	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0050172 (43) 공개일자 2014년04월29일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) C22C 23/02 (2006.01) B22D 21/04 (2006.01)	(71) 출원인 연세대학교 산학협력단 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신촌동)	
(21) 출원번호 10-2012-0115843 (22) 출원일자 2012년10월18일 심사청구일자 2012년10월18일	(72) 발명자 김도향 서울 서초구 방배로5길 33, 1001호 (방배동, 공작빌라트) 김영균 경기도 수원시 팔달구 오만동 오만아파트 208동 1101호 (뒷면에 계속)	
	(74) 대리인 이채형, 김승욱	

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 불연속 석출이 억제된 고강도 및 고인성의 주조용 마그네슘 합금

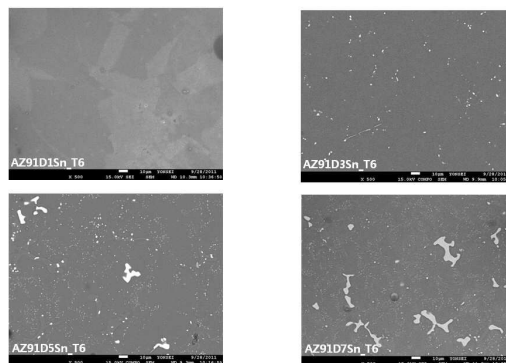
### (57) 요약

마그네슘 합금의 불연속불연속 최대한 억제하여 고강도 및 고인성을 갖는 마그네슘 합금 및 그 제조방법이 제공된다.

본 발명에 따른 주조용 마그네슘 합금은: 6.0중량% 내지 9.0중량%의 Al,

3.0중량% 내지 7.0중량%의 Sn, 0.5중량% 내지 1.0중량%의 Zn 및 잔부인 Mg을 포함하고, Mg, Al, Sn 및 Zn을 포함하는 마그네슘 합금 용탕으로부터 형성된 마그네슘 합금 주조재를 용체화 처리 및 시효 처리하여 형성된다.

**대 표 도** - 도3



(72) 발명자

**정인창**

서울 은평구 증산로15길 67-7, 2동 902호 (신사동,  
신성아파트)

**김원태**

서울 서초구 서초대로1길 30, 106동 504호 (방배동, 방배현대홈타운)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 100379283

부처명 지식경제부

연구사업명 수송기기용 고강도 Mg 벌크재 개발

연구과제명 수송기기용 고강도 Mg 소재

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2011.04.01 ~ 2012.03.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

주조용 마그네슘 합금으로서,

6.0중량% 내지 9.0중량%의 Al,

3.0중량% 내지 7.0중량%의 Sn,

0.5중량% 내지 1.0중량%의 Zn 및

잔부인 Mg을 포함하고,

상기 주조용 마그네슘 합금은 Mg, Al, Sn 및 Zn을 포함하는 마그네슘 합금 용탕으로부터 형성된 마그네슘 합금 주조재를 용체화 처리 및 시효 처리하여 형성된 것을 특징으로 하는 주조용 마그네슘 합금.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서, Sn은 4.0중량% 내지 6.0중량% 포함하는 것을 특징으로 하는 주조용 마그네슘 합금.

### 청구항 3

주조용 마그네슘 합금의 제조방법으로서,

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

상기 마그네슘 합금 용탕을 임의의 주조 방법을 이용하여 마그네슘 합금 주조재를 제조하는 단계;

상기 마그네슘 합금 주조재를 용체화 처리 하는 단계; 및

상기 용체화 처리된 마그네슘 합금 주조재를 시효 처리하는 단계를 포함하고,

상기 주조용 마그네슘 합금의 제조방법에 의하여 형성된 마그네슘 합금은 Al이 6.0중량% 내지 9.0중량%, Sn이 3.0중량% 내지 7.0중량%, Zn이 0.5중량% 내지 1.0중량%, 잔부는 Mg로 구성되는 것을 특징으로 하는 주조용 마그네슘 합금의 제조방법.

### 청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 마그네슘 합금 주조재를 용체화 처리하는 단계는 상기 마그네슘 합금 주조재를 과포화된 고용체로 강제 고용시키는 단계 및 상기 과포화된 고용체를 켄칭(quenching)하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 주조용 마그네슘 합금의 제조방법.

