하는 단계를 수행하기 전에, 상기 합금 주조재를, 예를 들어 400℃ 내지 450℃의 온도범위에서, 예를 들어 420℃의 온도에서, 균질화 열처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0032] 상기 2차 압연하는 단계를 수행한 후에, 상기 마그네슘 합금 판재를, 예를 들어 250℃ 내지 420℃의 온도범위에서 어닐링하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 어닐링하는 단계는, 예를 들어 250℃ 내지 320℃의 온도범위에서, 예를 들어 300℃의 온도에서, 1분 내지 120분 동안, 예를 들어 60분 동안 수행될 수 있다. 또는, 상기 어닐링하는 단계는 예를 들어 380℃ 내지 420℃의 온도범위에서, 예를 들어 400℃의 온도에서, 1분 내지 30분 동안, 예를 들어 10분 동안 수행될 수 있다.

[0033] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재에 대한 성형성 향상을 위한 집합 조직 제어를 설명하는 개략도이다.

[0034] 도 1을 참조하면, AZ31 등과 같은 마그네슘 합금 판재는 육방밀집구조(hexagonal close packing)로서 강한 기저면 집합조직(basal texture)을 가지는 것이 일반적이며, 이에 따라 낮은 성형성을 가지게 된다. 따라서, 성형성을 향상시키기 위하여는, 집합조직을 제어할 필요가 있으며, 특히 기저면인 (0002)면의 집합조직을 덜 발달시킬 필요가 있다. 구체적으로, (0002)면 극점도의 최대 세기 부분이 압연 방향(rolling direction, RD)이 아닌

직각 방향(transverse direction, TD)으로 분산시키는 것이 유리하다. 상기 AZ31의 경우, 공정 제어를 통해 기저면 집합조직을 약화시키거나, 또는 압연 방향(RD)와 직각 방향(TD)으로 분산된 집합조직을 구현하여 성형성을 향상시킬 수 있으나, 상당히 복잡한 공정을 필요로 하면, 결과적으로 생산성 감소를 야기할 수 있다.

[0035] 상기 AZ31이 3 ㎜ 내지 4 ㎜ 수준의 에릭센 지수(Erichsen Index)를 가지는 반면, 고성형성 합금계로 주목받고 있는, Mg-희토류 혹은 Mg-Zn 합금계는 6 ㎜ 내지 10 ㎜ 수준의 상대적으로 높은 에릭센 지수를 가지므로, 이는 직각 방향(TD)으로 발달한 집합조직을 가짐을 의미한다. 여기에서, 에릭슨 지수가 상대적으로 클수록 성형성이 좋아짐을 의미한다.

[0036] 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재는, 에릭센 시험(Limiting Dome Height Test)을 수행한 결과, 상술한 조성을 만족하면서 냉간 압연을 수행할 경우에 집합조직의 변화가 발생하는 것을 알 수 있다. 상기 집합조직의 변화는 전단 밴드(shear band), 압연 방향(RD) 배열에 변화가 발생하는데 이는 프리즘 형태의 <c+a> 슬립에 의해 미립자가 회전함에 따라 발생하게 되며, 상기 집합조직의 재결정화가 이루어진다. 따라서, (0002)면 극점도상에서 최대 크기가 직각 방향(TD)으로 분산된 형태의 완화된 집합조직을 가지게 할 수 있다.

[0037] 이하에서는, 본 발명의 이해를 돕기 위한 실시예들을 설명한다. 다만, 하기의 실험예들은 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 아래의 실시예들만으로 한정되는 것은 아니다.

[0038] <실험예>

[0039] 본 발명의 실험예에 따른 상온 성형성이 우수한 고내식 마그네슘 판재용 합금 샘플을 제조하였다. 상기 샘플의 화학성분은 아래 표 1에 정리하였다.

표 1

[0040]

실험예	성분 (wt%)					
	Mg	Al	Zn	Mn	Ca	Y
비교예 1	Bal.	3	0.7	0.1	-	-
비교예 2	Bal.	3	0.7	0.1	0.7	-
비교예 3	Bal.	3	0.7	0.1	-	0.2
비교예 4	Bal.	3	0.7	-	0.5	0.2
비교예 5	Bal.	3	0.7	0.25	0.5	0.2
실시예 1	Bal.	3	0.7	0.1	0.1	0.2
실시예 2	Bal.	3	0.7	0.1	0.1	0.5
실시예 3	Bal.	3	0.7	0.1	0.3	0.5
실시예 4	Bal.	3	0.7	0.1	0.3	0.2
실시예 5	Bal.	3	0.7	0.1	0.5	0.2
실시예 6	Bal.	3	0.7	0.1	0.7	0.2
실시예 7	Bal.	3	0.7	0.05	0.5	0.2

[0041] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재를 제조하는 공정으로서, 열간 압연 후 냉간 압연을 수행한 경우를 도시한다.

[0042] 도 2를 참조하면, 상기 표 1에 정리된 성분을 포함하는 마그네슘 합금 용탕을 중력 주조하여 마그네슘 합금 주조재를 제조하였다. 상기 주조 공정은 CO_2와 SF_6 혼합가스 분위기 하에서, 약 200℃의 온도로 예열된 주형을 이용하여, 약 720℃의 용탕 온도에서 수행되었다. 이어서, 상기 마그네슘 합금 주조재는 450℃의 온도에서 약 24시간 동안 균질화 열처리를 수행하고, 수냉(water quenching, WQ)하였으며, 이에 따라 약 15㎜ 두께를 가지는 슬라브 형태의 마그네슘 합금 주조재가 제조되었다.

[0043] 상기 마그네슘 합금 주조재를 열간 압연을 수행하여, 90% 압연율로서 약 1.4 ㎜ 두께를 가지는 마그네슘 합금 열간 압연재를 형성하였다. 상기 열간 압연 조건은 420℃의 온도에서 1 패스 당 10% 압연율로 1 패스 및 25~30% 압연율로 7 패스 수행하였다. 열간 압연을 수행한 후에, 공냉(air quenching, AQ)을 수행하여 마그네슘 합금 열간 압연재를 형성하였다.

[0044] 이어서, 연속적으로 상기 마그네슘 합금 열간 압연재에 냉간 압연을 수행하여 약 1.2 ㎜ 두께를 가지는 마그네슘 합금 냉간 압연재를 형성하였다. 이에 따라, 총 압연율은 92%가 되었다. 상기 냉간 압연 조건은 상온에서 2~3% 압연율로 7 패스 수행하였다.

[0045] 상기 냉간 압연 공정을 수행한 후, 약 400℃의 온도에서 약 10분 동안 어닐링을 수행하거나, 약 300℃의 온도에서 약 60분 동안 어닐링을 수행하여, 고내식 마그네슘 합금 판재를 형성하였다.

[0046] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재를 제조하는 공정으로서, 열간 압연 후 온간 압연을 수행한 경우를 도시한다.

