



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2016-0066608  
(43) 공개일자 2016년06월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B21B 1/46 (2006.01) B21B 37/74 (2006.01)  
B22D 11/06 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0170402  
(22) 출원일자 2014년12월02일  
심사청구일자 2014년12월02일

(71) 출원인  
한국기계연구원  
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)  
(72) 발명자  
조재형  
경남 창원시 성산구 창이대로 737, 110동 2105호  
(사파동, 사파동성아파트)  
강석봉  
경상남도 창원시 의창구 창원천로94번길 19102동  
2202호  
김형욱  
경남 창원시 성산구 대암로 253, 104동 402호 (성  
주동, 프리빌리지아파트)  
(74) 대리인  
이원희

전체 청구항 수 : 총 14 항

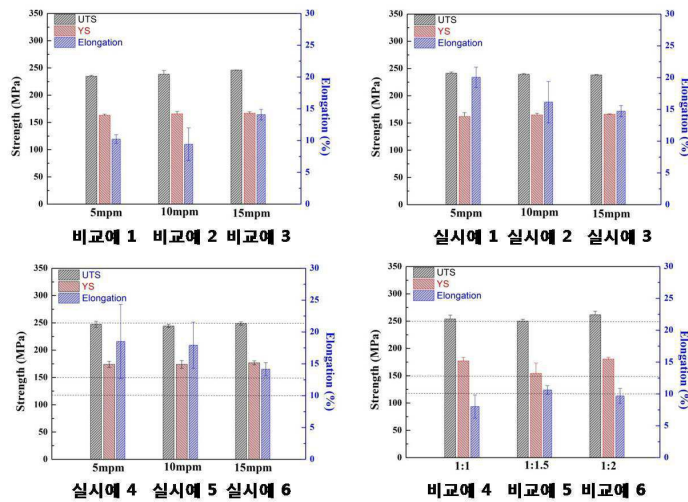
(54) 발명의 명칭 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법 및 이에 따라 제조되는 마그네슘 합금시트

**(57) 요약**

본 발명은 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법 및 이에 따라 제조되는 마그네슘 합금시트에 관한 것으로, 구체적으로는 마그네슘을 포함하는 합금시트를 제조하는 단계(단계 1); 및 상기 단계 1에서 제조된 합금시트를 이온압연하고 후열처리하는 단계(단계 2);를 포함하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 마그네슘 합금시트의 제조방법은 서로 다른 온도를 갖는 물로 압연을 수행함으로써 제조되는 마그네슘 합금시트의 연신율이 향상될 수 있다. 나아가, 쌍롤 주조방법으로 제조된 판재를 사용할 수 있어 보다 저렴한 비용으로 판재 제조가 가능한 장점이 있다.

**대표도 - 도10**



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 PNK3610

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 산업기술연구회

연구사업명 미래자동차용 경량금속소재 기술개발사업

연구과제명 경량금속소재의 중간재 제조기술개발(3/3)

기 여 율 1/1

주관기관 재료연구소

연구기간 2014.01.01 ~ 2014.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

마그네슘을 포함하는 합금시트를 제조하는 단계(단계 1); 및

상기 단계 1에서 제조된 합금시트를 이온압연하고 후열처리하는 단계(단계 2);를 포함하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 단계 1의 합금시트는,

마그네슘이 포함된 용탕으로부터 쌍롤 주조법을 이용하여 마그네슘 합금 시트를 준비하는 단계(단계 a);

상기 단계 a에서 제조된 합금 시트를 균질화하는 단계(단계 b); 및

상기 단계 b에서 균질화된 합금 시트를 온간압연하는 단계(단계 c);를 포함하는 공정을 통해 제조되는 것을 특징으로 하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 단계 1의 합금시트는 알루미늄, 망간, 칼슘, 미슈 메탈(misch metal) 및 이트륨으로 이루어진 균으로부터 선택된 1종 이상을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 단계 2의 이온압연은, 상부롤과 하부롤의 온도차가 2배 내지 6배인 조건에서 수행되는 것을 특징으로 하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 단계 2의 이온압연은, 상부롤의 온도가 10 내지 70 °C, 하부롤의 온도가 50 내지 300 °C인 조건에서 수행되는 것을 특징으로 하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 단계 2의 이온압연은 1 내지 20 rpm의 롤 회전속도에서 수행하는 것을 특징으로 하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 단계 2의 이온압연은 상기 단계 1에서 제조된 합금시트의 두께가 40 내지 60 %가 될 때까지 1회 이상 반복하는 것을 특징으로 하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 단계 2의 후열처리는 300 내지 400 °C에서 50 내지 70 분 동안 수행되는 것을 특징으로 하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법.

#### 청구항 9

제2항에 있어서,

상기 단계 a의 쌍롤 주조는 2.5 내지 3.5 mpm의 롤 회전속도에서 수행되는 것을 특징으로 하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법.

#### 청구항 10

제2항에 있어서,

상기 단계 b의 균질화는 300 내지 400 °C에서 50분 내지 70분 동안 수행되는 것을 특징으로 하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법.

#### 청구항 11

제2항에 있어서,

상기 단계 c의 온간압연은 상기 단계 b의 균질화된 합금시트의 두께가 10 % 내지 30 %가 될 때까지 400 내지 500 °C에서 1회 이상 반복하여 수행되는 것을 특징으로 하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법.

#### 청구항 12

제1항의 제조방법에 따라 제조되며,

극점도에서 기저면에 두 개의 피크를 갖고, 분산상의 크기는 0.03 내지 0.3 μm인 미세조직을 갖는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금시트.

#### 청구항 13

제12항의 마그네슘 합금시트를 포함하는 자동차.

#### 청구항 14

마그네슘을 포함하는 합금시트를 제조하는 단계(단계 1); 및

상기 단계 1에서 제조된 합금시트를 이온압연하고 후열처리하는 단계(단계 2);를 포함하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 연신을 향상방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법 및 이에 따라 제조되는 마그네슘 합금시트에 관한 것으로, 마그네슘 합금시트를 제조한 후, 이를 서로 다른 온도를 갖는 쌍롤로 압연함으로써 성형성을 향상시키는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법 및 이에 따라 제조되는 마그네슘 합금시트에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 마그네슘은 밀도가 1.74g/cm<sup>3</sup> 로 알루미늄 및 철강을 포함하는 구조용 금속 중에서 최소의 밀도를 가지는 가장 가벼운 금속이며, 비강도가 높고, 기계가공성이 뛰어나며, 진동흡수능, 전자파 차폐성 등이 우수한 특징이 있다.

[0003] 상기와 같은 특징을 갖는 마그네슘 합금은 최근 알루미늄 합금을 대신하여 연비 향상을 위한 수송기기의 경량화 요구에 따라 점차 사용이 증대되고 있으며, 또한 경박단소 및 우수한 전자파 차폐성의 요구에 따라 휴대폰, 노트북 등 3Cs제품에 적용이 증가하고 있다.

[0004] 그러나, 온간 압연 및 압출 성형과 같은 공정은 상온에서 연성 저하를 초래하여 저면 집합조직(basal texture)을 발생시킨다. 마그네슘 합금의 연성은 입자 구조 및 배열에 의해 크게 영향을 받는다. 그러므로, 상기 공정 동안 입자 구조와 배열을 조절해야 한다.

[0005] 마그네슘 합금의 제조방법과 관련된 종래기술로서, 대한민국 등록특허 제10-1292191호에서는 이속압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법 및 이에 따라 제조되는 마그네슘 합금 시트를 제공한다. 구체적으로, 마그네슘, 알루미늄 잉곳 및 망간을 포함하는 합금시트를 제조하는 단계(단계 1); 및 상기 단계 1에서 제조된 합금시트를 열처리한 후 이속압연하고 후열처리하는 단계(단계 2);를 포함하며, 상기 단계 1의 합금시트는, 마그네슘과 알루미늄 잉곳을 용융하고 망간을 첨가하여 합금 잉곳을 제조하는 단계(단계 a); 상기 단계 a에서 제조된 합금 잉곳을 균질화하는 단계(단계 b); 및 상기 단계 b에서 균질화된 합금 잉곳을 재가열한 후 온간압연하는 단계(단계 c);를 포함하는 공정을 통해 제조되고, 상기 단계 2의 이속압연은 상부롤이 하부롤에 대하여 1.2~1.5 배 빠른 속도조건 하에서 수행되는 것을 특징으로 하는 이속압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법을 제공한다.