### 청구항 5

청구항 3 또는 청구항 4에 있어서, 상기 Sn은 4.0중량% 내지 6.0중량%로 포함되는 것을 특징으로 하는 주조용 마그네슘 합금의 제조방법.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 주조용 마그네슘 합금으로서 마그네슘 합금의 불연속 석출을 최대한 억제하여 고강도 및 고인성을 갖는 마그네슘 합금 및 그 제조방법에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 마그네슘 합금은 높은 비강도를 갖는 초경량의 합금으로서 기계적 특성 및 유동성이 우수하고, 특히 주조용 마그네슘 합금은 석출경화에 의한 높은 기계적 특성을 얻을 수 있어서 자동차용 강판이나 전자기 부품 등 경량화

가 요구되는 분야에 널리 사용될 수 있다.

[0003] 마그네슘 합금은 Al을 일정량 포함하는 Mg-Al 합금의 형태로 주로 이용되는데, Mg-Al 합금의 경우 용탕에서 제조된 합금을 용체화 처리하여 이용하거나, 상기 용체화 처리된 합금을 다시 시효 처리(aging)함으로써 석출상을 형성하여 이용하는 경우가 대부분이다. 특히, Al을 일정량(통상적으로 6중량% 이상) 함유한 Mg-Al 합금을 용체화 처리 후 시효 처리하는 경우에는 용체화 처리만 하는 경우에 비하여 항복강도가 크게 증가한다는 장점이 있다

[0004] 하지만, 위와 같이 Al을 6중량% 이상 포함한 Mg-Al 합금을 용체화 처리 후 시효 처리할 경우, 합금의 입계에  $\beta$ - $Mg_{17}Al_{12}$ 의 베타상이 석출되므로 높은 항복강도에도 불구하고 연신율이 크게 나빠져서 상용화가 곤란하다는 단점이 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 따라서, 본 발명은 Al을 6중량% 이상 포함한 Mg-Al 합금을 용체화 처리 후 시효 처리하는 경우에도  $\beta$ - $Mg_{17}Al_{12}$ 의 불연속 베타상의 석출을 최대한 억제하고 연속 석출을 유도하여 Mg-Al 합금의 기계적 특성이 저하되는 것을 최대한 억제한 마그네슘 합금을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 주조용 마그네슘 합금은:

[0007] 6.0중량% 내지 9.0중량%의 Al,

[0008] 3.0중량% 내지 7.0중량%의 Sn,

[0009] 0.5중량% 내지 1.0중량%의 Zn 및

[0010] 잔부인 Mg을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 주조용 마그네슘 합금은 Mg, Al, Sn 및 Zn을 포함하는 마그네슘 합금 용탕으로부터 형성된 마그네슘 합금 주조재를 용체화 처리 및 시효 처리하여 형성된 것이 바람직하다.

[0012] 또한, Sn은 4.0중량% 내지 6.0중량% 포함하는 것이 바람직하다.

[0013] 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 주조용 마그네슘 합금의 제조방법은:

[0014] Mg, Al, Sn 및 Zn을 포함하는 마그네슘 합금 용탕을 형성하는 단계;

[0015] 상기 마그네슘 합금 용탕을 임의의 주조 방법을 이용하여 마그네슘 합금 주조재를 제조하는 단계;

[0016] 상기 마그네슘 합금 주조재를 용체화 처리 하는 단계; 및

[0017] 상기 용체화 처리된 마그네슘 합금 주조재를 시효 처리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 이 경우, 상기 용체화 처리는 상기 마그네슘 합금 주조재를 과포화된 고용체로 강제 고용시키는 단계 및 상기 과포화된 고용체를 켄칭(quenching)하는 단계를 포함하고,

[0019] Al은 6.0중량% 내지 9.0중량%, Sn은 3.0중량% 내지 7.0중량%, Zn은 0.5중량% 내지 1.0중량%, 잔부는 Mg로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 Sn은 4.0중량% 내지 6.0중량%로 포함되는 것이 더욱 바람직하다.

[0021] 본 발명에 따른 마그네슘 합금에서 각 성분의 함량을 한정한 이유는 다음과 같다.