[0047] 도 3은 참조하면, 도 2를 참조하여 상술한 바와 같이 제조한 마그네슘 합금 주조재를 형성한다. 상기 마그네슘 합금 주조재에 열간 압연을 수행하여, 73% 압연율로서 약 4 ㎜ 두께를 가지는 마그네슘 합금 열간 압연재를 형성하였다. 상기 열간 압연 조건은 420℃의 온도에서 1 패스 당 10% 압연율로 2 패스 및 25~30% 압연율로 2 패스 수행하였다. 열간 압연을 수행한 후에, 공냉(AQ)을 수행하여 마그네슘 합금 열간 압연재를 형성하였다.

[0048] 이어서, 연속적으로 상기 마그네슘 합금 열간 압연재에 온간 압연을 수행하여 약 1.2㎜ 두께를 가지는 마그네슘 합금 냉간 압연재를 형성하였다. 이에 따라, 총 압연율은 92%가 되었다. 상기 냉간 압연 조건은 300℃의 온도에서 약 20% 압연율로 7 패스 수행하였다. 이때, 1 패스 당 최대 10% 내지 20% 압연율로 수행하였다. 온간 압연을 수행한 후에 공냉(AQ)을 수행하여 마그네슘 합금 온간 압연재를 형성하였다.

[0049] 상기 온간 압연 공정을 수행한 후, 약 400℃의 온도에서 약 10분 동안 어닐링을 수행하거나, 약 300℃의 온도에서 약 60분 동안 어닐링을 수행하여, 고내식 마그네슘 합금 판재를 형성하였다.

[0050] 상기 고내식 마그네슘 합금 판재에 대하여 주사전자현미경(Scanning electron Microscope)을 이용하여 압연에 따른 미세조직을 관찰하였다. 또한, 상기 고내식 마그네슘 합금 판재에 대하여 에릭센 시험(Limiting Dome Height Test)를 이용하여 집합조직을 비교 분석하였다. 또한, 상기 고내식 마그네슘 합금 판재에 대하여 내부식성 침지 테스트를 수행하였다.

[0051] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 냉각 압연 후의 주사전자현미경 미세조직 사진들과 그에 대한 집합조직을 나타내는 극점도들이다.

[0052] 도 4를 참조하면, 비교예1, 비교예2, 비교예3 및 실시예5에 대하여 상온에서 냉간 압연 후 400℃의 온도에서 약 10분 동안 어닐링을 수행한 고내식 마그네슘 합금 판재들에 대한 주사전자현미경 미세조직들과 극점도들이 나타나있다. 상기 극점도들에서 표시된 숫자는 (0002)면의 방위분포함수(ODF)로서, (0002)면이 얼마나 많이 발달해 있는지를 확인하는 지수이다. 즉, (0002)면의 방위분포함수의 수치가 클수록 집합조직이 완화되지 않음을 의미하며, 따라서, 성형성을 위하여는 상기 방위분포함수의 수치가 낮은 것이 바람직하다. 비교예1, 비교예2, 비교예3에 비하여 실시예5의 방위분포함수가 2.8로서 상대적으로 낮은 수치를 가지며, 따라서 실시예5의 성형성이 우수함을 알 수 있다.

[0053] 칼슘을 포함하지 않은 비교예1에 비하여 칼슘을 포함하는 비교예2는 낮은 방위분포함수를 가지므로, 칼슘 첨가에 의하여 성형성이 개선됨을 알 수 있다. 또한, 칼슘을 포함하는 경우에는 직각 방향(TD)으로의 분산을 명확하게 보여준다. 반면, 이트륨을 포함하지 않는 비교예1에 비하여 이트륨을 포함하는 비교예3은 방위분포함수가 오히려 증가되었고, 직각 방향(TD)으로의 분산 또한 이루어지지 않음을 알 수 있다. 그러나, 칼슘과 이트륨을 함께 가지는 실시예5는 비교예1 및 비교예3에 비하여 낮은 방위분포함수를 가지고 직각 방향(TD)으로의 분산도 나타내므로, 성형성이 개선됨을 알 수 있다.

[0054] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 온간 압연 후의 주사전자현미경 미세조직 사진들과 그에 대한 집합조직을 나타내는 극점도들이다.

[0055] 도 5를 참조하면, 비교예1, 비교예2, 비교예3 및 실시예5에 대하여 300℃의 온도에서 온간 압연 후 400℃의 온도에서 약 10분 동안 어닐링을 수행한 고내식 마그네슘 합금 판재들에 대한 주사전자현미경 미세조직들과 극점도들이 나타나있다. 온간 압연을 수행한 경우에는, 도 4의 결과와는 상이하게, 칼슘과 이트륨을 함께 포함하는 실시예5에서만이 방위분포함수의 감소를 나타내고, 직각 방향(TD)으로의 분산도 나타낸다. 즉, 칼슘 만을 포함하는 비교예2는 성형성 개선 효과가 나타나지 않는다.

[0056] 도 4와 도 5를 다시 참조하면, 온간 압연을 수행한 경우에 비하여 냉간 압연을 수행한 경우에 더 낮은 방위분포함수를 가짐을 알 수 있다. 따라서, 집합조직의 완화측면에서 냉간 압연이 온간 압연에 비해 더 유리함을 알 수 있다.

[0057] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 냉간 압연 후 어닐링 조건에 따른 집합조직을 나타내는 극점도들이다.

[0058] 도 6을 참조하면, 어닐링 조건으로서, 400℃에서 10분 동안 어닐링을 수행한 경우과 300℃에서 60분 동안 어닐링을 수행한 경우에 대한 극점도가 나타나 있다. 비교예1에서는 300℃ 어닐링에서 방위분포함수가 증가되었고, 비교예2 및 비교예3 에서는 300℃ 어닐링에서 방위분포함수가 감소되었다.

[0059] 칼슘을 포함하지 않는 비교예1에 비하여 칼슘을 포함하는 실시예2, 실시예5, 실시예6은 400℃ 어닐링 조건 및 300℃ 어닐링 조건 모두에서 방위분포함수가 감소되었다. 0.1 wt% 칼슘을 포함하는 실시예2에서는 400℃ 어닐링 조건 및 300℃ 어닐링 조건에서 동일한 방위분포함수 값을 나타내었다. 반면, 0.5 wt% 칼슘을 포함하는 실시예5 및 0.7 wt% 칼슘을 포함하는 실시예6에서는 400℃ 어닐링 조건에 비하여 300℃ 어닐링 조건에서 방위분포함수가 낮은 값을 나타내었고, 직각 방향(TD)의 분산도 더 두드러지게 나타났다. 즉, 0.5 wt% 이상의 칼슘을 포함하는 경우에는, 400℃의 온도에서 10분 동안 어닐링한 샘플들에 비하여 300℃의 온도에서 60분 동안 어닐링한 샘플들이 어닐링에 의한 집합조직의 변화가 상대적으로 더 커짐을 알 수 있다.

[0060] 반면, 이트륨은 0.5 wt% 첨가된 실시예2의 결과를 고려하면, 집합조직 완화에 대한 실질적인 영향을 주지 않는 것으로 분석되고, 하기에 상술하는 바와 같이 내식성 증가 효과를 제공할 수 있다.

[0061] 도 7는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 첨가 원소에 따른 에릭슨 지수 변화를 나타내는 그래프이다.