[0006] 이에, 본 발명의 발명자들은 연신율과 같은 물성이 우수한 마그네슘 합금 시트를 제조하는 방법에 관하여 연구를 수행하던 중, 쌍롤 주조로 제조된 마그네슘 합금 시트를 서로 다른 온도의 롤로 압연함으로써 향상된 물성을 나타낼 수 있음을 알아내고 본 발명을 완성하였다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 본 발명의 목적은,

[0008] 마그네슘 합금시트의 제조방법을 제공하는 데 있다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은,

[0010] 마그네슘 합금시트를 제공하는 데 있다.

[0011] 본 발명의 또 다른 목적은,

[0012] 마그네슘 합금시트를 포함하는 자동차를 제공하는 데 있다.

[0013] 본 발명의 또 다른 목적은,

[0014] 마그네슘 합금시트의 연신율 향상방법을 제공하는 데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0015] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은,

[0016] 마그네슘을 포함하는 합금시트를 제조하는 단계(단계 1); 및

[0017] 상기 단계 1에서 제조된 합금시트를 이온압연하고 후열처리하는 단계(단계 2);를 포함하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법을 제공한다.

[0018] 또한, 본 발명은,

[0019] 상기 제조방법에 따라 제조되며,

[0020] 극점도에서 기저면에 두 개의 피크를 갖고, 분산상의 크기는 0.03 내지 0.3  $\mu\text{m}$ 인 미세조직을 갖는 것으로 하는 마그네슘 합금시트를 제공한다.

[0021] 나아가, 본 발명은,

[0022] 상기 마그네슘 합금시트를 포함하는 자동차를 제공한다.

[0023] 더욱 나아가, 본 발명은,

[0024] 마그네슘을 포함하는 합금시트를 제조하는 단계(단계 1); 및

[0025] 상기 단계 1에서 제조된 합금시트를 이온압연하고 후열처리하는 단계(단계 2);를 포함하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 연신율 향상방법을 제공한다.

### 발명의 효과

[0026] 본 발명에 따른 마그네슘 합금시트의 제조방법은 서로 다른 온도를 갖는 롤로 압연을 수행함으로써 제조되는 마그네슘 합금시트의 연신율이 향상될 수 있다. 나아가, 쌍롤 주조방법으로 제조된 판재를 사용할 수 있어 보다 저렴한 비용으로 판재 제조가 가능한 장점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 마그네슘 합금 시트의 쌍롤 주조의 일례를 나타낸 사진 및 모식도이고;
- 도 2는 본 발명에 따른 마그네슘 합금 시트의 제조방법의 일례를 나타낸 모식도이고;
- 도 3은 실시예 1의 단계 1에서 제조된 마그네슘 합금 시트의 단면을 주사전자현미경 및 전자후방산란회절 장치로 관찰한 사진이고;
- 도 4는 실시예 1 내지 6 및 비교예 1 내지 6에서 제조된 마그네슘 합금 시트의 단면을 주사전자현미경으로 관찰한 사진이고;
- 도 5는 실시예 1 내지 6 및 비교예 1 내지 6에서 제조된 마그네슘 합금 시트를 전자후방산란회절 장치로 관찰한 극점도이고;
- 도 6은 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 6에서 제조된 마그네슘 합금 시트의 단면을 인장시험 후, 주사전자현미경으로 관찰한 사진이고;
- 도 7은 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 6에서 제조된 마그네슘 합금 시트를 인장시험 후, 전자후방산란회절 장치로 관찰한 극점도이고;
- 도 8은 실시예 2, 5 및 비교예 2, 5에서 제조된 마그네슘 합금 시트를 전자현미경으로 관찰한 결과를 나타낸 도면이고;
- 도 9는 실시예 2에서 제조된 마그네슘 합금 시트의 분산상을 에너지분광분석기로 관찰한 사진이고;
- 도 10은 실시예 1 내지 6 및 비교예 1 내지 6에서 제조된 마그네슘 합금 시트의 인장강도, 항복강도 및 연신율을 나타낸 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0028] 본 발명은,
- [0029] 마그네슘을 포함하는 합금시트를 제조하는 단계(단계 1); 및
- [0030] 상기 단계 1에서 제조된 합금시트를 이온압연하고 후열처리하는 단계(단계 2);를 포함하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법을 제공한다.
- [0031] 이하, 본 발명에 따른 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법을 각 단계별로 상세히 설명한다.
- [0032] 본 발명에 따른 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법에 있어서 단계 1은 마그네슘을 포함하는 합금시트를 제조하는 단계이다.
- [0033] 이때, 상기 단계 1의 합금시트는,
- [0034] 마그네슘이 포함된 용탕으로부터 쌍롤 주조법을 이용하여 마그네슘 합금 시트를 준비하는 단계(단계 a);
- [0035] 상기 단계 a에서 제조된 합금 시트를 균질화하는 단계(단계 b); 및
- [0036] 상기 단계 b에서 균질화된 합금 시트를 온간압연하는 단계(단계 c);를 포함하는 공정을 통해 제조되는 것일 수 있다.
- [0037] 상기 단계 1의 합금시트를 제조하는 공정의 단계 a는, 마그네슘이 포함된 용탕으로부터 쌍롤 주조법을 이용하여 마그네슘 합금 시트를 준비하는 단계이다. 종래, 마그네슘 합금의 자동차 및 전기 산업으로의 적용은, 비싼 제조 가격에 의해 어려움이 있었다. 그러나, 상기와 같이 쌍롤 주조법으로 제조하는 경우, 경제적으로 저렴하면서도 높은 품질의 마그네슘 합금 판재를 얻을 수 있다.
- [0038] 이때, 상기 단계 a의 쌍롤 주조는 2.5 내지 3.5 mpm의 롤 회전속도에서 수행되는 것일 수 있다. 만약, 상기 단계 a의 쌍롤 주조가 2.5 mpm 미만의 롤 회전속도에서 수행되는 경우에는 너무 낮은 롤 속도로 인하여, 용탕이

응고되고 난 뒤에 물을 빠져나가기 때문에 압하력이 높아지고, 이에 따라 제조된 시트에 크랙이 발생하는 문제점이 있고, 물 회전속도가 3.5 mpm 초과인 경우에는 용탕이 흘러내려 시트가 제조되지 못하는 문제점이 발생할 수 있다.