[0022] 주석(Sn)

[0023] Sn을 6중량% 이상으로 첨가할 경우에는 응고 과정에서 형성된 조대한  $Mg_2Sn$  상의 분율이 과도하여 가공 과정에서 크랙을 유발하여 가공성을 저하시키고, 최종 제품에도 상당량 잔존하여 연신을 저하를 초래할 수 있다. 반면, 4중량% 미만으로 첨가할 경우, 석출 강화 현상을 거의 기대할 수 없어 강도 저하를 초래하고,  $\beta-Mg_{17}Al_{12}$  상의 불연속 석출 억제 효과를 얻을 수 없다. 따라서 본 발명에서의 Sn은 4중량% 내지 6중량%로 한정하는 것이 바람직하다.

[0024] 알루미늄(Al)

[0025] Al은 Sn이 함유된 마그네슘 합금에 첨가될 때  $Mg_2Sn$  상에 의한 석출강화 효과를 증대시키고 고용강화를 통해 합금의 강도 증가에 기여하는 것으로 알려져 있다. 또한, 마그네슘 합금에서 Al 함량이 증가하면 일반적으로 유동성을 향상시켜 주조성이 개선되고, 동시에 발화저항성을 증가시킨다. 하지만, 6.0중량% 미만으로 첨가될 경우 이러한 효과를 기대하기 힘들며, 9.0중량%를 초과하여 첨가하게 되면 열적안정성이 열악하고 조대한  $\beta-Mg_{17}Al_{12}$  공정상이 과도하게 형성되어 열간가공성 및 인장특성이 저하된다. 따라서, 본 발명에서 Al은 6.0중량% 내지 9.0중량% 범위로 첨가하는 것이 바람직하다.

[0026] 아연(Zn)

[0027] Zn은 Sn이 함유된 마그네슘 합금에 첨가될 때 고온안정상인  $Mg_2Sn$  상을 미세화하여 석출강화 효과를 증대시키고 또한 고용강화를 통해 합금의 강도 증가에 기여하는 것으로 알려져 있다. 0.5중량% 미만으로 첨가할 경우 이러한 효과를 기대하기 힘들며, 1.0중량%를 초과하여 첨가하게 되면 고온에서의 균질화 열처리가 곤란하며 이로 인해 조직 내 조대한  $Mg_2Sn$  상의 분율이 증가하여 합금의 연신율이 취약하게 된다. 따라서, 본 발명에서 Zn은 0.5중량% 내지 1.0중량% 범위로 첨가하는 것이 바람직하다.

### 발명의 효과

[0028] 본 발명에 따르면 Al을 6중량% 이상 포함한 Mg-Al 합금을 용체화 처리 및 시효 처리하는 경우에도  $\beta-Mg_{17}Al_{12}$ 의 베타상의 석출율이 최대한 억제되므로 Mg-Al 합금의 연신율이 나빠지는 것을 방지할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 Sn이 미첨가되거나 소량 첨가된 마그네슘 합금 주조재의 광학현미경 사진을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 마그네슘 합금 주조재를 용체화 처리한 시편의 SEM 영상을 도시하는 도면이다.

도 3은 도 2에 도시된 용체화 처리된 마그네슘 합금을 시효 처리한 시편의 SEM 영상을 도시하는 도면이다.

도 4는 도 3에 도시된 시효 처리된 마그네슘 합금의 광학현미경 사진을 도시한 도면이다.

도 5는 도 2에 도시된 용체화 처리된 마그네슘 합금의 인장강도를 측정한 결과를 도시하는 도면이다.

도 6은 도 3에 도시된 시효 처리된 마그네슘 합금의 인장강도를 측정한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마그네슘 합금 및 그 제조방법을 이하에서 상세히 설명한다. 그러나 하기의

실시예는 단지 예시적인 것으로 본 발명을 한정하는 것이 아니다.

[0031] 마그네슘 합금의 제조

[0032] 본 발명의 발명자들은 전술한 종래기술의 문제점을 해결하고 본 발명의 목적을 달성하기 위해 다양한 조성을 갖는 마그네슘 합금을 제조하였는데, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마그네슘 합금의 제조방법은 아래와 같다.

[0033] 먼저, Mg(99.9%), Sn(99.99%), Al(99.9%), Zn(99.99%)의 원료 물질을 준비한 후, 상기 원료를 전기로에서 각각 용해하고 주조법을 이용하여 표 1의 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1 내지 비교예 4에 기재된 합금 조성을 갖는 마그네슘 합금을 형성하였다.