[0062] 도 7에서, "AZ31"은 알루미늄, 아연, 망간을 포함하고, 칼슘과 이트륨을 포함하지 않는 마그네슘 합금 판재를 나타내고, 표 1의 비교예1에 상응한다. "AZX"는 알루미늄, 아연, 망간을 포함하고, 또한 칼슘을 더 포함하는 마그네슘 합금 판재를 나타내고, 0.5 wt%, 0.7 wt%, 및 1 wt%의 칼슘을 각각 포함한다. 예를 들어, "AZX(0.7)"은 표 1의 비교예2에 상응한다. "AZW"는 알루미늄, 아연, 망간을 포함하고, 또한 이트륨을 더 포함하는 마그네슘 합금 판재를 나타내고, 0.2 wt%, 0.5 wt%, 0.7 wt%, 1 wt%, 및 3 wt%의 이트륨을 각각 포함한다. 예를 들어, "AZW(0.2)"는 표 1의 비교예3에 상응한다. 상기 실시예들은, 알루미늄, 아연, 망간을 포함하고, 또한 칼슘과 이트륨을 더 포함하는 마그네슘 합금 판재를 나타낸다. "AZXW0502"는 0.5 wt% 칼슘 및 0.2 wt% 이트륨을 포함하고, 표 1의 실시예5에 상응한다. "AZXW0505"는 0.5 wt% 칼슘 및 0.5 wt% 이트륨을 포함하고, "AZXW0510"는 0.5 wt% 칼슘 및 1 wt% 이트륨을 포함하고, "AZXW0705"는 0.7 wt% 칼슘 및 0.5 wt% 이트륨을 포함하고, "AZXW0710"은 0.7 wt% 칼슘 및 1 wt% 이트륨을 포함한다.

[0063] 도 7을 참조하면, 냉각 압연을 수행한 후에 300℃의 온도에서 약 60분 동안 어닐링을 수행한 마그네슘 합금 판재들에 대한 에릭센 지수(Erichsen Index, I.E)가 나타나 있다. 상기 에릭슨 지수가 높을수록 성형성이 우수함을 의미한다. 칼슘을 단독으로 첨가한 경우에는, 에릭슨 지수가 6 mm 내지 7.5 mm의 수치를 보이는 바, 3.8 mm 정도의 상기 AZ31에 비교하여, 에릭슨 지수가 증가됨을 알 수 있다. 이트륨을 단독으로 첨가한 경우, 상기 AZ31에 비교하여 에릭슨 지수가 다소 증가되었으나, 칼슘 단독 첨가의 경우보다 증가 정도가 작음을 알 수 있다.

[0064] 반면, 칼슘과 이트륨을 동시에 첨가한 경우에는 에릭슨 지수가 6 mm 내지 8.1 mm의 수치를 보이는 바, 상기 AZ31에 비교하여, 에릭슨 지수가 증가됨을 알 수 있다. 따라서, 칼슘 첨가에 의하여 성형성이 증가됨을 알 수 있고, 칼슘과 이트륨을 함께 첨가한 경우에도 칼슘에 의한 성형성 증가가 이트륨에 의하여 저하되지 않음을 알 수 있다. 이러한 결과는 도 4 내지 도 6을 참조하여 설명한 결과와 일치한다.

[0065] 도 8는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 첨가 원소에 따른 집합조직의 변화를 나타내는 극점도들이다.

[0066] 도 8을 참조하면, 칼슘을 첨가한 경우, 극점도에서 직각 방향(TD)의 분산이 두드러지게 나타남을 알 수 있고, 이는 고내식 마그네슘 합금 판재의 성형성이 증가됨을 의미한다.

[0067] 도 9 내지 도 11은 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재의 어닐링 처리에 따른 극점도 변화 거동들을 나타낸다.

[0068] 도 9 내지 도 11에서, 상기 마그네슘 합금 판재들은 냉각 압연을 수행한 후에 300℃ 에서 60분 동안 어닐링을 수행하였다. 도 9의 "AZ31"은 칼슘과 이트륨을 포함하지 않는 마그네슘 합금 판재를 나타내고, 도 10의 "AZX(0.5)"는 0.5 wt% 칼슘을 포함하는 마그네슘 합금 판재를 나타내고, 도 11의 "AZW(1)"은 1 wt% 이트륨을 포함하는 마그네슘 합금 판재를 나타낸다.

[0069] 도 9를 참조하면, 칼슘과 이트륨을 포함하지 않는 마그네슘 합금 판재는, 냉간 압연 후에 비하여 어닐링 처리 후에는 압연 방향(RD) 배열에서 집합조직의 완화가 다소 발생하였고, 5도 정도의 전이(shift)가 발생하였다.

반면, 직각 방향(TD) 배열에서는 집합조직의 완화 및 전이가 거의 발생하지 않았다. 따라서, 상온 성형성에 유리한 집합조직으로 변화되지 않음을 알 수 있다.

[0070] 도 10을 참조하면, 0.5 wt% 칼슘을 포함하는 마그네슘 합금 판재는, 냉간 압연 후에 비하여 어닐링 처리 후에는 압연 방향(RD) 배열에서 약 50% 감소되는 집합조직의 완화가 발생하였고, 5도 정도의 전이가 발생하였다. 반면, 직각 방향(TD) 배열에서는 집합조직의 완화가 거의 발생하지 않았으나, 15도 정도의 전이가 발생하여 새로운 패턴이 형성되었다. 이러한 변화는 프리즘 형태의 슬립에 의한 직각 방향(TD) 기반 변형 결정립에 의하거나 또는 전단 밴드(shear band)에 의하여 형성된 것으로 분석된다. 즉, 칼슘이 첨가되면, 직각 방향(TD)으로 분산되는 극점도 형태를 나타내므로, 상온 성형성을 개선시킬 수 있다.

[0071] 도 11을 참조하면, 1 wt% 이트륨을 포함하는 마그네슘 합금 판재는, 냉간 압연 후에 비하여 어닐링 처리 후에는 압연 방향(RD) 배열에서 약 26% 감소되는 집합조직의 완화가 발생하였고, 5도 정도의 전이가 발생하였다. 반면, 직각 방향(TD) 배열에서는 집합조직의 완화 및 전이가 거의 발생하지 않았다. 따라서, 상온 성형성에 유리한 집합조직으로 변화되지 않음을 알 수 있다.

[0072] 도 12는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재에서 이트륨의 고용도를 분석하기 위한 주사전자현미경 사진 및 에너지분산스펙트럼 사진들이다.

[0073] 도 12에서, 상기 마그네슘 합금 판재는 1 wt%의 이트륨을 포함하며, 표 2에 각 위치에 고용된 구성 원소의 함량이 나타나 있다.

