

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012년 11월 29일 (29.11.2012)



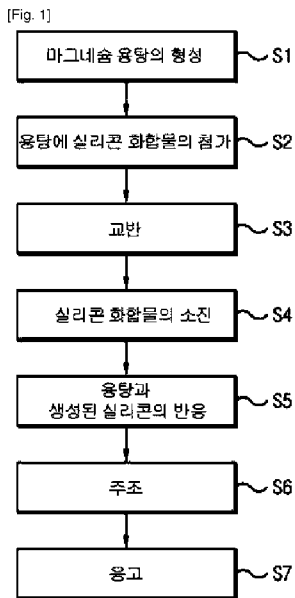
(10) 국제공개번호
WO 2012/161484 A2

- (51) 국제특허분류: *C22C 23/00* (2006.01) *B22D 21/04* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/003964
- (22) 국제출원일: 2012년 5월 18일 (18.05.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2011-0048099 2011년 5월 20일 (20.05.2011) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **한국생산기술연구원 (KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY)** [KR/KR]; 충청남도 천안시 서북구 입장면 흥천리 35-3, 331-825 Chungcheongnam-do (KR).
- (72) 발명자; 겸
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **김세광 (KIM, Shae K.)** [KR/KR]; 서울특별시 동작구 흑석동 한강현대아파트 114 동 1401 호, 156-792 Seoul (KR). **윤영욱 (YOON, Young Ok)** [KR/KR]; 인천광역시 남구 학익동 671-2 영남대국화아파트 3 동 402 호, 402-040 Incheon (KR). **이진규 (LEE, Jin Kyu)** [KR/KR]; 인천광역시 연수구 동춘동 동춘마을아파트 209 동 404 호, 406-752 Incheon (KR). **서정호 (SEO, Jung Ho)** [KR/KR]; 서울특별시 마포구 대흥동 캠프 21 오피스텔 1209 호, 121-080 Seoul (KR). **임현규 (IM, Hyun Kyu)** [KR/KR]; 인천광역시 연수구 해송로 70, 213 동 903 호, 406-840 Incheon (KR).
- (74) 대리인: **나동규 (NA, Dong Kyu)**; 대전시 서구 둔산 1 동 1508 번지 오성빌딩 302 호, 302-120 Daejeon (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: MAGNESIUM-BASED ALLOY PRODUCED USING A SILICON COMPOUND AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 발명의 명칭 : 실리콘화합물을 이용하여 제조된 마그네슘계 합금 및 그 제조 방법



- S1 ... Prepare molten magnesium
- S2 ... Add a silicon compound to the molten magnesium
- S3 ... Agitation
- S4 ... Exhaust the silicon compound
- S5 ... React the molten magnesium and the produced silicon
- S6 ... Casting
- S7 ... Coagulation

(57) Abstract: The present invention relates to a magnesium-based alloy, and to a method for producing same. The method comprises the steps of: melting a magnesium alloy into a liquid state; adding a silicon compound to said molten magnesium alloy; exhausting the silicon compound through a full reaction between said molten magnesium alloy and said added silicon compound such that the silicon compound does not substantially remain in the magnesium alloy; and exhausting the silicon produced as a result of said exhaustion in the previous step such that the silicon may not substantially remain in said magnesium alloy.

(57) 요약서: 본 발명은 마그네슘계 합금 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 마그네슘 합금을 액상으로 용해하는 단계와, 상기 마그네슘 합금이 용해된 용탕에 실리콘화합물을 첨가하는 단계와, 상기 용탕과 상기 첨가된 실리콘화합물의 충분한 반응을 통해, 상기 실리콘화합물이 마그네슘 합금 속에 실질적으로 잔류되지 않도록 소진시키는 단계, 및 상기 소진 결과 생성된 실리콘을 상기 마그네슘 합금 속에 실질적으로 잔류되지 않도록 소진시키는 단계를 포함한다.

WO 2012/161484 A2



SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의
역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를
별도 공개함 (규칙 48.2(g))

명세서

발명의 명칭: 실리콘화합물을 이용하여 제조된 마그네슘계 합금 및 그 제조 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 실리콘 대신 실리콘화합물을 마그네슘이나 마그네슘 합금의 용탕에 직접 첨가하여 제조된 마그네슘계 합금 및 그 제조 방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 마그네슘이나 마그네슘 합금의 용탕에 실리콘화합물을 투입하여 용탕에서 실리콘화합물의 환원반응을 유도하고, 상기 환원반응으로 생성된 실리콘을 상기 용탕 속에서 화합물화시킨 마그네슘 합금 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 마그네슘 또는 마그네슘 합금은 실용 금속 중에서 가장 가벼운 금속으로, 비강도, 비강성이 우수하여 경량 구조 재료로서 기대되고 있다. 일반적으로 마그네슘 합금은 마그네슘이나 마그네슘 합금에 화합물이 아닌 합금원소를 첨가하여 합금화한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [3] 본 발명의 목적은 실리콘화합물을 마그네슘 또는 마그네슘 합금 용탕에 첨가하여 새로운 방법으로 제조된 마그네슘계 합금 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.
- [4] 본 발명의 또 다른 목적은 기존 마그네슘 또는 마그네슘 합금에 첨가되는 실리콘(Si) 대신 상대적으로 저가인 실리콘화합물(SiO_2)을 사용함으로써 합금의 제조비용을 절감하는데 있다.
- [5] 본 발명의 또 다른 목적은 실리콘을 직접 첨가하는 대신, 실리콘화합물을 간접 투입하여 실리콘의 고용을 최소화시켜 첨가 합금원소의 효과를 극대화하는데 있다.
- [6] 본 발명의 또 다른 목적은 마그네슘 또는 마그네슘 합금 속에 생성되는 실리콘화합물의 양을 보다 극대화시켜 마그네슘 합금의 물성을 증대시키는데 있다.
- [7] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [8] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 마그네슘계 합금 제조방법은 마그네슘 또는 마그네슘 합금을 액상으로 용해하는 단계, 상기 마그네슘 또는 마그네슘

합금이 용해된 용탕에 실리콘화합물을 첨가하는 단계, 상기 용탕과 상기 첨가된 실리콘화합물의 반응을 통해, 상기 실리콘화합물을 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금 속에서 적어도 일부를 소진시키는 단계 및, 상기 소진 결과 생성된 실리콘을 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금 속에서 적어도 일부를 반응시키는 단계를 포함한다.