표 1

[0034]

번호	Mg(중량%)	Al(중량%)	Zn(중량%)	Sn(중량%)	비고
실시예 1	잔부	9.0	1.0	3.0	AZ91D-3Sn
실시예 2	잔부	9.0	1.0	5.0	AZ91D-5Sn
실시예 3	잔부	9.0	1.0	7.0	AZ91D-7Sn
실시예 4	잔부	9.0	1.0	4.0	AZT91-4Sn
실시예 5	잔부	9.0	1.0	6.0	AZT91-6Sn
실시예 6	잔부	6.0	1.0	7.0	AZT615
실시예 7	잔부	7.0	1.0	5.0	AZT715
실시예 8	잔부	8.0	1.0	5.0	AZT815
비교예 1	잔부	9.0	1.0	0	AZ91D
비교예 2	잔부	9.0	1.0	0.5	AZ91D-0.5Sn
비교예 3	잔부	9.0	1.0	1.0	AZ91D-1.0Sn
비교예 4	잔부	9.0	1.0	2.0	AZ91D-2.0Sn

[0035] 이어서, 상기 실시예 및 비교예의 조성을 갖는 마그네슘 합금을 용체화 처리(Solid Solution Treatment)하였다. 용체화 처리는 먼저 상기 실시예 및 비교예의 조성을 갖도록 주조된 마그네슘 합금을 과포화된 고용체로 강제 고용시킨 후, 420℃ 정도의 온도에서 24시간 동안 유지 후, 상온의 온도를 갖는 물에 급속히 장입하여 과포화된 시료를 얻는 열처리하여 수행된다.

[0036] 이어서, 상기 용체화 처리된 마그네슘 합금을 시효(Aging) 처리하였다. 본 실험에서 시효 처리는 168℃에서 16시간 동안 유지 후 공냉하였다.

[0037] 도 1은 비교예 1 내지 비교예 4에 따른 시료인 마그네슘 합금을 앞에서 설명한 방법으로 용체화 처리 및 시효 처리한 후 광학 현미경을 이용하여 조직을 관찰한 결과를 도시하는 도면이다. 도 1에서 보듯이, Sn이 포함되어 있지 않는 경우(비교예 1) 입계에서  $\beta$ -Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub>의 베타상이 다량으로 석출되는 것을 확인할 수 있으며, Sn이 0.5중량%(비교예 2), 1.0중량%(비교예 3) 및 2.0중량%(비교예 4) 포함된 경우에도 입계에서  $\beta$ -Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub>의 베타상이 석출되는 것을 확인할 수 있는데, 이러한  $\beta$ -Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub>의 베타상이 형성된 마그네슘 합금은 항복강도는 우수하게 하지만 연신율을 낮게하는 원인이 된다.

[0038] 도 2는 실시예 1 내지 실시예 3 및 비교예 3에 따른 마그네슘 합금을 용체화 처리만 하고 시효처리를 하지 않은 상태의 SEM 영상을 도시하는 도면이고, 도 3은 실시예 1 내지 실시예 3 및 비교예 3에 따른 마그네슘 합금을 용체화 처리 후 시효처리한 상태의 SEM 영상을 도시하는 도면이다.

[0039] 도 2에서 보듯이, 용체화 처리만 한 경우 Sn의 함량이 상대적으로 많은 실시예 1 내지 실시예 3은 Mg<sub>2</sub>Sn 상이 다수 형성되는 것을 확인할 수 있다.

[0040] 또한, 도 3에서 보듯이 용체화 처리 후 시효 처리까지 한 경우 Sn의 함량이 적은 비교예 3에서는  $\beta$ -Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub> 상이 형성되었지만, Sn의 함량이 상대적으로 많은 실시예 1 내지 실시예 3은  $\beta$ -Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub> 상이 형성되지 않는 것을 확인할 수 있는데, 이것은 Sn이 다량 함유됨으로써  $\beta$ -Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub> 상의 불연속 석출이 억제되는 것을 보여준다.

[0041] 또한, 도 4는 실시예 1 내지 실시예 3, 비교예 1 및 비교예 3에 따른 마그네슘 합금을 용체화 처리 후 시효처리한 상태를 광학현미경으로 관찰한 영상을 도시하는 도면이다. 도 4에서 보듯이, 비교예 1 및 비교예 3에서는 Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub>의 상이 입계에서 불연속 석출되지만, 실시예 1 내지 실시예 3에서는 Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub> 상의 불연속 석출이 억제되는 것을 확인할 수 있다.