표 2

[0074]

위치	성분 (wt%)				
	Mg	Al	Mn	Zn	Y
A	96.86	2.53	0.07	0.32	0.23
B	97.74	2.00	0.00	0.26	0.00
C	97.60	2.11	0.00	0.29	0.00
D	97.50	2.16	0.04	0.30	0.00

[0075] 도 12와 표 2를 참조하면, 전체 면적을 지칭하는 "A"지점에서는 이트륨이 0.26 wt% 검출되는 반면, 마그네슘 기지를 나타내는 "B"지점, "C"지점, 및 "D"지점에서는 이트륨이 전혀 검출되지 않았다. 즉, 이트륨은 마그네슘 기지에 고용되지 않으며, 대신에 알루미늄이 존재하는 영역 부근에 이트륨이 거의 동일하게 분포하는 것으로 나타나므로, 알루미늄과 이트륨이 서로 반응하여 2차상을 형성하는 것으로 분석된다. 이와 같이, 이트륨은 마그네슘 기지에 고용되지 못함에 따라 집합조직의 변화를 야기하지 못하는 것으로 분석된다.

[0076] 도 13은 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재에서 칼슘과 이트륨의 고용량을 나타낸 그래프이다.

[0077] 도 13을 참조하면, 프리즘 형태의 슬립 활성화 및 성형성 향상에 기여하는 칼슘의 고용량을 0.03wt%로 정하고, <c+a> 슬립 활성화에 기여하는 이트륨의 고용량을 1wt% 내지 3wt%로 계산되었다. 여기에서, 칼슘은 상기 계산된 수치보다 상대적으로 더 높은 양의 고용도를 가짐을 확인할 수 있다.

[0078] 도 14는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재에서 내식성을 나타내는 그래프이다.

[0079] 도 14에서, "AZ31"은 알루미늄, 아연, 망간을 포함하고, 칼슘과 이트륨을 포함하지 않는 마그네슘 합금 판재를 나타내고, 표 1의 비교예1에 상응한다. "AZX"는 알루미늄, 아연, 망간을 포함하고, 또한 칼슘을 더 포함하는 마그네슘 합금 판재를 나타내고, 0.7 wt%의 칼슘을 포함한다. 예를 들어, "AZX(0.7)"은 표 1의 비교예2에 상응한다. "AZW"는 알루미늄, 아연, 망간을 포함하고, 또한 이트륨을 더 포함하는 마그네슘 합금 판재를 나타내고, 0.2 wt% 및 0.5 wt%의 이트륨을 각각 포함한다. 예를 들어, "AZW(0.2)"는 표 1의 비교예3에 상응한다. 상기 실시예들은, 알루미늄, 아연, 망간을 포함하고, 또한 칼슘과 이트륨을 더 포함하는 마그네슘 합금 판재를 나타낸다. 뒤에 붙은 숫자들은 칼슘과 이트륨의 함량을 각각 나타낸다. 예를 들어, "AZXW0102"는 0.1 wt% 칼슘 및 0.2 wt% 이트륨을 포함하고, 표 1의 실시예1에 상응한다.

[0080] 도 14를 참조하면, 냉각 압연을 수행한 후에 300℃의 온도에서 약 60분 동안 어닐링을 수행한 마그네슘 합금 판재들에 대한 부식 속도가 나타나있다. 상기 부식 속도는 0.6M NaCl 수용액에 25℃에서 72시간 침지한 후에 구한 값이다. 칼슘을 개별 첨가하는 경우에는 상기 AZ31에 비해 두 배 이상의 수준으로 부식 속도가 증가하였고,

따라서 내식성이 저하됨을 알 수 있다. 반면, 이트륨을 개별 첨가하는 경우에는 상기 AZ31에 비해 절반 이상의 수준으로 부식 속도가 감소하였고, 내식성이 증가됨을 알 수 있다.

[0081] 반면, 실시예들과 같이 칼슘과 이트륨을 동시에 첨가한 경우에는, 이트륨을 단독으로 첨가한 경우와 유사하게 부식 속도가 감소하였고, 내식성이 증가됨을 알 수 있다. 또한, 0.5 wt% 이트륨을 포함하는 경우가 0.2 wt% 이트륨을 포함하는 경우에 비하여 더 낮은 부식 속도 및 더 우수한 내식성을 나타내었다. 또한, 0.2 wt% 이트륨을 포함하는 경우에는 칼슘 함량이 증가됨에 따라 부식 속도가 증가되었으나, 0.5 wt% 이트륨을 포함하는 경우에는 칼슘 함량이 증가되어도 부식 속도가 증가되지 않았다. 또한, 도 8의 극점도를 참조하면, 1 wt%의 이트륨을 포함하는 경우에도 칼슘 함량이 증가되어도 부식 속도가 증가되지 않을 것으로 예상된다. 따라서, 이트륨 첨가에 의하여 내식성이 증가됨을 알 수 있고, 칼슘과 이트륨을 함께 첨가한 경우에도 이트륨에 의한 내식성 증가가 칼슘에 의한 내식성 저하는 보완할 수 있음을 알 수 있다.

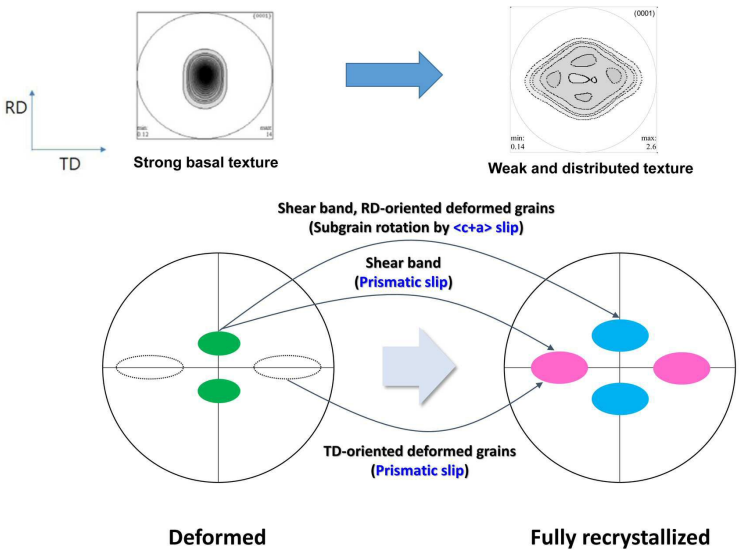
[0082] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른, 고내식 마그네슘 합금 판재에서 망간 함량에 따른 내식성 변화를 나타내는 사진들이다.

[0083] 도 15를 참조하면, 상기 내식성 변화는 0.6M NaCl 수용액에 25℃에서 72시간 침지하여 수행하였다. 망간을 추가하지 않은 비교예4에는 부식이 심하게 발생하였다. 반면, 망간 함량이 0.05 wt% 실시예7 및 0.1 wt% 인 실시예5에는 부식 현상이 거의 발생하지 않았다. 그러나, 일반 상용 마그네슘 합금 수준의 망간 함량인 0.25 wt%가 첨가된 비교예5에서는 부식 현상이 저하되었다. 따라서, 마그네슘 합금의 내식성을 고려하면, 망간 함량은, 예를 들어 0 wt% 초과 내지 0.25 wt% 미만 범위인 것이 바람직하며, 예를 들어 0.05 wt% 내지 0.15 wt%, 더 바람직하게는 0.05 wt% 내지 0.1wt% 범위일 수 있다.