- [9] 본 발명의 마그네슘계 합금 제조방법은, 마그네슘 또는 마그네슘 합금을 액상으로 용해하는 단계, 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금이 용해된 용탕에 실리콘화합물을 첨가하는 단계, 상기 용탕과 상기 첨가된 실리콘화합물의 충분한 반응을 통해, 상기 실리콘화합물이 마그네슘 합금 속에 실질적으로 잔류되지 않도록 소진시키는 단계 및, 상기 소진 결과 생성된 실리콘을 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금 속에 실질적으로 잔류되지 않도록 반응시키는 단계를 포함한다.
- [10] 또한, 상기 첨가된 실리콘화합물이 상기 용탕 내부로 혼입되지 않도록 상기 용탕의 표면에 고루 퍼주는 단계를 더 포함하기도 한다.
- [11] 상기 실리콘화합물의 산소원소는 산소 가스의 형태로 제거되거나 또는 용탕속의 마그네슘 원소 및/또는 상기 마그네슘의 합금화 원소와의 결합을 통해서 드로스 형태로 제거되는 것을 특징으로 한다.
- [12] 또한, 상기 용탕과 상기 첨가된 실리콘화합물의 상기 반응을 상기 용탕의 교반을 통해서 촉진시키는 것을 특징으로 한다.
- [13] 상기 소진 결과 생성된 실리콘은 상기 마그네슘 합금 속의 마그네슘, 그리고 그 외 합금원소 중 적어도 어느 하나와 화합물을 형성하여 실질적으로 잔류되지 않는 것을 특징으로 한다.
- [14] 상기 실리콘화합물은 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금과의 반응을 촉진시키기 위해 분말상태인 것을 특징으로 한다.
- [15] 상기 실리콘화합물은 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금의 용탕과 충분히 반응하여 모두 소진되어 용탕에 상기 실리콘화합물로 잔류하지 않을 수 있는 양까지 투입하는 것을 특징으로 한다.
- [16] 상기 교반은, 상기 용탕을 전자기적인 교반을 통해서 이루어지거나 상기 용탕을 기계적으로 교반하여 이루어진다.
- [17] 또한, 상기 교반은, 상기 용탕 표면이 대기중에 노출된 상태에서 행해지는 것이 특징이며, 상기 화합물은 Mg_2Si 이다.
- [18] 상기 실리콘화합물은 입자의 크기가 0.1 내지 $200\mu m$ 이며, 상기 실리콘화합물의 첨가량은 0.001중량%에서 30중량%인 것을 특징으로 한다.
- [19] 본 발명의 마그네슘계 합금 제조방법은 마그네슘 또는 마그네슘 합금을 액상으로 용해하는 단계, 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금이 용해된 용탕에 실리콘화합물을 첨가하는 단계, 상기 용탕과 상기 첨가된 실리콘화합물의 환원반응을 통해, 상기 실리콘화합물의 산소원소를 제거하는 단계 및, 상기 환원반응으로 생성된 실리콘을 상기 용탕 속에 화합물화시키는 단계를

포함한다.

- [20] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 마그네슘계 합금은 상기와 같은 제조 방법을 통해 형성된다.

발명의 효과

- [21] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 실리콘화합물을 마그네슘 또는 마그네슘 합금 용탕에 첨가하여 새로운 마그네슘계 합금을 제조함에 따라 기존의 실리콘의 직접 첨가로 인한 문제점들을 해소할 수 있다.
- [22] 본 발명은 마그네슘계 합금의 제조 공정 중, 첨가되는 실리콘화합물을 실리콘과 비교하여 저가로 구입하여 사용할 수 있음으로써, 마그네슘 합금의 생산 원가가 절감된다.
- [23] 또한, 첨가되는 실리콘화합물로부터 환원반응으로 생성된 실리콘은 마그네슘 합금 속에 고용되지 않고, 화합물(대표적으로 Mg_2Si)의 상을 직접 형성시킨다. 결과적으로 실리콘화합물의 실리콘의 양을 통해 마그네슘 합금 속에 상형성으로 포함될 실리콘의 함량을 예측할 수 있다. 또한 화합물의 상형성으로 인한 마그네슘 합금의 조직이 미세화되어 기계적 특성이 향상된다.
- [24] 또 다른 효과로는 실리콘화합물의 환원반응을 통해 용탕에 공급되는 실리콘원소는 용탕의 마그네슘원소나 기타 다른 합금원소들과 결합하여 고온안정한 화합물을 만든다. 이렇게 생성된 화합물은 마그네슘합금의 물성 향상에 도움을 준다.

도면의 간단한 설명

- [25] 도 1은 본 발명에 따른 마그네슘 합금의 제조 방법을 도시한 순서도이다.
- [26] 도 2는 본 발명에서 마그네슘 용탕에 첨가된 실리콘산화물의 해리 순서도이다.
- [27] 도 3은 본 발명에 따라 Mg에 0.5wt% SiO_2 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 조직사진(x50)이다.
- [28] 도 4는 본 발명에 따라 Mg에 0.5wt% SiO_2 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 조직사진(x100)이다.
- [29] 도 5는 본 발명에 따라 Mg에 0.5wt% SiO_2 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 조직사진(x200)이다.
- [30] 도 6은 본 발명에 따라 Mg에 0.5wt% SiO_2 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 EPMA의 점(point) 분석을 나타낸 그래프이다.
- [31] 도 7은 본 발명에 따라 Mg에 0.5wt% SiO_2 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 연마 표면의 SEM 이미지 사진이다.
- [32] 도 8은 본 발명에 따라 Mg에 0.5wt% SiO_2 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 마그네슘(Mg)에 대한 Mapping 분석을 나타낸 사진이다.
- [33] 도 9는 본 발명에 따라 Mg에 0.5wt% SiO_2 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 실리콘(Si)에 대한 Mapping 분석을 나타낸 사진이다.
- [34] 도 10은 본 발명에 따라 Mg에 0.5wt% SiO_2 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의

산소(O)에 대한 Mapping 분석을 나타낸 사진이다.

- [35] 도 11은 본 발명에 따라 Mg합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 조직사진(x50)이다.
- [36] 도 12는 본 발명에 따라 Mg합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 조직사진(x100)이다.
- [37] 도 13은 본 발명에 따라 Mg합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 조직사진(x200)이다.
- [38] 도 14는 본 발명에 따라 Mg합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 EPMA의 점(point) 분석을 나타낸 그래프이다.
- [39] 도 15는 본 발명에 따라 Mg합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 마그네슘(Mg)에 대한 Mapping 분석을 나타낸 사진이다.
- [40] 도 16은 본 발명에 따라 Mg합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 알루미늄(Al)에 대한 Mapping 분석을 나타낸 사진이다.
- [41] 도 17은 본 발명에 따라 Mg합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 실리콘(Si)에 대한 Mapping 분석을 나타낸 사진이다.
- [42] 도 18은 본 발명에 따라 Mg합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조한 마그네슘 합금의 산소(O)에 대한 Mapping 분석을 나타낸 사진이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [43] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 어느 곳에서든지 동일한 부호로 표시한다. 또한 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [44] 본 발명에서는 실리콘화합물을 마그네슘 또는 마그네슘 합금의 용탕에 첨가하여 새로운 합금을 제조하는 방법 및 그 합금에 관한 것이다.
- [45] 도 1은 본 발명에 따른 마그네슘계 합금의 제조 방법을 도시한 순서도이다.
- [46] 도 1에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 마그네슘계 합금의 제조 방법은 마그네슘 또는 마그네슘 합금의 용탕 형성 단계(S1)와, 실리콘화합물 첨가 단계(S2), 교반 단계(S3), 실리콘화합물 소진 단계(S4), 용탕과 실리콘의 반응 단계(S5), 주조 단계(S6), 및 응고 단계(S7)를 포함한다. 상기 실리콘화합물의 소진 단계(S4)와 상기 용탕과 생성된 실리콘의 반응 단계(S5)는 설명의 편의상 별개의 단계로 분리하였지만, 두 공정(S4, S5)은 거의 동시에 일어난다. 그리고 S4와 S5는 실질적으로 S3의 교반 단계 이전이라도 일어날 수 있다. S4와 S5는 실리콘화합물의 첨가와 동시에 일어날 수 있다.
- [47] 상기 마그네슘계 용탕 형성 단계(S1)에서는 마그네슘 또는 마그네슘 합금을 도가니에 넣고 보호 가스 분위기에서 400 내지 800°C의 온도를 제공한다. 그러면, 상기 도가니 내의 마그네슘 합금은 용해되어 마그네슘계 용탕을 형성한다.
- [48]

[49] 마그네슘이나 마그네슘 합금의 용해온도

[50] 본 발명에서 마그네슘이나 마그네슘합금의 용해를 위한 온도는 순수 마그네슘 금속이 녹는 온도와 마그네슘합금이 녹는 온도를 의미한다. 합금의 종류에 따라 녹는 온도는 차이가 있을 수 있다. 충분한 반응을 위하여는 마그네슘이나 마그네슘합금이 완전히 용해된 상태에서 실리콘화합물이 투입된다. 마그네슘이나 마그네슘합금의 용해 온도는 고상이 충분히 녹아서 완전한 액상으로 존재하는 온도이면 충분하다. 단, 본 발명에서 실리콘화합물의 첨가로 인하여 용탕의 온도가 떨어지는 점을 고려하여 충분히 여유를 갖는 온도범위에서 용탕을 유지하는 작업이 필요하다. 또는 실리콘화합물의 투입시 일정 온도로 가열하여 용탕 속에 투입할 수도 있다.