- [0039] 상기 단계 1의 합금시트를 제조하는 공정의 단계 b는 상기 단계 a에서 제조된 합금 시트를 균질화하는 단계이다.
- [0040] 상기 단계 b의 균질화는 300 내지 400 °C에서 50분 내지 70분 동안 수행될 수 있다. 만약, 상기 균질화 온도가 300 °C 미만인 경우에는 금속간 화합물을 충분히 고용시키지 못하는 문제가 있고, 400 °C 초과하는 경우에는 합금을 부분적으로 용해시키는 문제가 있다. 상기 균질화 공정을 수행한 합금은 절삭하여 블록으로 제조될 수 있다.
- [0041] 상기 단계 1의 합금시트를 제조하는 공정의 단계 c는 상기 단계 b에서 균질화된 합금 시트를 온간압연하는 단계이다.
- [0042] 상기 단계 c의 온간압연은 상기 단계 b의 균질화된 합금시트의 두께가 10 % 내지 30 %가 될 때까지 400 내지 500 °C에서 1회 이상 반복하여 수행되는 것일 수 있다. 만약, 상기 온간 압연의 온도가 400 °C 미만인 경우에는 균열발생에 의한 압연 결함이 증가하는 문제가 있고, 500 °C를 초과하는 경우에는 롤러 표면의 소착과 롤 설비 관리가 곤란한 문제가 있다.
- [0043] 이때, 단계 c의 수행 후, 400 내지 500 °C의 온도에서 50 내지 70분 동안 중간열처리를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0044] 한편, 상기 단계 1의 합금시트는 알루미늄, 망간, 칼슘, 미슈 메탈(misch metal) 및 이트륨으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 더 포함할 수 있으나, 상기 마그네슘 합금 시트의 조성이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0045] 본 발명에 따른 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법에 있어서 단계 2는 상기 단계 1에서 제조된 합금시트를 이온압연하고 후열처리하는 단계이다. 상기 단계를 통하여, 극점도의 기저면에 두 개의 피크를 갖는 미세조직을 가지고, 작은 분산상을 가지므로, 변형을 용이하게 흡수하여 마그네슘 합금시트의 물성을 더욱 향상시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0046] 이때, 이온압연이란, 서로 다른 온도를 갖는 두 개의 물을 사용하여 압연하는 것을 뜻한다.
- [0047] 상기 단계 2의 이온압연은, 상부롤과 하부롤의 온도차가 2배 내지 6배인 조건에서 수행되는 것일 수 있다. 만약, 상부롤과 하부롤의 온도차가 2 배 미만인 경우에는 이온 압연 효과가 미미한 문제점이 발생할 수 있고, 6 배 초과인 경우에는 복사열 등에 의한 압연기의 온도제어가 복잡한 문제점이 발생할 수 있다.
- [0048] 또한, 상기 단계 2의 이온압연은, 상부롤의 온도가 10 내지 70 °C, 하부롤의 온도가 50 내지 300 °C인 조건에서 수행되는 것일 수 있다. 만약, 상부롤의 온도 및 하부롤의 온도가 상기 범위를 벗어나는 경우에는 이온 압연 효과가 감소하는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0049] 상기 단계 2의 이온압연은 1 내지 20 mpm의 물 회전속도에서 수행하는 것일 수 있다. 만약, 상기 단계 2의 이온 압연의 물 회전속도가 1 mpm 미만인 경우에는 공정비용이 증가하는 문제점이 발생할 수 있고, 20 mmpm 초과인 경우에는 이온압연 효과와 소성변형에 의한 효과가 혼재하여 공정 제어가 어려워지는 문제점이 발생할 수 있다.



- [0050] 상기 단계 2의 이온압연은 상기 단계 1에서 제조된 합금시트의 두께가 40 내지 60 %가 될 때까지 1회 이상 반복하는 것일 수 있다.
- [0051] 상기 단계 2의 후열처리는 300 내지 400 °C에서 50 내지 70 분 동안 수행될 수 있다. 상기 열처리가 300 °C 미만인 경우에는 재결정이 충분하게 발생하지 못하는 문제가 있고, 400 °C를 초과하는 경우에는 결정립이 성장하여 조직이 조대화되는 문제가 있다.
- [0052] 본 발명은,
- [0053] 상기 제조방법에 따라 제조되며,
- [0054] 극점도에서 기저면에 두 개의 피크를 갖고, 분산상의 크기는 0.03 내지 0.3  $\mu\text{m}$ 인 미세조직을 갖는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금시트를 제공한다.
- [0055] 본 발명에서는 마그네슘 합금 시트를 이온압연함으로써, 극점도에서 기저면에 두 개의 피크를 갖고, 분산상의 크기는 0.03 내지 0.3  $\mu\text{m}$ 인 미세조직을 갖는 마그네슘 합금 시트를 제조할 수 있고, 이러한 특징으로 인해 변형이 용이하게 수용되어 연신율이 우수한 마그네슘 합금 시트를 제공할 수 있다. 이때, 알루미늄을 포함하는 마그네슘 합금의 경우, AlMn 분산상을 가질 수 있다.
- [0056] 본 발명은,
- [0057] 상기 마그네슘 합금시트를 포함하는 자동차를 제공할 수 있다.
- [0058] 본 발명에 따른 마그네슘 합금 시트는 강도뿐만 아니라 연신율이 우수하여 성형성이 우수하므로, 자동차, 전자 산업에 응용할 수 있으나, 상기 마그네슘 합금시트의 적용이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0059] 본 발명은,
- [0060] 마그네슘을 포함하는 합금시트를 제조하는 단계(단계 1); 및
- [0061] 상기 단계 1에서 제조된 합금시트를 이온압연하고 후열처리하는 단계(단계 2);를 포함하는 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 연신율 향상방법을 제공한다.
- [0062] 이하, 본 발명에 따른 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 연신율 향상방법을 각 단계별로 상세히 설명한다.
- [0063] 본 발명에 따른 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 연신율 향상방법에 있어서 단계 1은 마그네슘을 포함하는 합금시트를 제조하는 단계이다.
- [0064] 이때, 상기 단계 1의 합금시트는, 마그네슘이 포함된 용탕으로부터 쌍롤 주조법을 이용하여 마그네슘 합금 시트를 준비하는 단계(단계 a); 상기 단계 a에서 제조된 합금 시트를 균질화하는 단계(단계 b); 및 상기 단계 b에서 균질화된 합금 시트를 온간압연하는 단계(단계 c);를 포함하는 공정을 통해 제조되는 것일 수 있다.
- [0065] 상기 단계 1의 합금시트를 제조하는 공정의 단계 a는, 마그네슘이 포함된 용탕으로부터 쌍롤 주조법을 이용하여 마그네슘 합금 시트를 준비하는 단계이다. 이때, 상기 단계 a의 쌍롤 주조는 2.5 내지 3.5 mpm의 롤 회전속도에서 수행되는 것일 수 있다. 만약, 상기 단계 a의 쌍롤 주조가 2.5 mpm 미만의 롤 회전속도에서 수행되는 경우에는 너무 낮은 롤 속도로 인하여, 용탕이 응고되고 난 뒤에 물을 빠져나가기 때문에 압하력이 높아지고, 이에 따라 제조된 시트에 크랙이 발생하는 문제점이 있고, 롤 회전속도가 3.5 mpm 초과인 경우에는 용탕이 흘러내려 시

트가 제조되지 못하는 문제점이 발생할 수 있다.