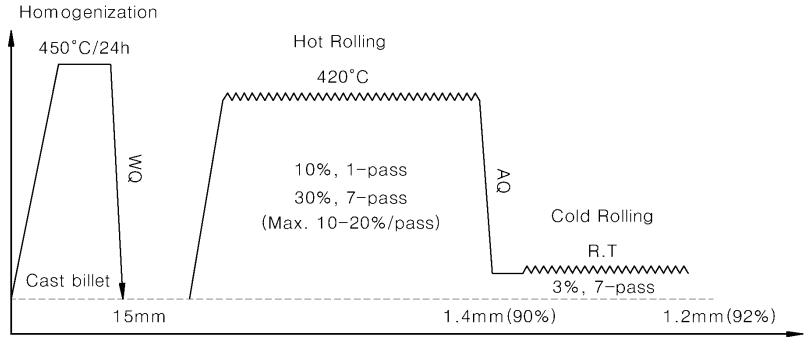
[0084] 이상에서 설명한 본 발명의 기술적 사상이 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은, 본 발명의 기술적 사상이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

도면

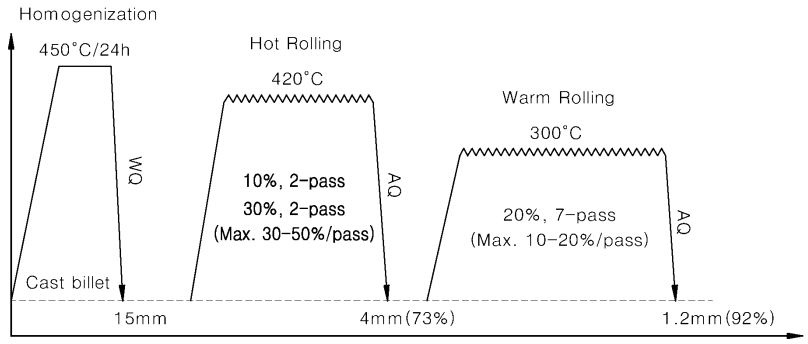
도면1



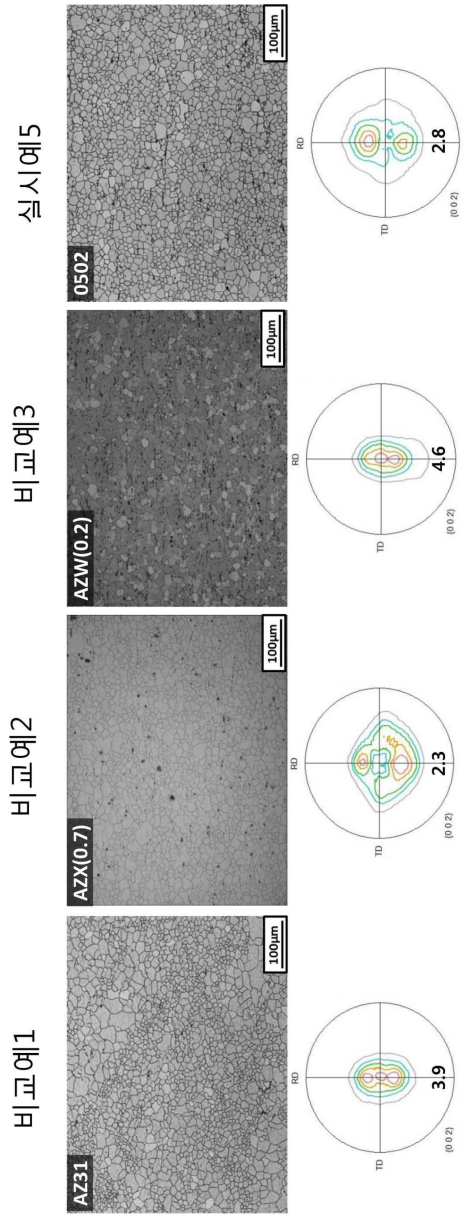
도면2


Homogenization
450°C/24h
WQ
Cast billet
15mm
Hot Rolling
420°C
10%, 1-pass
30%, 7-pass
(Max. 10-20%/pass)
AQ
1.4mm(90%)
Cold Rolling
R.T
3%, 7-pass
1.2mm(92%)

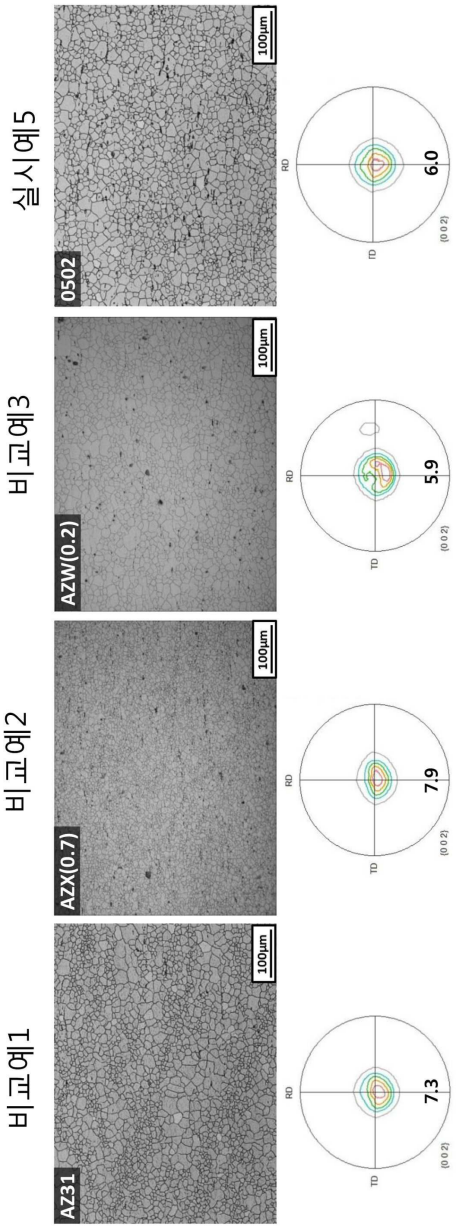
도면3


Homogenization
450°C/24h
WQ
Cast billet
15mm
Hot Rolling
420°C
10%, 2-pass
30%, 2-pass
(Max. 30-50%/pass)
AQ
4mm(73%)
Warm Rolling
300°C
20%, 7-pass
(Max. 10-20%/pass)
AQ
1.2mm(92%)