[51] 여기서, 온도가 400°C 미만이면 마그네슘 합금 용탕이 형성되기 어렵고, 온도가 800°C를 초과하면 마그네슘계 용탕이 발화할 위험이 있다. 일반적으로 금속학에서 합금화가 됨에 따라 용융점은 떨어지는 경우가 많다.

[52] 용해온도를 너무 높고 올릴 경우에는 액체금속의 기화가 발생하고 또한 마그네슘의 특성상 쉽게 발화하여 용탕양의 손실을 가져올 수 있고 최종물성에도 악영향을 미칠 수 있다.

[53] 마그네슘계 용탕 형성 단계에서 이용된 마그네슘은 순수 마그네슘, 마그네슘 합금 및 그 등가물 중에서 선택된 어느 하나일 수 있다. 또한, 마그네슘 합금은 AZ91D, AM20, AM30, AM50, AM60, AZ31, AS41, AS31, AS21X, AE42, AE44, AX51, AX52, AJ50X, AJ52X, AJ62X, MRI153, MRI230, AM-HP2, 마그네슘-Al, 마그네슘-Al-Re, 마그네슘-Al-Sn, 마그네슘-Zn-Sn, 마그네슘-Si, 마그네슘-Zn-Y 및 그 등가물 중에서 선택된 어느 하나일 수 있다. 본 발명에서는 산업계에서 사용되고 있는 어떠한 마그네슘합금도 사용이 가능하다.

[54] 상기 실리콘화합물 첨가 단계(S2)에서는 상기 마그네슘 용탕에 분말 형태의 실리콘화합물을 첨가한다. 여기서, 실리콘화합물은 마그네슘 합금과의 반응을 촉진시키기 위해 분말상태인 것이 바람직하다.

[55]

[56] 실리콘화합물의 분말 상태

[57] 반응을 위하여 투입되는 실리콘화합물은 어떠한 형태로 투입되어도 상관없다. 바람직하게는 효율적인 반응을 위하여 반응 표면적을 증대시키기 위하여 분말상태의 투입이 바람직하다. 그러나 0.1 μ m미만으로 너무 미세한 경우는 기화되는 마그네슘이나 열풍에 의하여 비산되어 노에 투입되기 어려움이 발생된다. 그리고 서로 응집되어서 액상의 용융금속과 쉽게 섞이지 않고 덩어리지게 된다. 너무 굵은 경우에는 표면적을 증대시킨다는 관점에서 바람직하지 않다. 이상적인 파우더의 입도는 500 μ m 이하으로 하는 것이 바람직하다. 더욱 바람직하게는 200 μ m이하인 것이 좋다.

[58] 분말상들의 비산을 방지하기 위하여 분말형태를 응집시킨 펠렛형태의 실리콘화합물을 투입하는 것도 가능하다.

[59]

[60] 투입되는 실리콘화합물[61] 용탕에 첨가되는 실리콘화합물로는 대표적으로 SiO_2 가 사용될 수 있다. 그러나 SiO_2 으로 제한되지 않고 어떠한 종류의 실리콘화합물도 사용될 수 있다.

[62] 상기 실리콘화합물 첨가 단계에서 이용된 실리콘화합물의 양은 마그네슘이나 마그네슘 용탕의 양에 의존한다. 용탕 속에 반응으로 첨가될 수 있는 실리콘화합물의 양은 실리콘화합물이 모두 소진되어 최종 마그네슘합금에 실리콘화합물로 잔류하지 않을 수 있는 양까지 투입이 가능하다. 또는 상기 실리콘화합물은 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금의 용탕 속에 잔류하지 않는 정도의 양까지 투입 가능하다. 만일 초과하는 양의 실리콘화합물이 투입되는 경우에는 용탕의 드로스와 함께 제거되거나, 출탕 후 제거된다. 실험을 통하여 용탕의 30중량%까지 투입하는 경우 실리콘화합물이 용탕에서 용이하게 환원반응이 일어나는 것을 확인하였다. 중량%로 0.001 미만의 실리콘화합물의 첨가는 합금화의 효과를 얻기에 미약하였다.

[63] 실리콘화합물의 투입양은 목적으로 하는 최종타겟 합금조성에 따라서 결정된다. 즉 마그네슘합금 속에 실리콘을 합금화하길 희망하는 양에 따라서 역계산하여 실리콘화합물의 양을 결정할 수 있다.

[64] 상기 교반 단계(S3)에서는 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금 용탕에 첨가되는 실리콘화합물의 0.1wt% 당 1초~60분 동안 교반한다.

[65] 여기서 교반 시간이 0.1wt% 당 1초 미만이면 마그네슘 용탕에 화합물이 충분히 반응하지 않고, 교반 시간이 0.1wt% 당 60분을 초과하면 마그네슘 용탕의 교반 시간이 불필요하게 길어질 수 있다. 일반적으로 교반의 시간은 용탕의 크기와 투입되는 실리콘화합물의 양에 의존한다.

[66] 화합물 분말의 투입은 필요 양을 일시에 투입하는 방법도 사용할 수 있으나, 반응을 촉진시키고 분말의 응집 가능성을 낮추는 측면에서는 일차 투입 후에 시간차를 가지고 제차 또는 적정량으로 나누어 순차적으로 투입하는 것도 바람직하다. 이를 통해서 표면에서 반응이 주로 일어날 수 있도록 유도할 수 있다.

[67]

[68] 교반 방법 및 조건

[69] 본 발명의 마그네슘 또는 마그네슘합금과 실리콘화합물과의 효율적인 환원반응을 위하여 교반이 바람직하다. 교반의 형태는 용탕을 담고 있는 노주위에 전자기장을 인가할 수 있는 장치를 구비함으로 전자기장 필드를 발생시켜 용탕의 대류(컨벡션)을 유도할 수 있다. 또한 외부에서 용탕에 인위적인 교반(기계적인 교반)을 할 수 있다. 기계적인 교반의 경우 투입되는 실리콘화합물 분말이 뭉치지 않도록 적절하게 교반할 수도 있다. 교반의 궁극적인 목적은 용탕과 투입되는 분말과의 반응을 적절하게 유도하는데 있다.

[70] 교반을 위한 시간은 용탕의 온도와 투입되는 실리콘화합물 분말의

상태(예열상태 등)등에 따라 차이가 있을 수 있다. 바람직하게는 용탕표면에서 실리콘화합물 분말이 보이지 않을 때까지 교반하여 주는 것을 원칙으로 한다. 용탕과 실리콘화합물이 충분한 반응을 일으킬 때까지 교반을 하는 것이 바람직하다. 여기서 충분한 반응이라고 함은 실리콘화합물이 용탕과 실질적으로 모두 환원반응하여 소진된 상태를 의미한다.