- [0066] 상기 단계 1의 합금시트를 제조하는 공정의 단계 b는 상기 단계 a에서 제조된 합금 시트를 균질화하는 단계이다. 상기 단계 b의 균질화는 300 내지 400 °C에서 50분 내지 70분 동안 수행될 수 있다. 만약, 상기 균질화 온도가 300 °C 미만인 경우에는 금속간 화합물을 충분히 고용시키지 못하는 문제가 있고, 400 °C를 초과하는 경우에는 합금을 부분적으로 용해시키는 문제가 있다. 상기 균질화 공정을 수행한 합금은 절삭하여 블록으로 제조될 수 있다.
- [0067] 상기 단계 1의 합금시트를 제조하는 공정의 단계 c는 상기 단계 b에서 균질화된 합금 시트를 온간압연하는 단계이다. 상기 단계 c의 온간압연은 상기 단계 b의 균질화된 합금시트의 두께가 10 % 내지 30 %가 될 때까지 400 내지 500 °C에서 1회 이상 반복하여 수행되는 것일 수 있다. 만약, 상기 온간 압연의 온도가 400 °C 미만인 경우에는 균열발생에 의한 압연 결함이 증가하는 문제가 있고, 500 °C를 초과하는 경우에는 롤러 표면의 소착과 롤 설비관리가 곤란한 문제가 있다.
- [0068] 이때, 단계 c의 수행 후, 400 내지 500 °C의 온도에서 50 내지 70분 동안 중간열처리를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0069] 한편, 상기 단계 1의 합금시트는 알루미늄, 망간, 칼슘, 미슈 메탈(misch metal) 및 이트륨으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 더 포함할 수 있으나, 상기 마그네슘 합금 시트의 조성이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0070] 본 발명에 따른 이온압연공정을 이용한 마그네슘 합금시트의 제조방법에 있어서 단계 2는 상기 단계 1에서 제조된 합금시트를 이온압연하고 후열처리하는 단계이다. 상기 단계를 통하여, 극점도의 거저면에 두 개의 피크를 갖는 미세조직을 가지고, 작은 분산상을 가지므로, 변형을 용이하게 흡수하여 마그네슘 합금시트의 연신율이 향상된다.
- [0071] 상기 단계 2의 이온압연은, 상부롤과 하부롤의 온도차가 2배 내지 6배인 조건에서 수행되는 것일 수 있다. 만약, 상부롤과 하부롤의 온도차가 2 배 미만인 경우에는 이온 압연 효과가 미미한 문제점이 발생할 수 있고, 6 배 초과인 경우에는 복사열 등에 의한 압연기의 온도제어가 복잡한 문제점이 발생할 수 있다. 또한, 상기 단계 2의 이온압연은, 상부롤의 온도가 10 내지 70 °C, 하부롤의 온도가 50 내지 300 °C인 조건에서 수행되는 것일 수 있다. 만약, 상부롤의 온도 및 하부롤의 온도가 상기 범위를 벗어나는 경우에는 이온 압연 효과가 감소하는 문제점이 발생할 수 있다. 상기 단계 2의 이온압연은 1 내지 20 mpm의 롤 회전속도에서 수행하는 것일 수 있다. 만약, 상기 단계 2의 이온압연의 롤 회전속도가 1 mpm 미만인 경우에는 공정비용이 증가하는 문제점이 발생할 수 있고, 20 mmpm 초과인 경우에는 이온압연 효과와 소성변형에 의한 효과가 혼재하여 공정 제어가 어려워지는 문제점이 발생할 수 있다. 상기 단계 2의 이온압연은 상기 단계 1에서 제조된 합금시트의 두께가 40 내지 60 %가 될 때까지 1회 이상 반복하는 것일 수 있다.
- [0072] 상기 단계 2의 후열처리는 300 내지 400 °C에서 50 내지 70 분 동안 수행될 수 있다. 상기 열처리가 300 °C 미만인 경우에는 재결정이 충분하게 발생하지 못하는 문제가 있고, 400 °C를 초과하는 경우에는 결정립이 성장하여 조직이 조대화되는 문제가 있다.
- [0073] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 상세히 설명한다. 단, 하기의 실시예는 본 발명을 설명하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.
- [0074] <실시예 1>
- [0075] 단계 1: 수냉 시스템이 있는 수평 대향형 쌍롤 주조기를 사용하여, AM31 조성(Al 2.89 중량%, 망간 0.56 중량%, 기타 불가피한 불순물 및 마그네슘 잔부)의 마그네슘 합금시트를 제조하였다. 이때, 300 mm의 구리 롤 한 쌍을 사용하였으며, SF<sub>6</sub> 및 CO<sub>2</sub>의 실드 가스가 용탕 합금을 산화로부터 보호하였다. 용탕은 750 °C으로 가열되었고, 냉각 슬로프를 통해 주조 턴디쉬로 흘러졌다. 그 후, 회전하는 구리 쌍롤의 표면으로 도입되고, 냉각된 물에 접촉하여 주조 턴디쉬를 지나자마자 응고되었다. 롤 속도는 2.83 mpm이었고, 롤 간격은 3 mm이었다. 제조된 마그네슘 합금 시트의 두께는 5 mm이었다.

- [0076] 상기 마그네슘 합금 시트는 350 °C에서 1시간 동안 균질화처리 하였다.
- [0077] 상기 마그네슘 합금 시트는 450 °C에서 5분 동안 가열하고, 두께 1 mm가 될 때까지 7 회 온간압연하였다.
- [0078] 단계 2: 상기 단계 1의 마그네슘 합금 시트를 상부롤의 온도 30 °C, 하부롤의 온도 100 °C인 쌍롤을 이용하여 5 mpm의 속도로 두께 0.5 mm가 될 때까지 1 회 이온압연을 수행하였다. 그 후, 350 °C에서 1시간 동안 열처리하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.
- [0079] <실시예 2>
- [0080] 상기 실시예 1의 단계 2에서 10 mpm의 속도로 이온압연한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.
- [0081] <실시예 3>
- [0082] 상기 실시예 1의 단계 2에서 15 mpm의 속도로 이온압연한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.
- [0083] <실시예 4>
- [0084] 상기 실시예 1의 단계 2에서 상부롤의 온도가 50 °C, 하부롤의 온도가 250 °C인 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.
- [0085] <실시예 5>
- [0086] 상기 실시예 4의 단계 2에서 10 mpm의 속도로 이온압연한 것을 제외하고는 상기 실시예 4와 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.
- [0087] <실시예 6>
- [0088] 상기 실시예 4의 단계 2에서 15 mpm의 속도로 이온압연한 것을 제외하고는 상기 실시예 4와 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.
- [0089] <비교예 1>
- [0090] 상기 실시예 1의 단계 2에서, 상부롤 및 하부롤의 온도가 25 °C로 같은 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.
- [0091] <비교예 2>
- [0092] 상기 비교예 1의 단계 2에서, 10 mpm의 속도로 압연한 것을 제외하고는 상기 비교예 1과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.
- [0093] <비교예 3>
- [0094] 상기 비교예 1의 단계 2에서, 15 mpm의 속도로 압연한 것을 제외하고는 상기 비교예 1과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.

- [0095] <비교예 4>
- [0096] 상기 실시예 1의 단계 2에서, 상부를 및 하부의 온도가 250 ℃로 같고 상부를 및 하부의 속도가 10 mpm으로 같은 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.
- [0097] <비교예 5>
- [0098] 상기 비교예 4의 단계 2에서, 상부를 및 하부의 속도가 10 mpm 및 15 mpm 인 것을 제외하고는 상기 비교예 4와 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.
- [0099] <비교예 6>
- [0100] 상기 비교예 4의 단계 2에서, 상부를 및 하부의 속도가 10 mpm 및 15 mpm 인 것을 제외하고는 상기 비교예 4와 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 시트를 제조하였다.
- [0101] <실험예 1> 마그네슘 합금 시트의 미세구조 관찰
- [0102] 상기 실시예 1 내지 6 및 비교예 1 내지 6에서 제조된 마그네슘 합금 시트의 미세구조를 관찰하기 위해, 주사전 자현미경(SEM) 및 전자후방산란 회절장치(EBSD)로 인장시험 전 후의 시트를 관찰한 후, 그 사진을 도 4, 6 및 극점도를 도 5, 7에 도시하였고, 실시예 2, 5, 비교예 2, 5에서 제조된 시트의 미세분산상을 전자현미경(TEM) 및 에너지분광분석기(EDS)로 관찰하고 그 결과를 도 8 및 도 9에 도시하였다.
- [0103] 도 5에 나타낸 바와 같이, 이온압연을 수행한 실시예 1 내지 6의 극점도에는 기저면에 두 개의 피크로 분리되어 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, 등온, 등속 압연을 수행한 비교예 1 내지 3의 경우도 마찬가지로 나타났다. 반면, 250 ℃의 온도에서 압연한 비교예 4 및 이속압연한 비교예 5, 6의 경우에는 한개의 피크가 나타남을 확인할 수 있다.
- [0104] 도 7에 나타낸 바와 같이, 인장시험을 수행한 후, 실시예 1 내지 3의 경우 피크가 하나로 모인 것을 확인할 수 있으나, 비교예 1 내지 3의 경우 여전히 두 개의 피크가 남아 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0105] 도 8에 나타낸 바와 같이, 실시예 2, 5의 경우 0.03 내지 0.3  $\mu\text{m}$ 의 직경을 갖는 분산상을 가짐을 알 수 있으나, 비교예 2, 5의 경우에는 0.1 내지 0.5  $\mu\text{m}$ 의 큰 분산상을 갖는 것을 알 수 있다. 도 9에 나타낸 바와 같이, 상기 분산상은 AlMn임을 알 수 있다.
- [0106] 이를 통해, 이온압연을 수행한 실시예의 경우에, 극점도에 두 개의 피크 및 작은 분산상을 가지며, 따라서 변형을 용이하게 수용할 수 있음을 알 수 있습니다. 다만, 극점도에 두 개의 피크를 갖더라도 분산상이 큰 경우에는 변형 중에 파괴를 촉진함을 알 수 있습니다.
- [0107] <실험예 2> 마그네슘 합금 시트의 강도 및 연신율 분석
- [0108] 상기 실시예 1 내지 6 및 비교예 1 내지 6에서 제조된 마그네슘 합금 시트의 강도를 관찰하기 위해, 인장강도 시험기로 변형속도  $1.10^{-3}$  한 조건에서 관찰한 후 그 결과를 도 10에 도시하였다.
- [0109] 도 10에 나타낸 바와 같이, 이온 압연을 실시한 실시예 1 내지 6의 경우 인장강도, 항복강도 및 연신율이 크게 우수하게 나타남을 알 수 있으나, 등온 및 등속압연, 등온 및 이속압연을 실시한 비교예 1 내지 6의 경우에는, 실시예에 비해 연신율이 저조하게 나타남을 알 수 있다.
- [0110] 특히, 250 ℃의 등온에서 1.5배의 이속으로 압연한 비교예 5의 경우와, 10 mmpm의 등속에서 50/250 ℃의 이온으로 압연한 실시예 5의 경우를 비교해보았을 때, 실시예 5의 항복강도 및 연신율의 훨씬 우수하게 나타나므로,