[0042]  $\beta$ -Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub> 상은 입계에 선 석출하여 불연속 석출상태로 나타나고 불연속 석출 이후에 연속석출상으로 기지내에 석출한다. Mg<sub>2</sub>Sn은 주조제에서 정출한 형태로 주로 나타나며 일부 기지내 채고용한 경우 시효시 수나노 크기의 석출상으로 기지내에 석출한다. 정출한 Mg<sub>2</sub>Sn의 경우 불연속 석출을 억제하는 기구로 사용되며 기지내 연속석출한 Mg<sub>2</sub>Sn은 고르게 석출하여 두가지 정출/석출상 모두 Sn이 첨가되지 않은 Mg-Al 합금계보다 기계적 특성을 향상시킨다.

[0043] 다음으로, 표 2는 실시예 1 내지 실시예 3 및 비교예 3의 조성을 갖는 마그네슘 합금을 용체화 처리 및 시효 처리한 후 인장 시편을 만들어 인장시험한 결과를 측정한 것이다.

표 2

[0044]

시료	Young's Modulus(Mpa)	Yield strength (Mpa)	Tensile strength (Mpa)	Elongation (%)	비고
실시예 1	36831.72	79.77	141.36	3.35	AZ91Sn3
실시예 2	43170.78	134.21	300.20	4.65	AZ91Sn5
실시예 3	36839.89	122.75	256.33	7.64	AZ91Sn7
비교예 3	29676.73	85.88	184.79	4.48	AZ91Sn1

[0045] 상기 표 2에서 보듯이, 용체화 처리 후 시효처리된 인장 시편 중 특히 Sn이 5중량% 이상으로 다량 함유된 시편은 인장강도(Tensile strength)가 특히 우수한 것을 확인할 수 있다.

[0046] 또한, 도 5는 다양한 조성의 Al과 Sn을 포함하는 마그네슘 합금을 용체화 처리 및 시효 처리한 것을 광학현미경으로 관찰한 영상이다. 도 5에서 보듯이, Al의 함량이 9중량% 일 경우 Sn의 함량이 4중량% 내지 6중량%로 다양하게 변해도 불연속 석출상의 생성이 억제되는 것을 확인할 수 있다. 또한, Sn의 함량이 5중량%일 경우 Al의 함량이 6중량% 내지 8중량%로 다양하게 변해도 불연속 석출상의 생성이 억제되는 것을 확인할 수 있다. 이것은 Al의 함량이 6중량% 내지 9중량%로 다양하게 변하거나, Sn의 함량이 4중량% 내지 6중량%로 다양하게 변화하는 경우에도 불연속 석출상의 생성을 효과적으로 억제할 수 있다는 것을 보여준다.

[0047] 또한, 도 6은 Al의 함량을 9중량%, Sn의 함량을 5중량%이고, Zn의 함량이 각각 0중량%, 0.5중량% 및 1.0중량%인 마그네슘 합금을 용체화 처리 및 시효 처리한 후 광학 현미경으로 관찰한 영상을 도시한다. 도 6에서 보듯이, Zn이 첨가되지 않은 합금의 경우 불연속 석출상의 형성을 거의 억제하지 못하는 반면, Zn이 첨가된 합금의 경우 불연속 석출상의 형성을 효과적으로 억제하는 것을 확인할 수 있다.

[0048] 이상으로 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마그네슘 합금을 첨부한 도면을 참고로 상세하게 설명하였다. 하지만, 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상기 구성에 대한 다양한 수정 및 변형이 가능하다는 것을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 범위는 오직 뒤에서 설명할 특허청구범위에 의해서만 한정된다.