- [71] 실리콘화합물(SiO_2 의 경우)의 비중은 마그네슘이나 마그네슘 합금의 비중보다 크다. 따라서 실리콘화합물이 마그네슘이나 마그네슘 합금의 용탕 속으로 가라앉는다. 그러나 실리콘화합물이 분말인 경우에는 용탕의 점성이 분말의 비중의 영향력보다 크기에 용탕 아래로 하강하지 않고 용탕의 표층부에 부유할 가능성이 더 높다. 결과적으로 본 발명에서는 분말형태의 화합물을 사용하기에 화합물의 교반은 상층부에서 이루어진다고 말할 수 있다. 비중차에 의하여 침강하여 잔류하는 화합물의 경우 합금제조 출탕시 조절하여 제거할 수 있다.
- [72] 충분한 교반시간 이후에도 유지시간을 갖으면서 미쳐 반응하지 않은 분말이 반응할 수 있는 시간을 부여하는 것이 바람직하다.

[73]

[74] 교반의 시기

- [75] 교반의 시기는 화합물 분말의 투입과 동시에 하는 것이 유효하다. 용탕으로 투입된 화합물의 분말이 감지되지 않을 때까지 교반을 계속하여 준다. 투입된 화합물이 환원반응으로 모두 소진된 후 교반을 완료한다.

[76]

[77] 표면 반응

- [78] 일반적으로 금속의 합금화의 경우에는 순수한 실리콘의 용해를 돕기 위해서 단순히 용탕을 저어주는 것으로 충분하다. 용탕과 합금원소를 대류(convection)나 교반(stirring)을 시켜서 적극적인 반응을 유도하여 용탕내부에서 반응이 일어나도록 할 수도 있다.

- [79] 본 발명에서도 이러한 대류나 교반의 방법을 적용한다. 그리고 이외에도 투입되는 실리콘화합물이 용탕의 표면에 투입되면서 교반을 통해서 반응을 촉진시킬 수도 있다. 즉, 용탕 속의 반응뿐만 아니라 용탕 표면에서의 반응을 유도하여 실리콘화합물의 환원반응을 극대화할 수 있다.

- [80] 본 발명에서는 화합물이 용탕 속에서 반응하기보다는 용탕의 표면에서 반응하도록 반응환경을 조성하는 것이 중요하다. 그러기 위해서는 용탕 표면에 부유하는 화합물을 강제적으로 용탕 안으로 저어주지 않도록 하는 것이 중요하다. 즉, 투입된 실리콘화합물이 용탕 상층부로 부유하지 않고 용탕 내부로 혼입되면 실리콘화합물에서 산소가 분리되는 환원반응이 용이하게 일어나지 않게 된다. 단순히 표면에 퍼져 있는 화합물을 용탕의 표면에서 고루 퍼지도록 펼쳐주는 것이 중요하다.

- [81] 교반을 안하는 것보다는 하는 것이 반응이 잘 일어나고, 용탕의 내부보다는 외부표면(상층부 표면)에서 교반을 하는 것이 더 잘 일어났다. 즉

외부표면(상층부 표면)은 대기와 노출된 분말과 더 반응을 잘 일으켰다. 실리콘화합물의 경우 용탕이 대기중에 접촉하고 있는 것이 환원반응을 위해서는 더 좋았다. 충분한 반응을 위해서는 상층부 교반을 행하여 표면반응을 유도하는 것이 필요하다. 이를 위해서 실리콘화합물의 침강의 가능성을 막기 위하여 용탕에 화합물을 투입하는 즉시 표면교반을 일으키는 것이 중요하다. 또한 실리콘화합물을 동시에 과도한 양을 투입하는 것보다는 용탕의 표면적을 고려하여 적정량을 순차적으로 투입하여 용탕표면에서 실리콘화합물이 반응의 기회를 많이 가질 수 있도록 하는 것이 중요하다.

- [82] 실리콘화합물의 산소성분은 상기 용탕 상부층의 교반을 통해서 실질적으로 용탕 표면 위로 제거된다. 상기 교반은 상기 용탕 표면으로부터 용탕 전체 깊이의 20% 내외의 상층부에서 교반이 이루어지는 것이 좋다. 20% 이상의 깊이에서는 본 발명에서 바람직한 예시로 제시한 표면반응이 일어나기가 어렵다. 더욱 바람직하게는 상기 용탕 표면으로부터 용탕 전체 깊이의 10% 내외의 상층부에서 교반이 이루어지는 것이 좋다. 이는 실질적으로 부유하는 실리콘화합물을 실제로 용탕깊이에 10% 상위층에서 위치하도록 유도함으로 용탕의 교란을 최소화할 수 있었다.
- [83] 상기 실리콘화합물의 소진 단계(S4)에서는 상기 용탕과 상기 첨가된 실리콘화합물의 반응을 통해, 실리콘화합물이 마그네슘 합금 속에 적어도 일부 또는 실질적(substantially)으로 잔류되지 않도록 소진시키게 된다. 본 발명에서 투입되는 실리콘화합물은 환원반응에 의하여 전부 소진되는 것이 바람직하다. 그러나, 일부 반응하지 않고 합금내에 남아 있는 경우라도 물성에 크게 영향을 미치지 않는 경우에도 유효하다.
- [84] 여기에서, 실리콘화합물을 소진시킨다는 것은, 실리콘화합물에서 산소 성분을 제거하는 것이다. 상기 산소 성분은 산소(O₂) 가스의 형태로 제거되거나, 또는 용탕속의 마그네슘 또는 그 합금성분과의 결합을 통해서 드로스(dross)나 슬러지형태로 제거될 수 있다.
- [85] 상기 실리콘 반응 단계(S5)에서는, 상기 실리콘화합물의 소진 결과로 생성된 실리콘을 마그네슘 합금 속에 적어도 일부 또는 실질적으로 잔류되지 않도록 반응시키게 된다. 여기서, 소진 결과 생성된 실리콘은 상기 마그네슘 합금 속의 마그네슘, 그리고 상기 용탕속의 그 외 합금원소(성분) 중 적어도 어느 하나와 화합물화되어 실질적으로 잔류되지 않도록 한다. 여기서 실리콘화합물은 실리콘의 공급원으로 작용한다.
- [86] 결국, 첨가된 실리콘화합물은 용탕인 마그네슘 합금과의 반응을 통해 산소성분이 제거되어 적어도 일부 또는 실질적으로 없어지며, 산소 성분이 제거된 실리콘은 마그네슘 합금 속의 마그네슘, 그리고 상기 용탕속의 그 외 합금원소 중 적어도 어느 하나와 화합물화되어 마그네슘 합금 속에 적어도 일부 또는 실질적으로 잔류되지 않게 된다. 지금까지 설명한 과정은 도 1과 도 2에 도시되어 있다. 도 2는 본 발명에서 마그네슘 용탕에 첨가하여 사용되는

실리콘화합물의 해리 순서도이다.

[87] 한편, 주조 단계(S6)에서는 상기 마그네슘 용탕을 상온이나 예열상태의 주형에 넣어 주조한다. 여기서, 상기 주형은 금형, 세라믹형, 그라파이트형 및 그 등가물 중에서 선택된 어느 하나를 이용할 수 있다. 또한, 주조 방식은 중력 주조, 연속 주조 및 그 등가 방식이 가능하다.