이를 통해 등속/이온의 경우가, 등온/이속의 경우보다 더욱 우수한 시트의 물성을 나타내게 함을 알 수 있다.

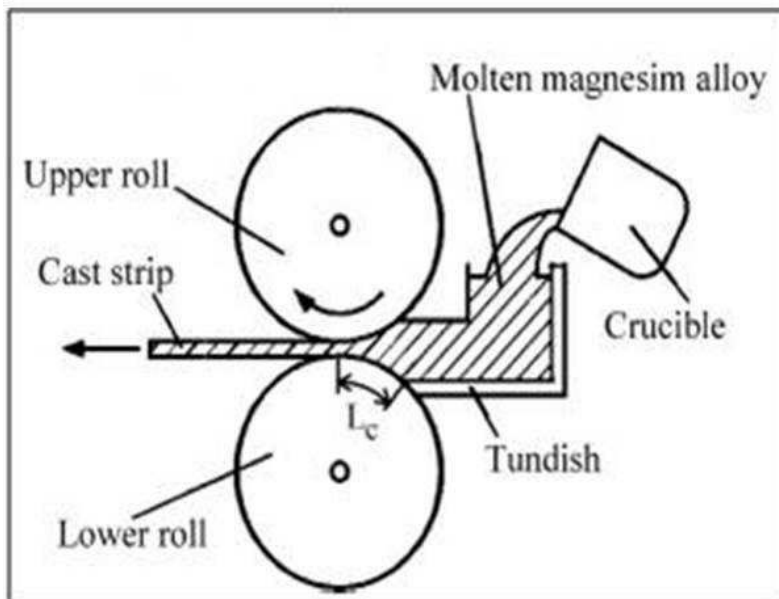
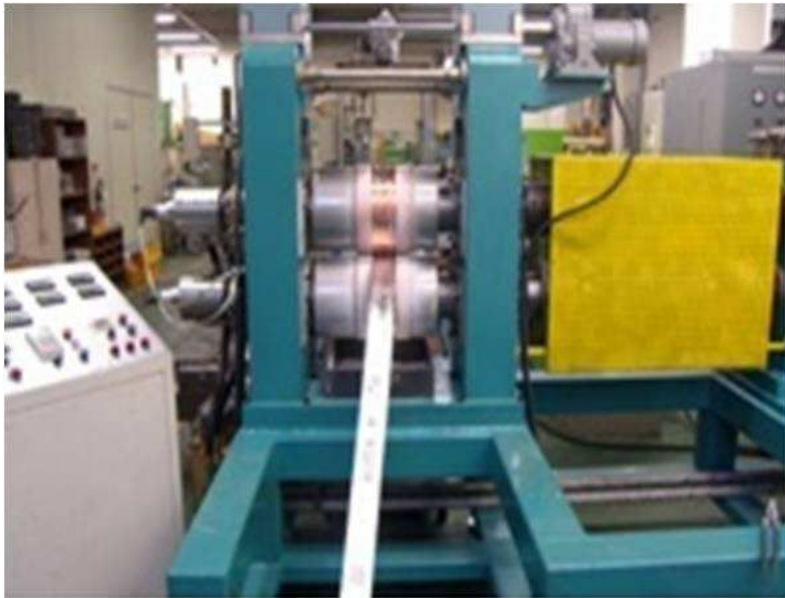
[0111] 또한, 250 ℃의 등온 및 10 mmpm의 등속으로 압연한 비교예 4의 경우, 50/250 ℃의 이온 및 10 mmpm의 등속으로 압연한 실시예 5와 비교하였을 때, 역시 실시예 5의 경우 연신율이 더욱 우수하게 나타나므로, 같은 롤 속도의 경우라도 롤의 온도를 달리하였을 때 더욱 우수한 시트의 물성을 나타내게 함을 알 수 있다.

[0112] 이를 통해, 이온압연을 통해 마그네슘 합금 판재의 연신율을 다른 강도의 특성 저하 없이 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0113]

**도면**

**도면1**



도면2

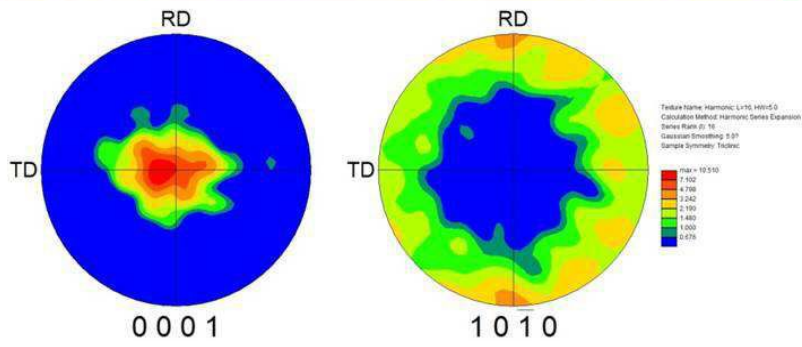
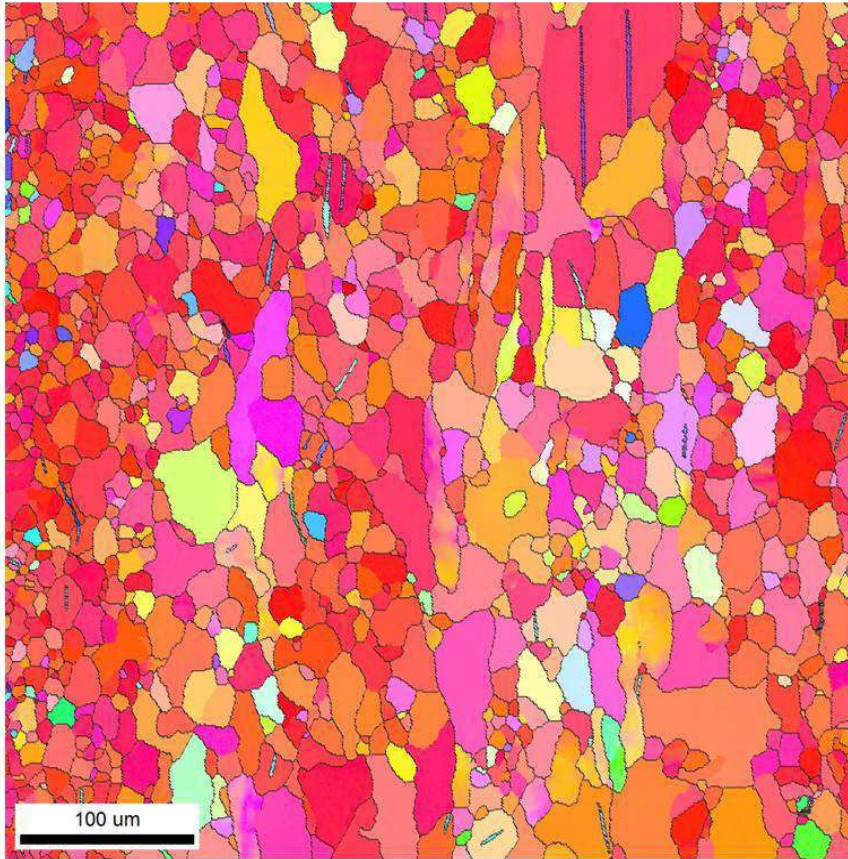