도면

도면1

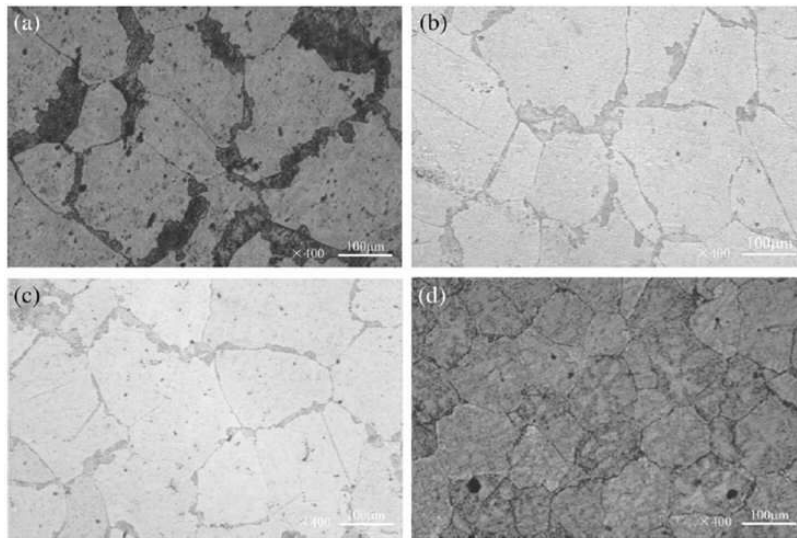
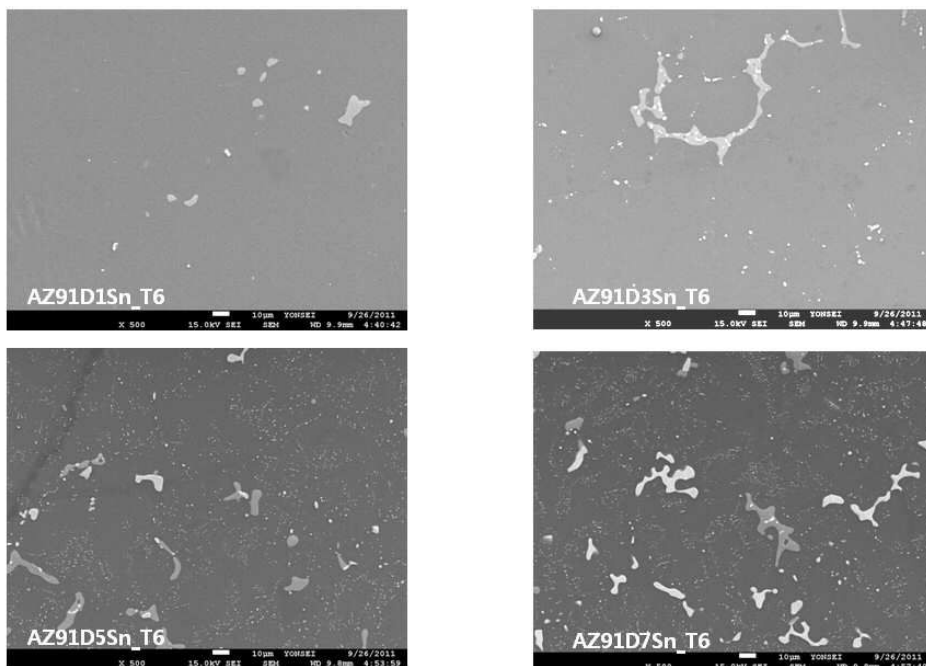


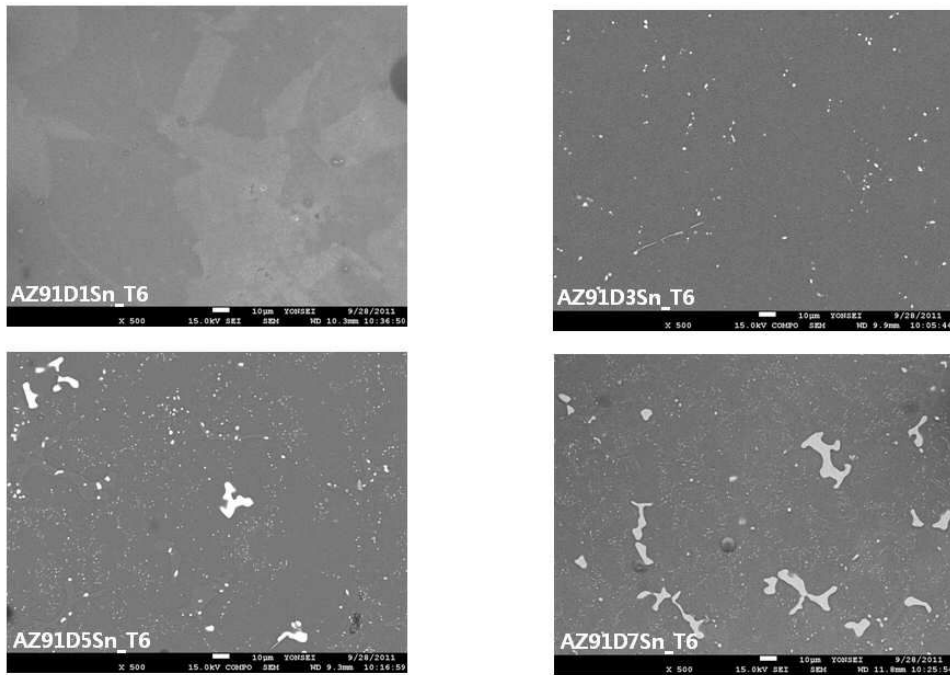
Fig. 1-Optical microstructures for (a) the AZ91D alloy, and alloys containing (b) 0.5%Sn, (c) 1.0% Sn and (d) 2%Sn.