[88] 상기 응고 단계(S7)에서는 상기 주형을 상온으로 냉각시킨 후 주형에서 마그네슘 합금 잉곳을 꺼낸다. 상기와 같은 방법으로 제조된 마그네슘 합금은 아래에서 설명하겠지만 마그네슘계 합금 속에 마그네슘, 알루미늄, 그리고 상기 용탕속의 그 외 합금원소 중 적어도 어느 하나를 포함하는 형태를 갖게 된다.

[89] 순수한 마그네슘 용탕의 경우에는 용탕속의 마그네슘성분은 실리콘과 반응하여 마그네슘(실리콘)화합물을 형성한다. 일례로 실리콘화합물이 SiO_2 인 경우는 Mg_2Si 가 형성된다. 그리고 SiO_2 를 구성하고 있던 산소는 O_2 가 되어 용탕 밖으로 배출되거나, Mg와 결합하여 MgO가 되고 드로스 형태로 배출된다.(아래 반응식 1을 참조)

[90] 반응식 1

[91] $\text{Pure Mg} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Mg (Matrix)} + \text{Mg}_2\text{Si}$

[92] ... [O_2 발생 + MgO dross 발생]

[93]

[94] 마그네슘 합금 용탕의 경우에는 용탕속의 마그네슘성분은 실리콘과 반응하여 마그네슘(실리콘) 화합물을 형성한다. 또한 마그네슘, 알루미늄과 함께 합금원소가 실리콘과 화합물을 형성한다. 일례로 실리콘화합물이 SiO_2 인 경우는 Mg_2Si 또는 (Mg, Al, 기타 합금원소)Si가 형성된다. 그리고 SiO_2 를 구성하고 있던 산소는 순수 마그네슘의 경우와 같이 O_2 가 되어 용탕 밖으로 배출되거나, Mg와 결합하여 MgO가 되고 드로스 형태로 배출된다.(아래 반응식 2를 참조)

[95]

[96] 반응식 2

[97] $\text{Mg Alloy} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Mg Alloy (Matrix)} +$

[98] $(\text{Mg}_2\text{Si} + (\text{Mg, Al, 기타 합금원소})\text{Si})$

[99] ... [O_2 발생 + MgO dross 발생]

[100] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 종래의 마그네슘 합금의 생산방법과 비교하여 보다 경제적으로 마그네슘 합금을 제조공법이다. 실리콘화합물을 실리콘을 대신하여 마그네슘이나 마그네슘합금에 첨가함으로써 상대적으로 합금화하기가 용이하다. 실리콘을 직접 첨가하지 않고, 화학적으로 안정한 실리콘화합물을 첨가함으로써 궁극적으로 합금의 물성에 중요한 Mg_2Si 또는 Mg/Al과 Si의 화합물의 상을 직접 만들 수 있다. 이로 인하여 마그네슘합금의 조직이 미세화되며 강도가 향상된다.

[101] 또한, 실리콘을 마그네슘이나 마그네슘합금에 직접 투입하는 경우 마그네슘 합금에서 실리콘의 고용화가 일정한 양 발생하는 반면에, 본 발명의 경우에는

실리콘화합물을 첨가시 실리콘의 고용되는 정도가 실리콘을 직접 첨가하는 경우와 비교하여 없거나 극히 적다. 따라서 실리콘화합물을 첨가하여 마그네슘합금을 제조하는 경우에는 실리콘이 직접 마그네슘 및 기타 합금원소들과 화합물을 형성함으로써 물성이 실리콘을 직접 첨가하였을 때보다 향상됨을 볼 수 있다.

[102] 본 발명에서 제조된 상기 마그네슘계 합금은 캐스팅 합금(casting alloy), 러트 합금(wrought alloy), 크립 합금(creep alloy), 댐핑 합금(damping alloy), 분해 가능한 바이오 합금(degradable bio alloy) 및 파우더 메탈러지(powder metallurgy)중에서 선택된 적어도 어느 하나로 이용될 수 있다.

[103]

[104] 본 발명의 제조 방법으로 제조된 마그네슘계 합금은 경도(HRF)가 40 내지 80일 수 있다. 그러나 이러한 경도값은 가공 방법 및 열처리 등에 따라 다양하게 변화하기 때문에, 이러한 경도 값으로 본 발명에 따른 마그네슘계 합금을 한정하는 것은 아니다.

[105]

[106] 다음의 표 1은 본 발명에서 제조된 마그네슘 합금의 상온에서의 경도를 나타낸 표이다. 순수 마그네슘에 실리콘산화물을 중량비로 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조된 마그네슘 합금의 경도를 측정하였다.

[107] 표 1

[Table 1]

시편번호	1	2	3	4	5	6	7	평균
경도(HR15T)	39	41	36	42	42	36	39	39.3

[108]

[109] 다음의 표 2는 본 발명에서 제조된 마그네슘 합금의 상온에서의 경도를 나타낸 표이다. 마그네슘 합금인 AM60에 실리콘산화물을 중량비로 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조된 마그네슘 합금의 경도를 측정하였다.

[110] 표 2

[Table 2]

시편번호	1	2	3	4	5	6	7	평균
경도(HRF)	43	44	46	42	43	41	44	43.3

[111] 본 발명에서 생산된 마그네슘합금의 경우 동종의 마그네슘 합금의 경도보다 높게 나타났다. 그 이유는 환원반응으로 생성된 실리콘이 마그네슘이나

마그네슘 합금 속의 Mg 및/또는 기타 합금원소들과 화합물을 형성시키기 때문이다. 특히, 생성되는 Mg₂Si는 높은 경도와 낮은 열팽창계수를 가지고, 높은 용점(1085°C)을 갖기 때문에 마그네슘 합금의 기계적인 물성을 향상시킨다.

[112]

[113] 도 3, 4, 5는 본 발명에 따라 Mg에 0.5wt% SiO₂를 첨가하여 제조된 마그네슘 합금의 조직사진(각각 x50, x100, x200)이다.

[114] 도 11, 12, 13은 본 발명에 따라 상용 마그네슘(AM60)에 0.5wt% SiO₂를 첨가하여 제조된 마그네슘 합금의 조직사진(각각 x50, x100, x200)이다. 상기 조직사진들에서 볼 수 있듯이 마그네슘 또는 마그네슘합금의 용탕에 SiO₂를 첨가하여 조직이 미세화되는 것을 확인하였다. 이는 환원반응으로 생성된 실리콘과, 마그네슘 및 그 밖의 합금원소들과 상형성으로 인해 생성된 화합물이 미세조직의 결정립 성장을 억제하였기 때문이다. 본 발명에서 SiO₂가 첨가되어 제조된 마그네슘합금의 경우, 순수 Mg합금과 비교하여 결정립의 크기가 현저히 줄어들어 조직이 미세화됨을 확인할 수 있었다.

[115] 도 6은 본 발명에 따라 Mg에 0.5wt% SiO₂를 첨가하여 제조된 마그네슘 합금 EPMA의 점(point) 분석을 나타낸 그래프이다. 상형성된 화합물의 포인트 성분 분석결과를 통해 마그네슘 용탕에 실리콘산화물(SiO₂)을 직접 첨가하여 마그네슘-실리콘계 화합물을 형성시킨 것을 확인할 수 있다.