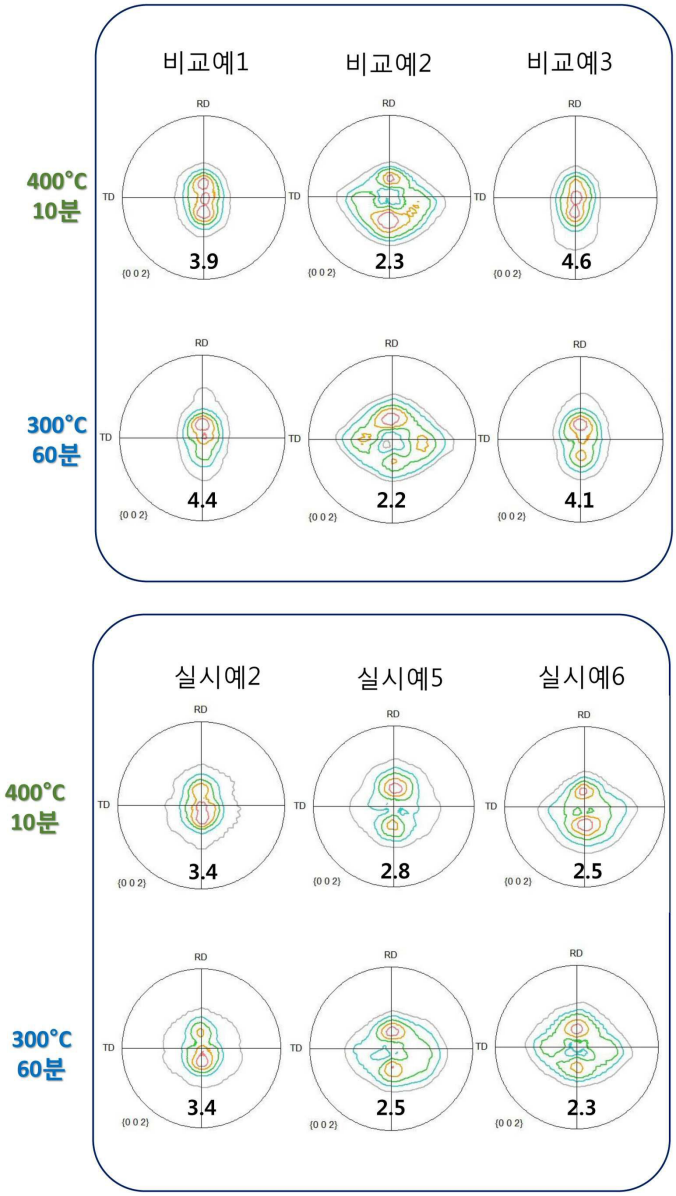
도면4


비교예1
비교예2
비교예3
실시예5
AZ31
AZX(0.7)
AZW(0.2)
0502
100μm
RD
TD
(0 0 2)
3.9
2.3
4.6
2.8

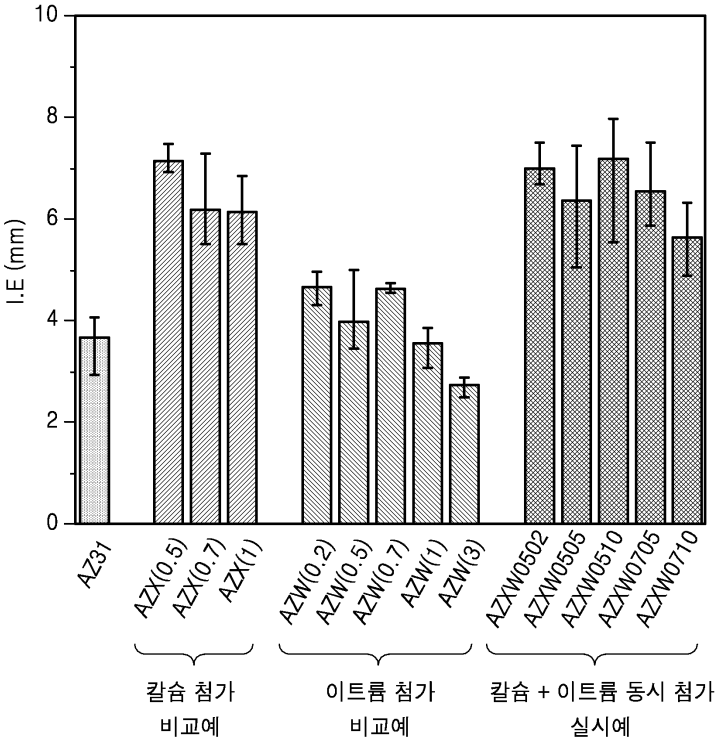
도면5


비교예1
AZ31
100μm
RD
TD
(0 0 2)
7.3
비교예2
AZX(0.7)
100μm
RD
TD
(0 0 2)
7.9
비교예3
AZW(0.2)
100μm
RD
TD
(0 0 2)
5.9
실시예5
0502
100μm
RD
TD
(0 0 2)
6.0

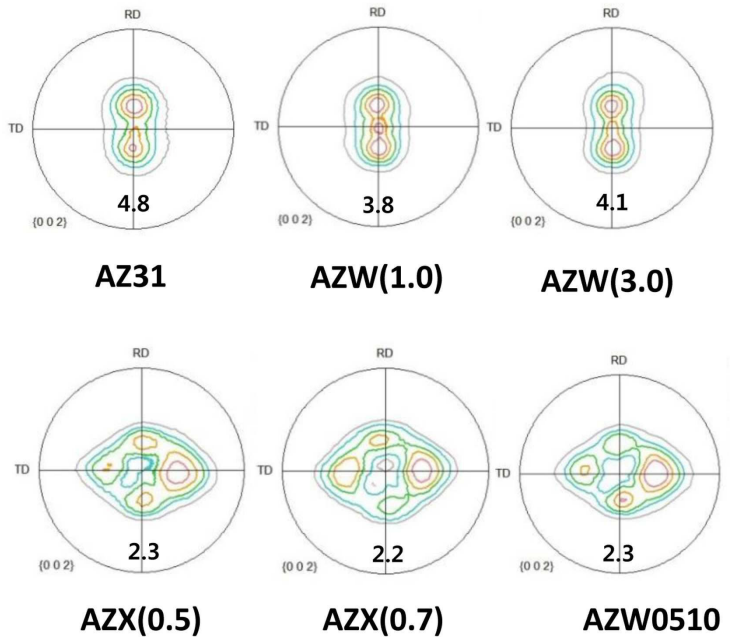
도면6


비교예1
비교예2
비교예3
400°C
10분
300°C
60분
RD
TD
{0 0 2}
3.9
2.3
4.6
4.4
2.2
4.1
실시예2
실시예5
실시예6
400°C
10분
300°C
60분
3.4
2.8
2.5
3.4
2.5
2.3