도면3

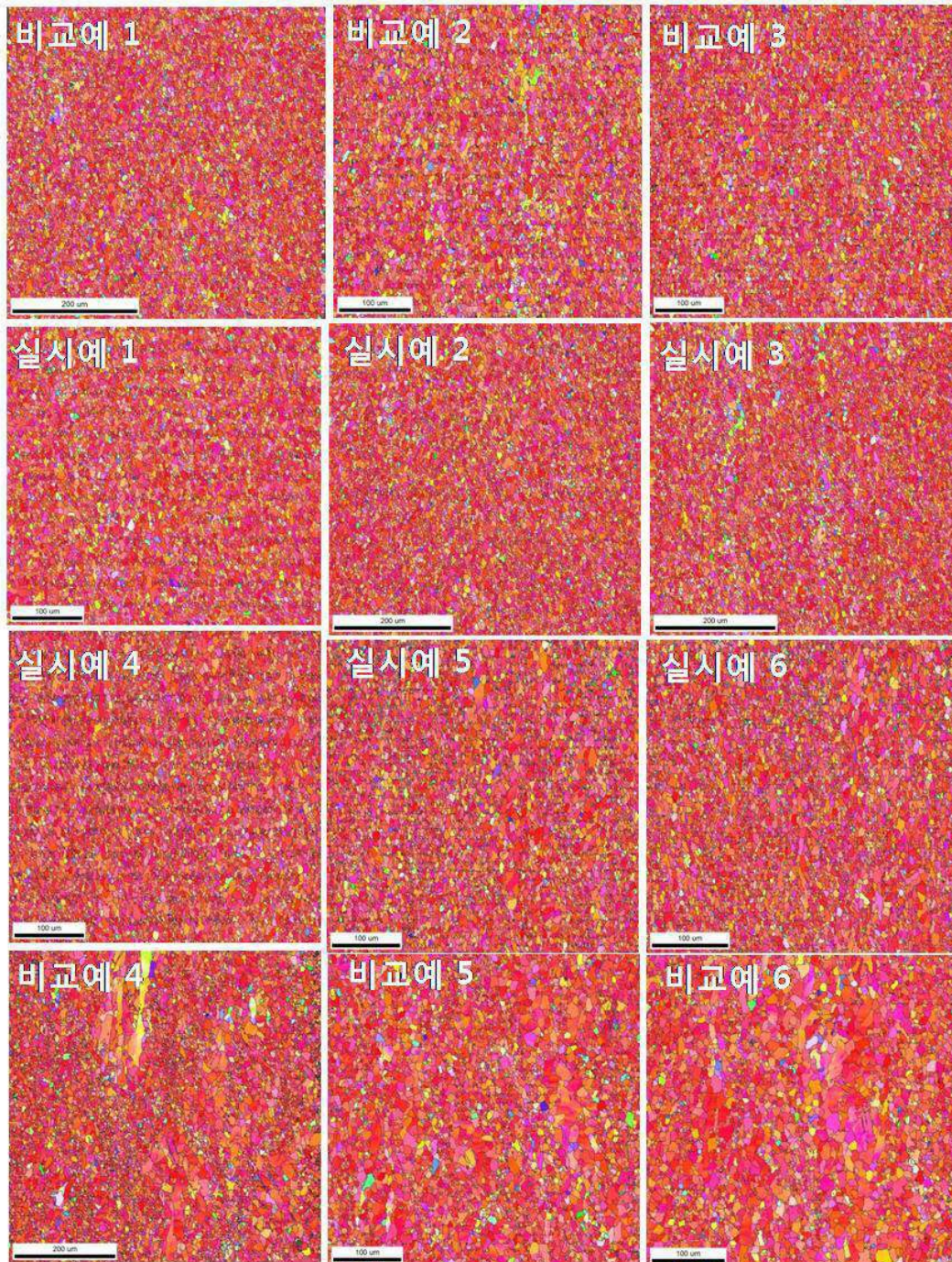
surface

center



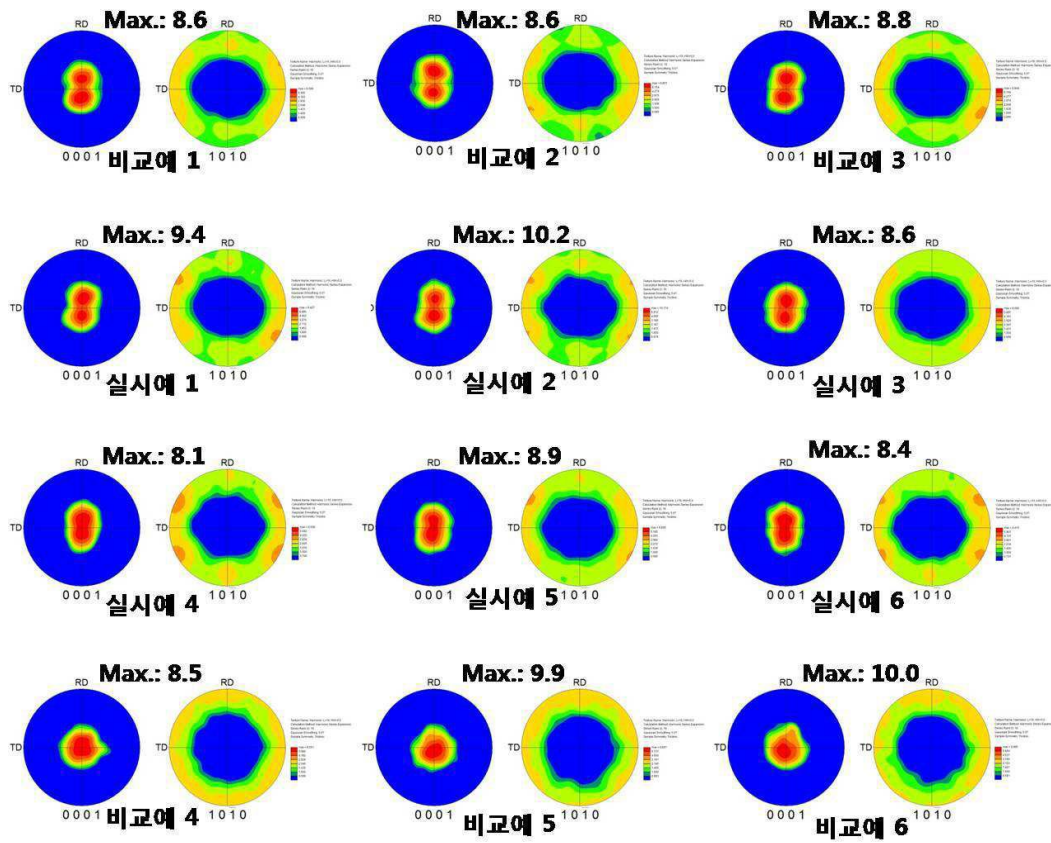


도면4

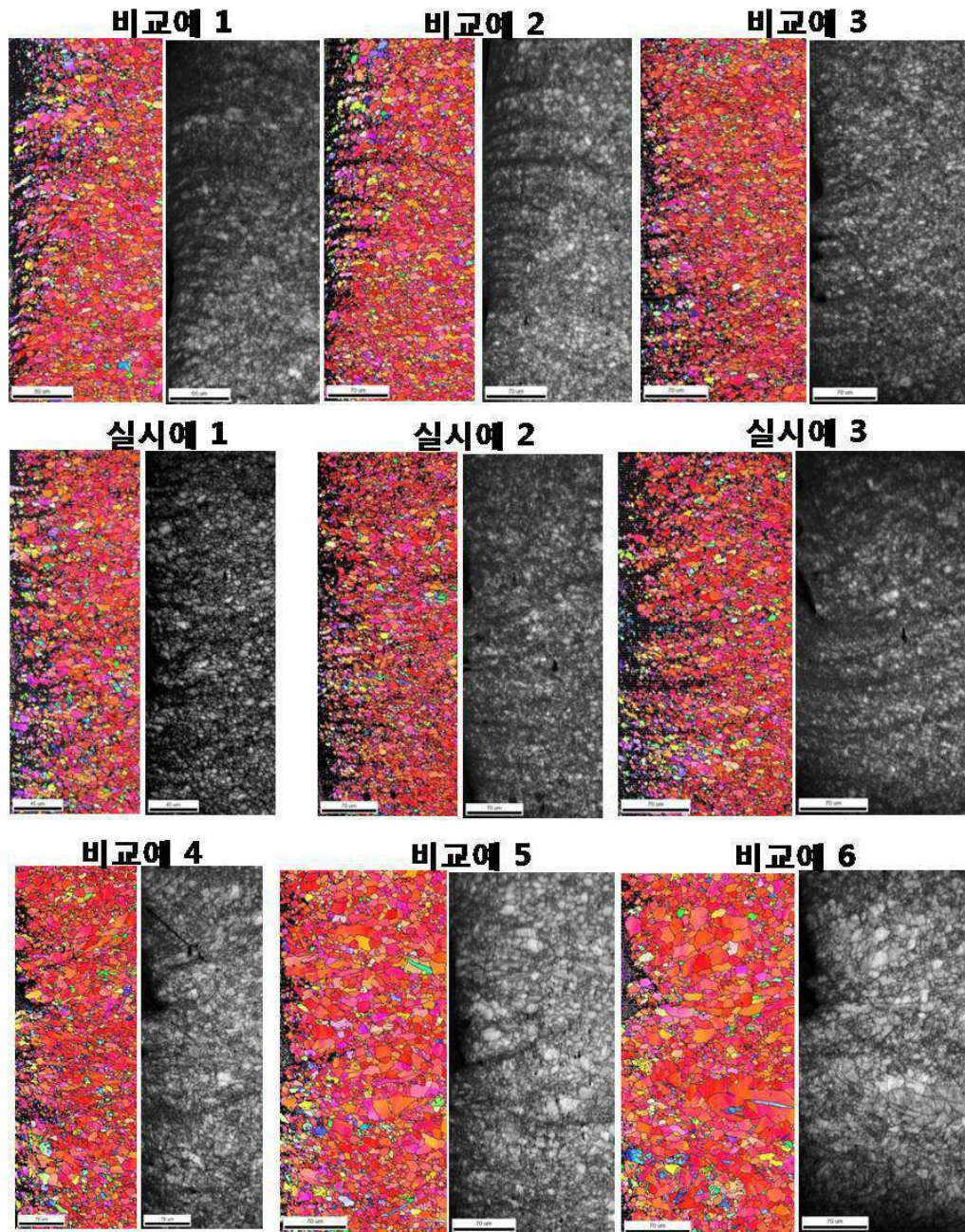




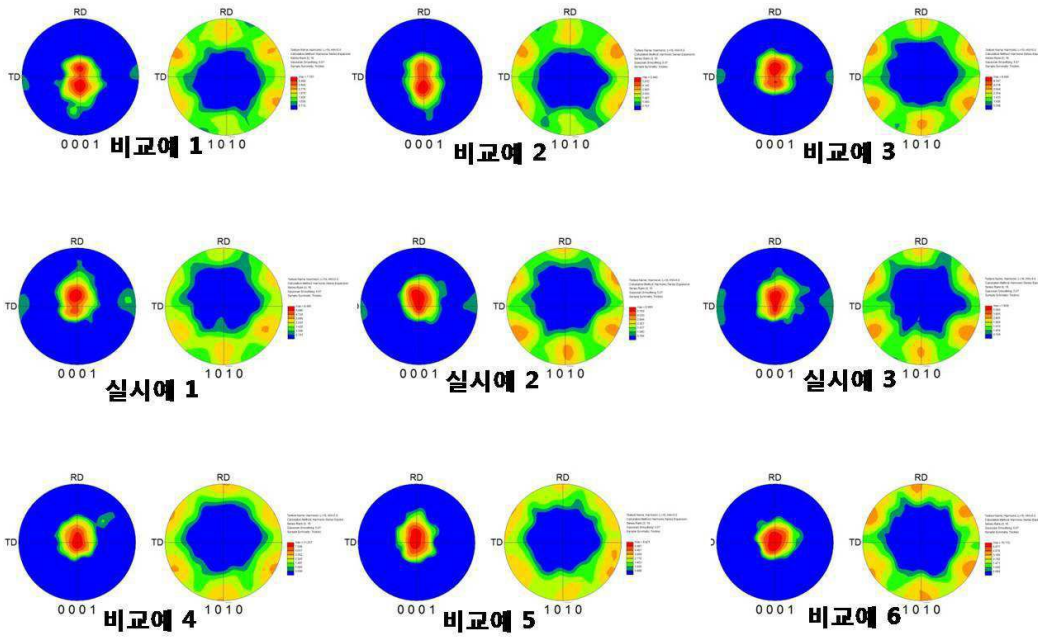
도면5



도면6



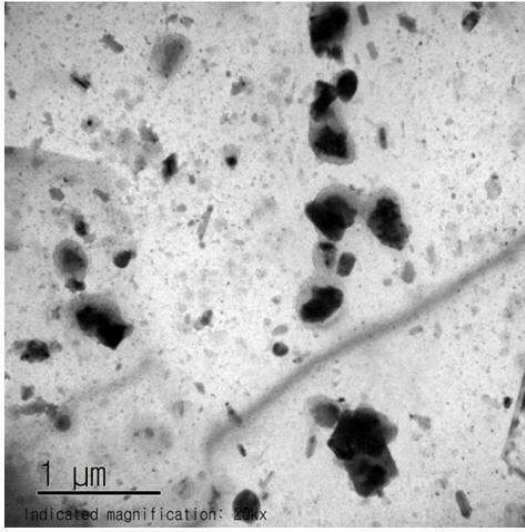