[116] 표 3

[Table 3]

	Mg	Si	Total
Point 1	90.96	9.04	100
Point 2	81.16	18.84	100
Point 3	84.44	15.56	100

[117] 도 7은 순수 마그네슘 용탕에 0.5wt%의 SiO₂를 첨가하여 제조한 Mg합금을 EPMA Mapping을 위해서 표면을 연마한 시편의 SEM사진이다. 사진에서 희미하게 결정입계를 확인할 수 있다.

[118] 도 8은 순수 마그네슘 용탕에 0.5wt%의 SiO₂를 첨가하여 제조한 Mg합금을 분석한 EPMA (Electron Probe Micro Analyzer) Mapping 사진이다. 마그네슘 성분원소가 시편의 모든 영역에 걸쳐 존재함을 알 수 있다.

[119] 도 9는 실리콘 원소에 대한 EPMA Mapping 사진으로서 결정립계를 따라 실리콘 성분원소가 존재함을 알 수 있다. 사진에서 청색 영역은 해당 성분원소가 없는 부분이다. 도 7과 도 8을 통해 Si의 존재영역이 Mg 존재영역과 겹침을 확인할 수 있다. 이는 Mg와 Si가 화합물을 이루고 있음을 간접적으로 시사한다. SiO₂에서 분리된 Si가 Mg기지에 고용되지 않고 Mg(기타 합금원소들)과 상을 형성하였기 때문이다.

[120] 도 10을 보면 합금 내에 산소 성분이 존재하지 않는 것을 알 수 있다. 이는 Mg합금에 첨가된 SiO₂에서 산소가 분리되어 용탕상태에서 O₂ 가스형태로 없어지거나 아니면 MgO(또는 Al이나 기타 합금원소의 화합물)형태의 드로스로 합금 내에서 제거되는 것을 보여 준다.

[121]

[122] 도 14는 본 발명에 따라 제조된 마그네슘 합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂를 첨가한 경우의 EPMA의 점(point) 분석을 나타낸 그래프이다. 상형성된 화합물의 포인트 성분 분석결과를 보면 마그네슘합금 용탕에 SiO₂를 직접 첨가하여 마그네슘-알루미늄-실리콘계 화합물이 형성된 것을 알 수 있다.

[123] 아래 표 4는 각 포인트(1, 2, 3)에서 카운트된 Mg, Al과 Si의 비율을 나타낸다.

[124] 표 4

[Table 4]

	Mg	Al	Si	Total
Point 1	78.96	3.59	17.45	100
Point 2	70.11	3.18	26.71	100
Point 3	77.62	3.15	19.23	100

[125]

[126] 도 15는 본 발명에 따라 상용 마그네슘 합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂를 첨가하여 제조된 마그네슘 합금의 Mapping 분석을 나타낸 그래프이다. 마그네슘에 대한 사진으로서 모든 영역에 걸쳐 마그네슘이 존재함을 알 수 있다.

[127] 도 16은 본 발명에 따라 Mg합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조된 마그네슘 합금의 알루미늄(Al)에 대한 Mapping 분석을 나타낸 사진이다. 알루미늄 원소에 대한 사진으로서 결정립계를 따라 존재함을 알 수 있다.

[128] 도 17은 본 발명에 따라 Mg합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조된 마그네슘 합금의 실리콘(Si)에 대한 Mapping 분석을 나타낸 사진이다. 사진에서 청색은 해당 성분원소가 없는 부분이다. 도 17의 Si의 존재영역이 도 16의 Al 존재영역과 겹친다는 점을 확인할 수 있다. 이는 Mg와 Si와 Al이 화합물을 이루고 있음을 간접적으로 시사한다. SiO₂에서 분리된 Si가 Mg기지에 고용되지 않고 Mg와 기타 합금원소인 Al과 상을 형성하였기 때문이다.

[129] 도 18은 본 발명에 따라 Mg합금(AM60)에 0.5wt% SiO₂ 첨가하여 제조된 마그네슘 합금의 산소(O)에 대한 Mapping 분석을 나타낸 사진이다. 도 18을 보면 합금 내에 산소 성분이 존재하지 않는 것을 알 수 있다. 이는 Mg합금에 첨가된 SiO₂에서 산소가 분리되어 용탕 상태에서 O₂ 가스형태로 없어지거나, MgO(또는 Al이나 기타 합금원소의 화합물)형태의 드로스로 합금 내에서 제거되는 것을 보여 준다.

[130] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 실리콘화합물을 마그네슘 또는 마그네슘

합금 용탕에 첨가하여 새로운 마그네슘계 합금을 제조함에 따라 기존의 실리콘의 직접 첨가로 인한 문제점들을 해소할 수 있다.

[131] 첨가되는 실리콘화합물로부터 환원반응으로 생성된 실리콘은 마그네슘 합금 속에 고용되지 않고, 화합물(대표적으로 Mg_2Si)의 상을 직접 형성시킨다. 화합물의 상형성으로 인한 마그네슘 합금의 조직이 미세화되어 기계적 특성이 향상된다.

[132] 즉, 실리콘화합물의 환원반응을 통해 용탕에 공급되는 실리콘원소는 용탕의 마그네슘원소나 기타 다른 합금원소들과 결합하여 고온안정한 화합물을 만든다. 이렇게 생성된 화합물은 마그네슘합금의 물성 향상에 도움을 준다.

[133]

[134] 상기의 본 발명은 바람직한 실시예를 중심으로 살펴보았으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 본질적 기술 범위 내에서 상기 본 발명의 상세한 설명과 다른 형태의 실시예들을 구현할 수 있을 것이다. 여기서 본 발명의 본질적 기술범위는 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