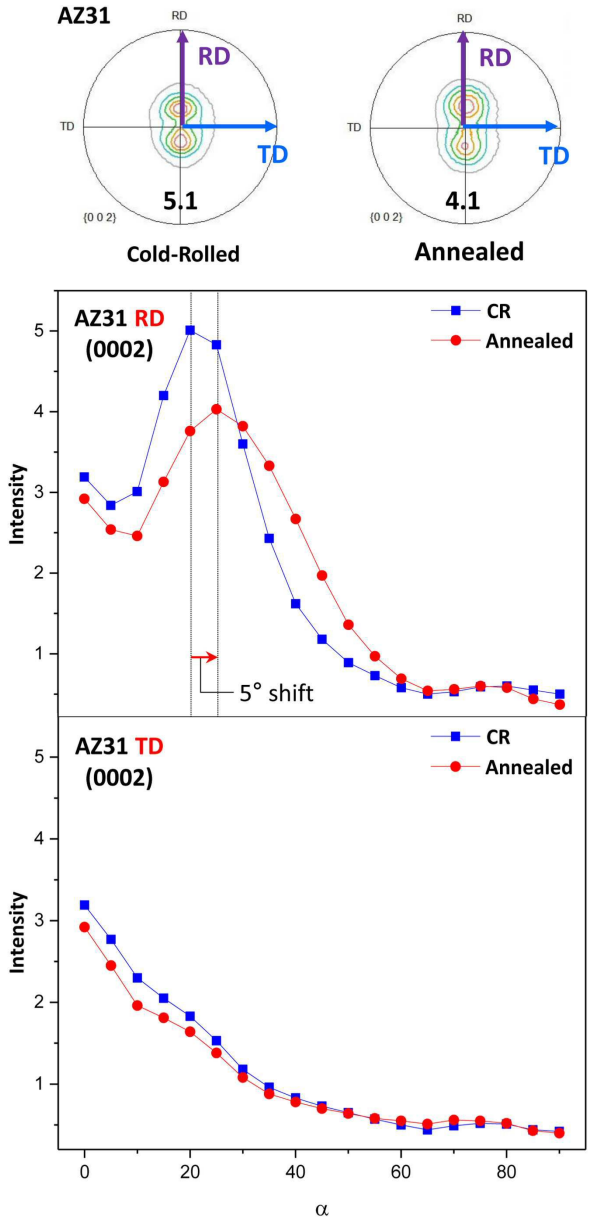
도면7


10
8
6
4
2
0
I.E (mm)
AZ31
AZX(0.5)
AZX(0.7)
AZX(1)
AZW(0.2)
AZW(0.5)
AZW(0.7)
AZW(1)
AZW(3)
AZXW0502
AZXW0505
AZXW0510
AZXW0705
AZXW0710
칼슘 첨가
비교예
이트륨 첨가
비교예
칼슘 + 이트륨 동시 첨가
실시예

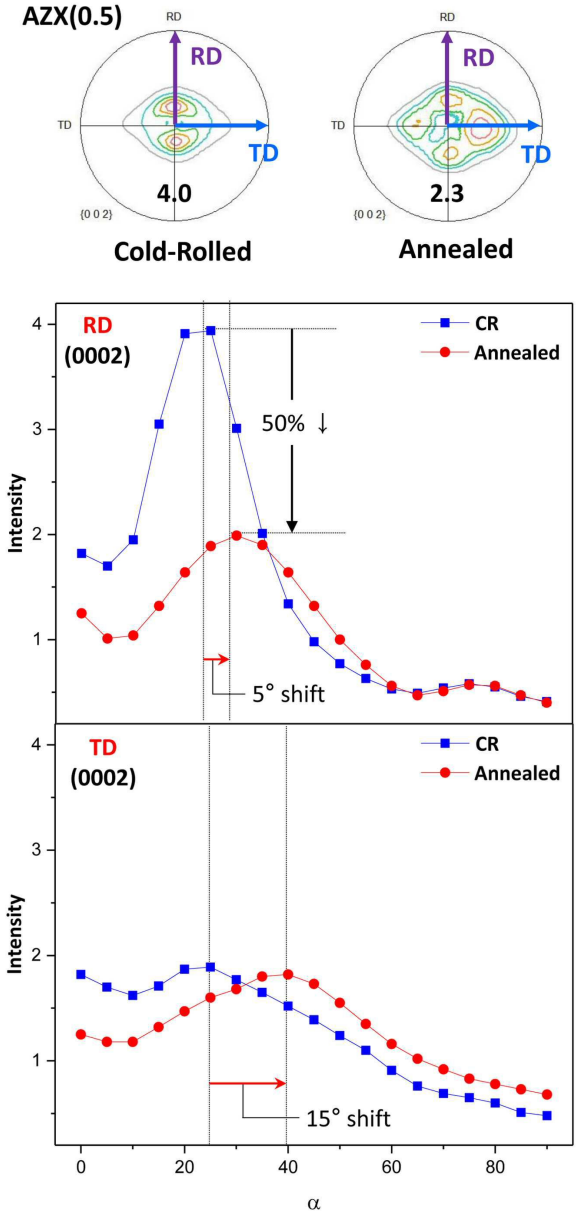
도면8


RD
TD
{0 0 2}
4.8
AZ31
3.8
AZW(1.0)
4.1
AZW(3.0)
2.3
AZX(0.5)
2.2
AZX(0.7)
2.3
AZW0510

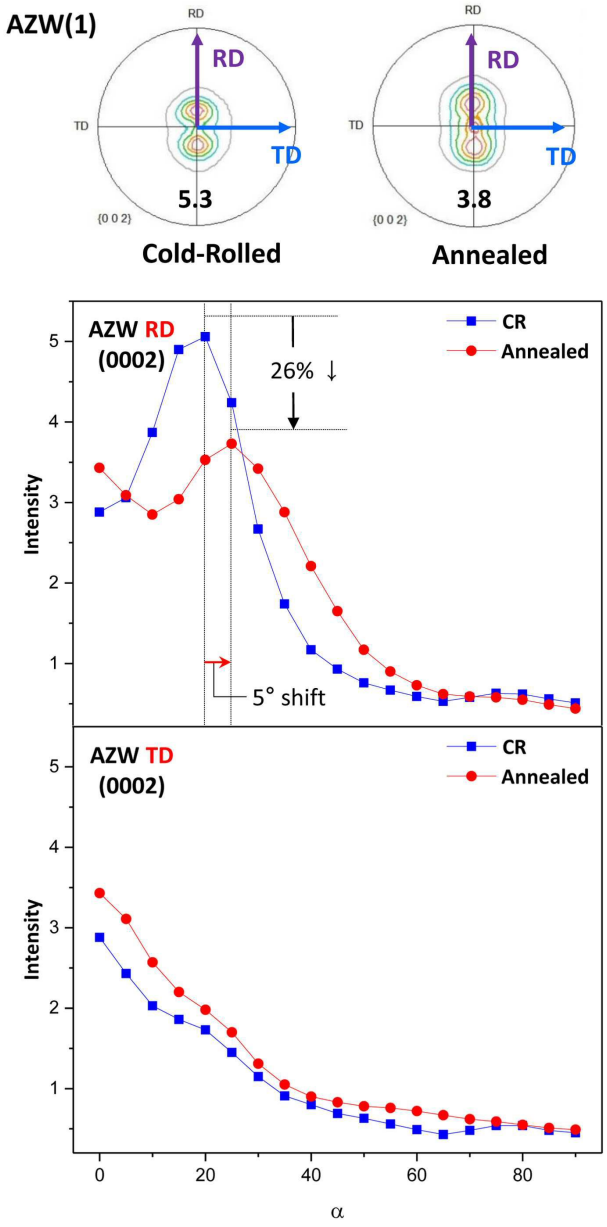
도면9


AZ31
RD
TD
5.1
{0 0 2}
Cold-Rolled
4.1
Annealed
AZ31 RD
(0002)
CR
Annealed
5° shift
AZ31 TD
(0002)
Intensity
α