도면7



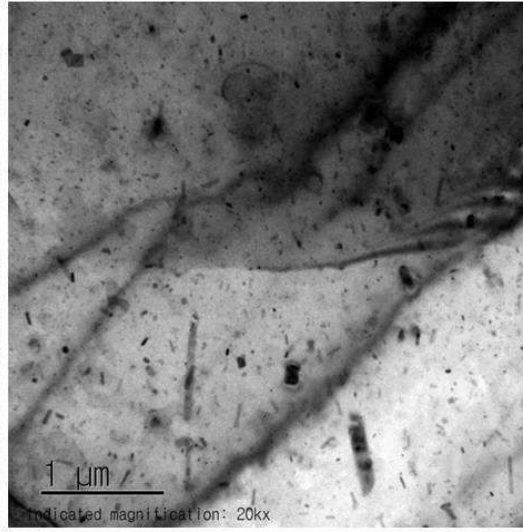


도면8

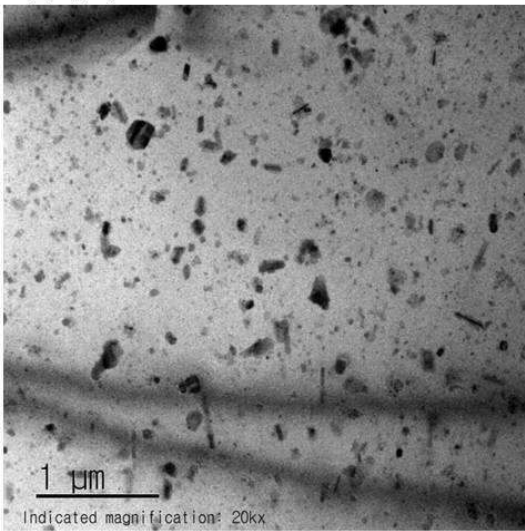
**비교예 2**



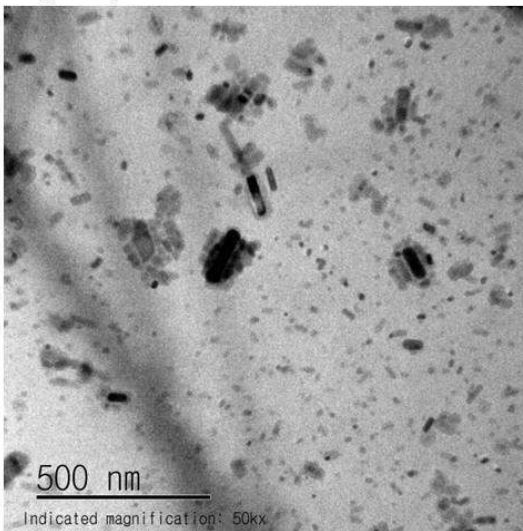
**실시예 2**



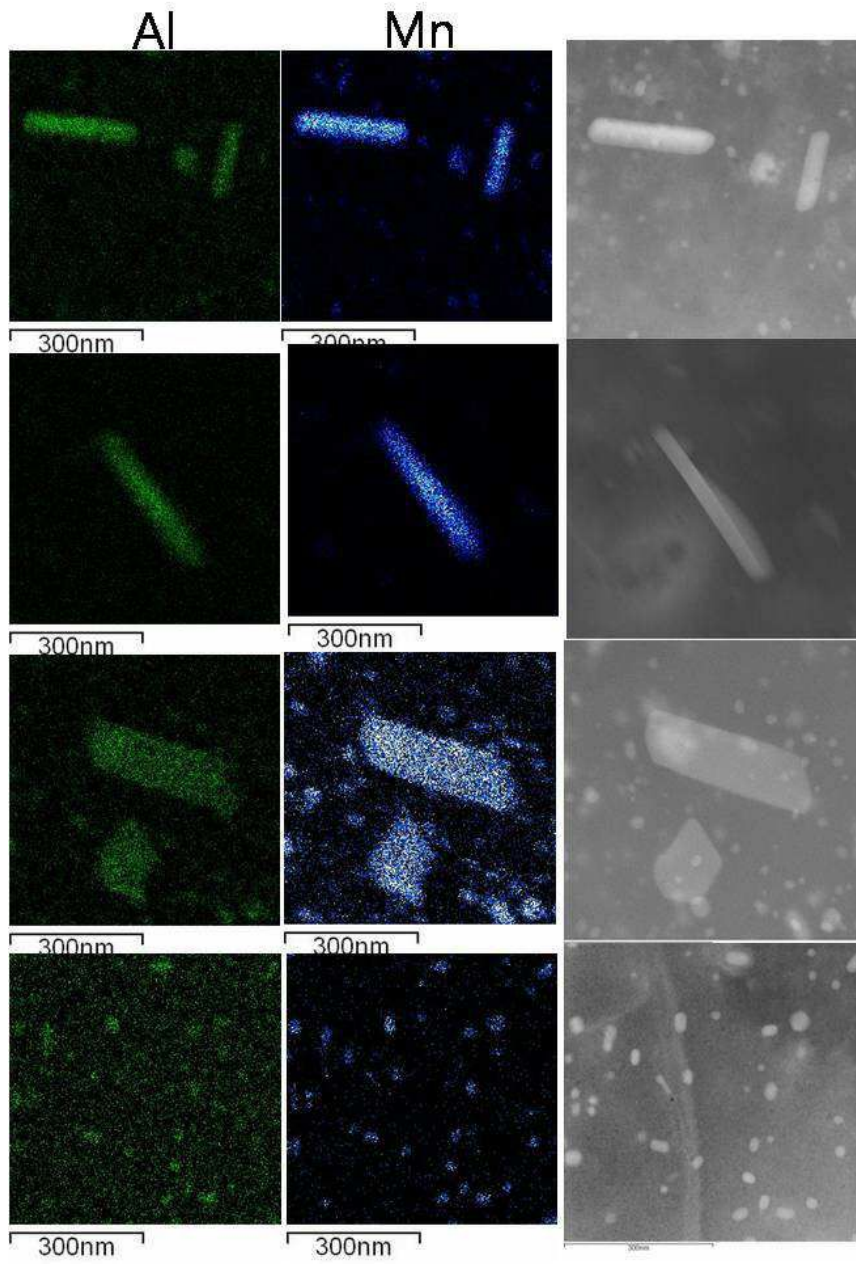
**실시예 5**



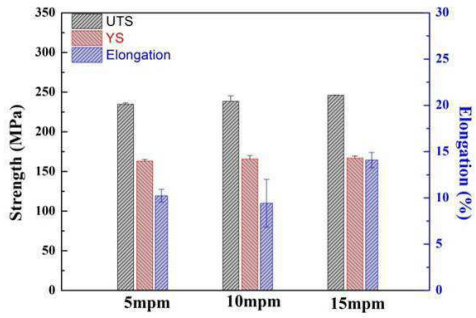