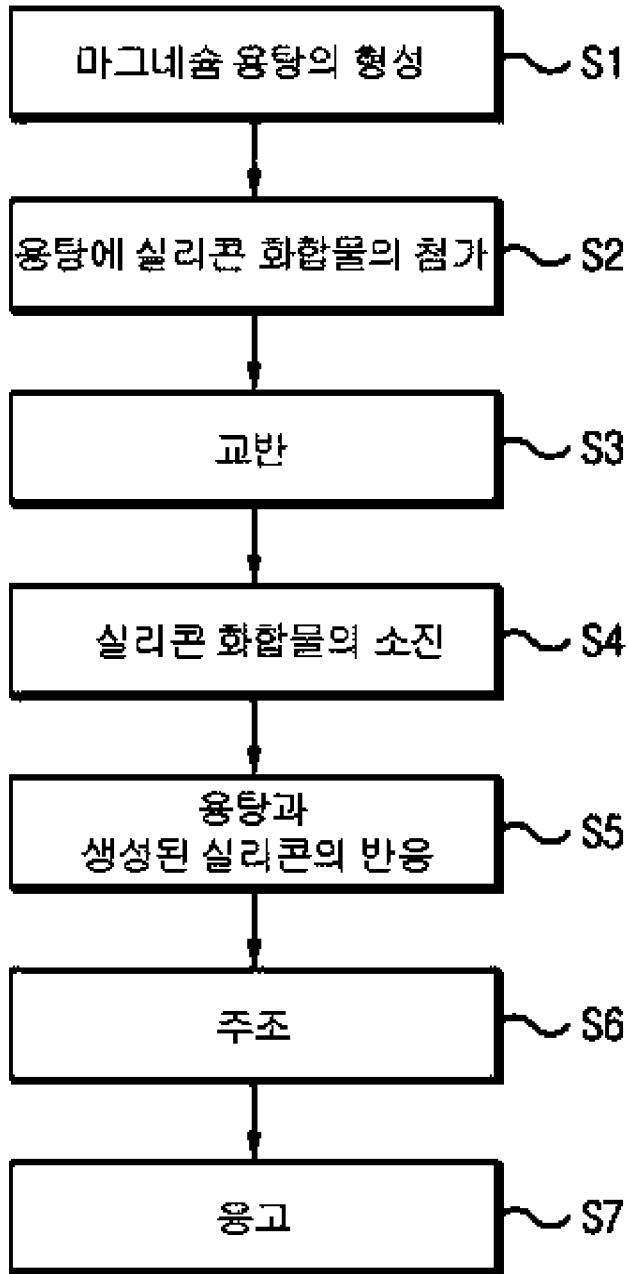
청구범위

- [청구항 1] 마그네슘계 합금을 제조하는 방법에 있어서,
 마그네슘 또는 마그네슘 합금을 액상으로 용해하는 단계;
 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금이 용해된 용탕에
 실리콘화합물을 첨가하는 단계;
 상기 용탕과 상기 첨가된 실리콘화합물의 반응을 통해, 상기
 실리콘화합물을 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금 속에서 적어도
 일부를 소진시키는 단계; 및
 상기 소진 결과 생성된 실리콘을 상기 마그네슘 또는 마그네슘
 합금 속에서 적어도 일부를 반응시키는 단계;를 포함하는,
 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 2] 마그네슘계 합금을 제조하는 방법에 있어서,
 마그네슘 또는 마그네슘 합금을 액상으로 용해하는 단계;
 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금이 용해된 용탕에
 실리콘화합물을 첨가하는 단계;
 상기 용탕과 상기 첨가된 실리콘화합물의 충분한 반응을 통해,
 상기 실리콘화합물이 마그네슘 합금 속에 실질적으로 잔류되지
 않도록 소진시키는 단계; 및
 상기 소진 결과 생성된 실리콘을 상기 마그네슘 또는 마그네슘
 합금 속에 실질적으로 잔류되지 않도록 반응시키는 단계;를
 포함하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
 상기 첨가된 실리콘화합물이 상기 용탕 내부로 혼입되지 않도록
 상기 용탕의 표면에 고루 퍼주는 단계를 더 포함하는, 마그네슘계
 합금 제조 방법.
- [청구항 4] 제 2 항에 있어서,
 상기 실리콘화합물의 산소원소는 산소 가스의 형태로 제거되거나
 또는 용탕속의 마그네슘 원소 및/또는 상기 마그네슘의 합금화
 원소와의 결합을 통해서 드로스 형태로 제거되는 것을 특징으로
 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 5] 제 2 항에 있어서,
 상기 용탕과 상기 첨가된 실리콘화합물의 상기 반응을 상기
 용탕의 교반을 통해서 촉진시키는 것을 특징으로 하는,
 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 6] 제 2 항에 있어서,
 상기 소진 결과 생성된 실리콘은 상기 마그네슘 합금 속의
 마그네슘, 그리고 그 외 합금원소 중 적어도 어느 하나와 화합물을

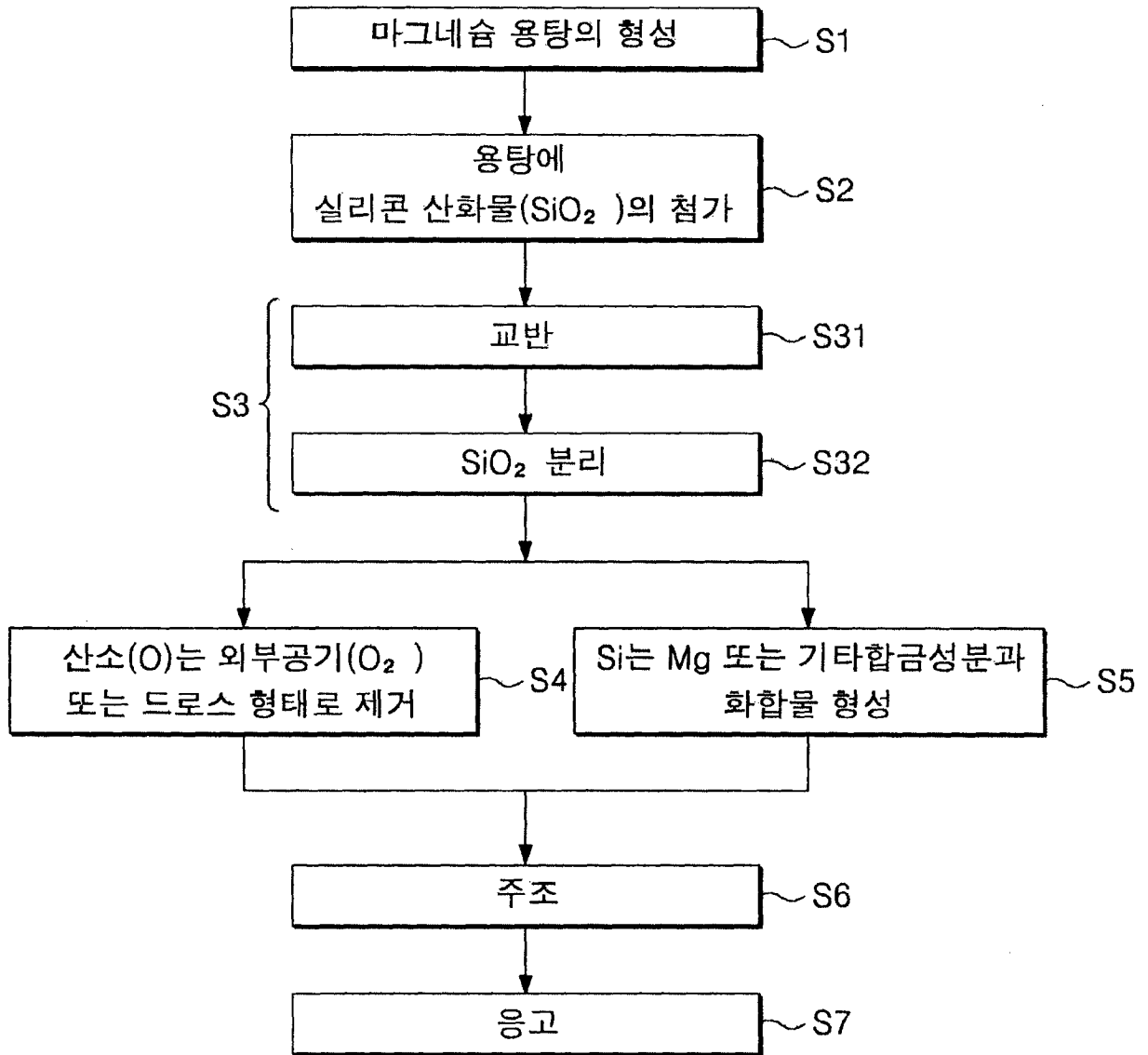
- 형성하여 실질적으로 잔류되지 않는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 7] 제 2 항에 있어서,
상기 실리콘화합물은 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금과의 반응을 촉진시키기 위해 분말상태인 것을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 8] 제 2 항에 있어서,
상기 실리콘화합물은 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금의 용탕과 충분히 반응하여 모두 소진되어 용탕에 상기 실리콘화합물로 잔류하지 않을 수 있는 양까지 투입하는 것을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 9] 제 5 항에 있어서,
상기 교반은, 상기 용탕을 전자기적인 교반을 통해서 이루어지는 것을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 10] 제 5 항에 있어서,
상기 교반은, 상기 용탕을 기계적으로 교반하는 것을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 11] 제 5 항에 있어서,
상기 교반은, 상기 용탕 표면이 대기중에 노출된 상태에서 행함을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 12] 제 6 항에 있어서, 상기 화합물은 Mg_2Si 인, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 13] 제 7 항에 있어서,
상기 실리콘화합물은 입자의 크기가 0.1 내지 $200\mu m$ 인 것을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 14] 제 8 항에 있어서,
상기 실리콘화합물의 첨가량은 0.001중량%에서 30중량%임을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 15] 마그네슘계 합금을 제조하는 방법에 있어서,
마그네슘 또는 마그네슘 합금을 액상으로 용해하는 단계;
상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금이 용해된 용탕에 실리콘화합물을 첨가하는 단계;
상기 용탕과 상기 첨가된 실리콘화합물의 환원반응을 통해, 상기 실리콘화합물의 산소원소를 제거하는 단계; 및
상기 환원반응으로 생성된 실리콘을 상기 용탕 속에 화합물화시키는 단계; 를 포함하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 16] 제 15 항에 있어서,
상기 산소원소는, 산소 가스의 형태로 제거되거나, 또는 용탕속의 마그네슘 및/또는 마그네슘의 합금화 원소와의 결합을 통해서