도면2

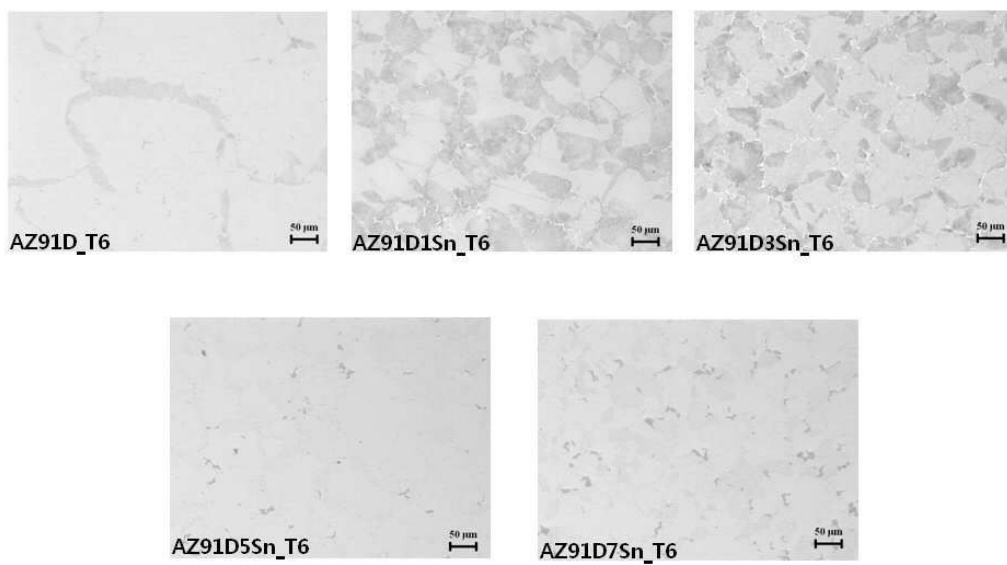




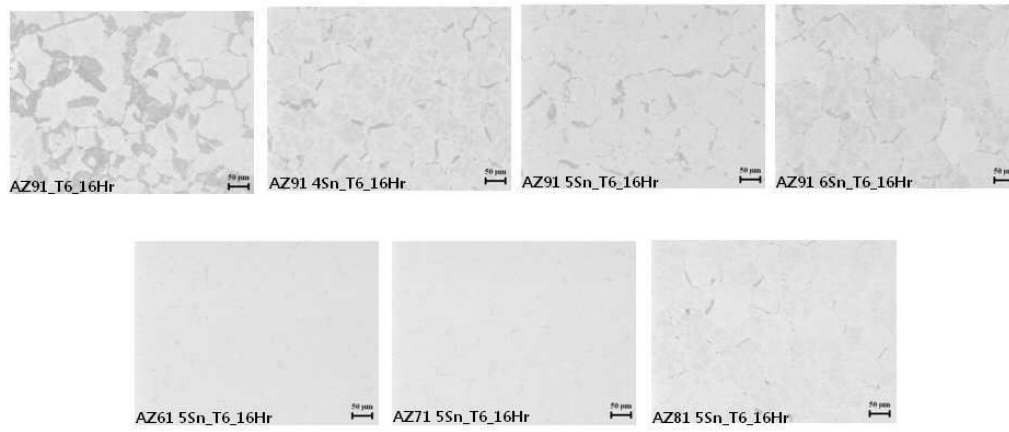
도면3



도면4



도면5



도면6