**비교예 5**



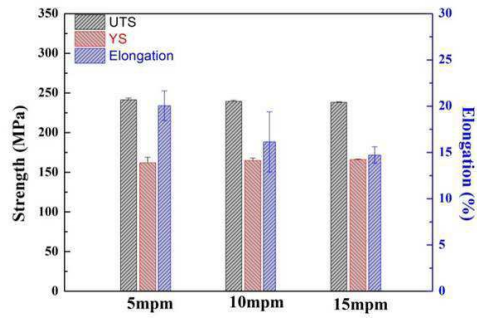
도면9



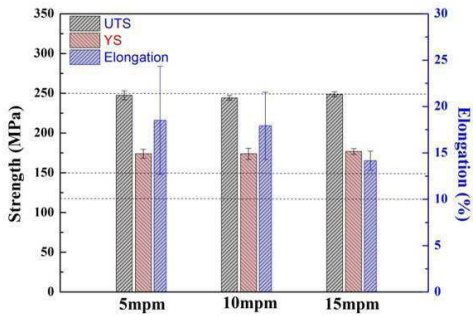
도면10



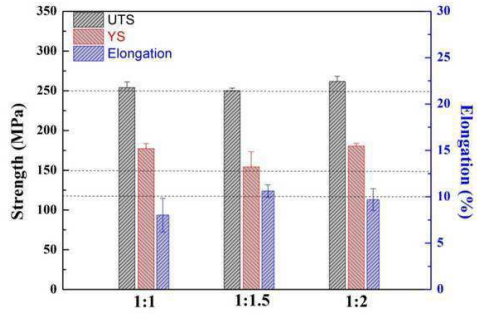
비교예 1 비교예 2 비교예 3



실시에 1 실시에 2 실시에 3



실시에 4 실시에 5 실시에 6



비교예 4 비교예 5 비교예 6