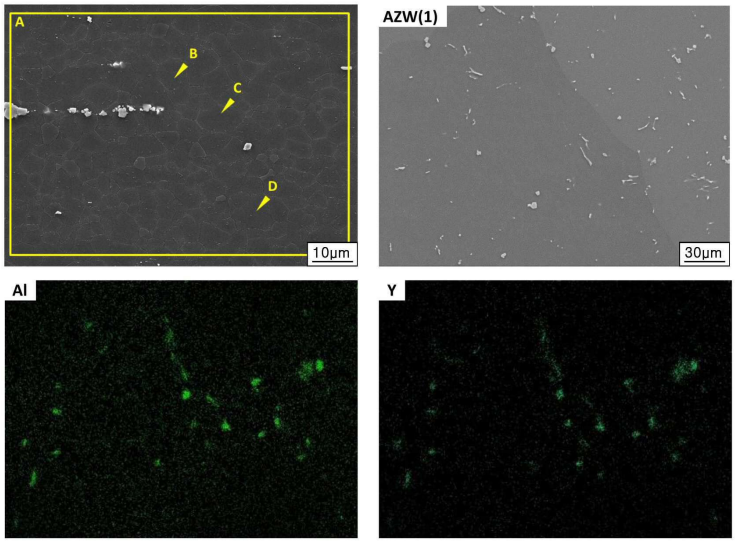
도면10


AZX(0.5)
RD
TD
4.0
{0 0 2}
Cold-Rolled
2.3
Annealed
RD
(0002)
CR
Annealed
50% ↓
5° shift
TD
(0002)
15° shift
Intensity
α

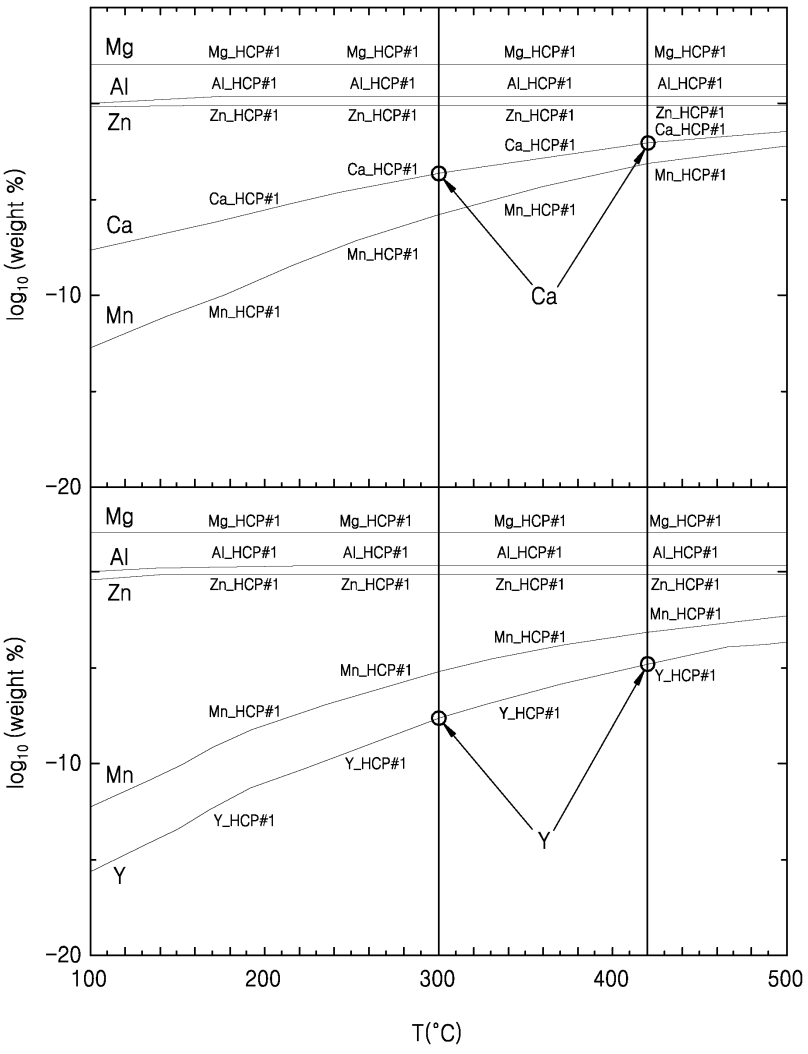
도면11


AZW(1)
RD
TD
5.3
{0 0 2}
Cold-Rolled
3.8
Annealed
AZW RD
(0002)
CR
Annealed
26% ↓
5° shift
Intensity
AZW TD
(0002)
α

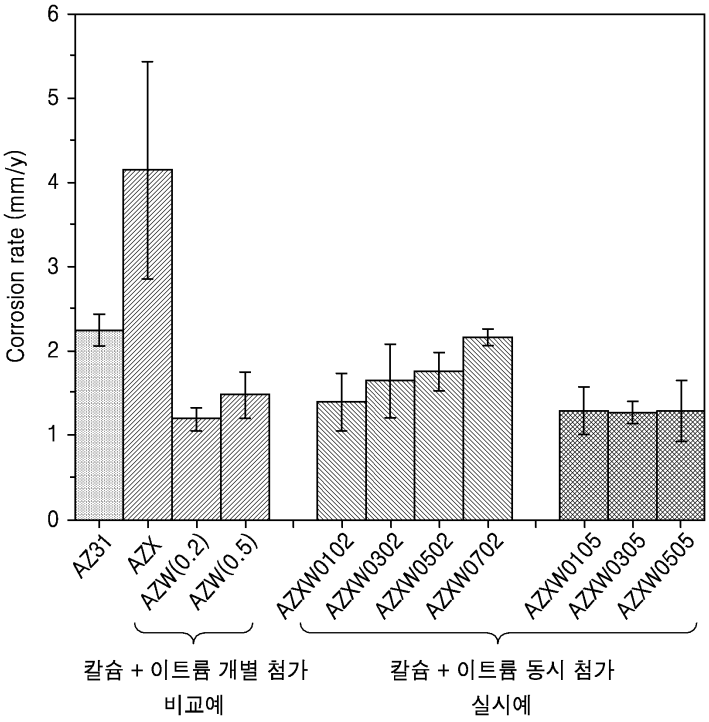
도면12


A
B
C
D
10μm
AZW(1)
30μm
Al
Y

도면13


Mg
Al
Zn
Ca
Mn
Mg_HCP#1
Al_HCP#1
Zn_HCP#1
Ca_HCP#1
Mn_HCP#1
Ca
Y
Y_HCP#1
log10 (weight %)
−10
−20
100
200
300
400
500
T(°C)

도면14


Corrosion rate (mm/y)
0
1
2
3
4
5
6
AZ31
AZX
AZW(0.2)
AZW(0.5)
AZXW0102
AZXW0302
AZXW0502
AZXW0702
AZXW0105
AZXW0305
AZXW0505
칼슘 + 이트륨 개별 첨가
비교예
칼슘 + 이트륨 동시 첨가
실시예

도면15