- 드로스 형태로 제거되는 것을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 17] 제 15 항에 있어서,
상기 환원반응을 통해 생성된 실리콘은 상기 마그네슘 합금 속의 마그네슘과 그리고 그 외 합금원소중 적어도 어느 하나와 화합물화되어 실질적으로 잔류되지 않는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 18] 제 15 항에 있어서,
상기 실리콘화합물은 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금과의 반응을 촉진시키기 위해 분말상태인 것을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 19] 제 15 항에 있어서,
상기 실리콘화합물은 상기 마그네슘 또는 마그네슘 합금의 용탕과 충분히 반응하여 모두 소진되어 용탕에 실리콘화합물로 잔류하지 않을 수 있는 양까지 투입하는 것을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 20] 제 17 항에 있어서,
상기 환원반응을 통해 생성된 실리콘과 상기 마그네슘의 화합물은 Mg_2Si 인, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 21] 제 18 항에 있어서,
상기 실리콘화합물은 입자의 크기가 0.1 내지 $200\mu m$ 인 것을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 22] 제 19 항에 있어서,
상기 실리콘화합물의 첨가량은 0.001중량%에서 30중량%을 특징으로 하는, 마그네슘계 합금 제조 방법.
- [청구항 23] 제 1 항 내지 제 22 항 중
적어도 어느 한 항의 제조 방법으로 형성된, 마그네슘계 합금.

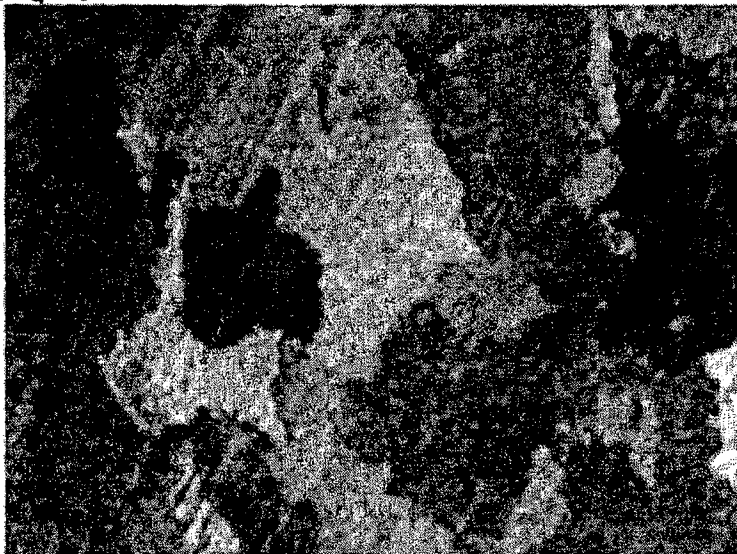
[Fig. 1]



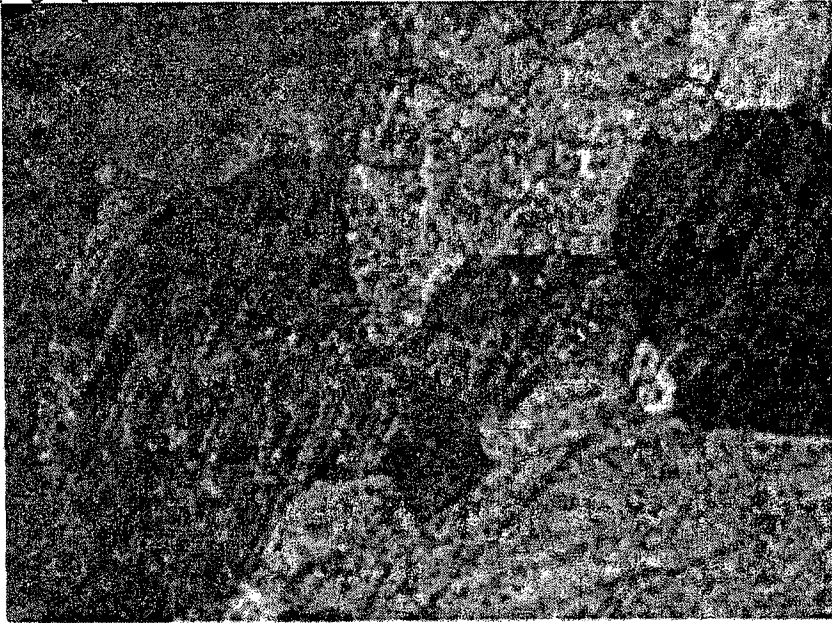
[Fig. 2]



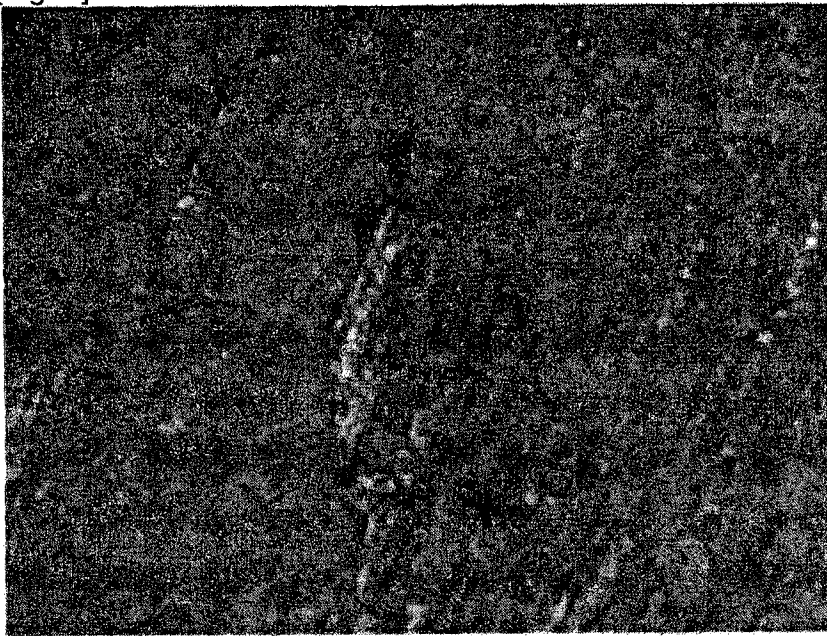
[Fig. 3]



[Fig. 4]

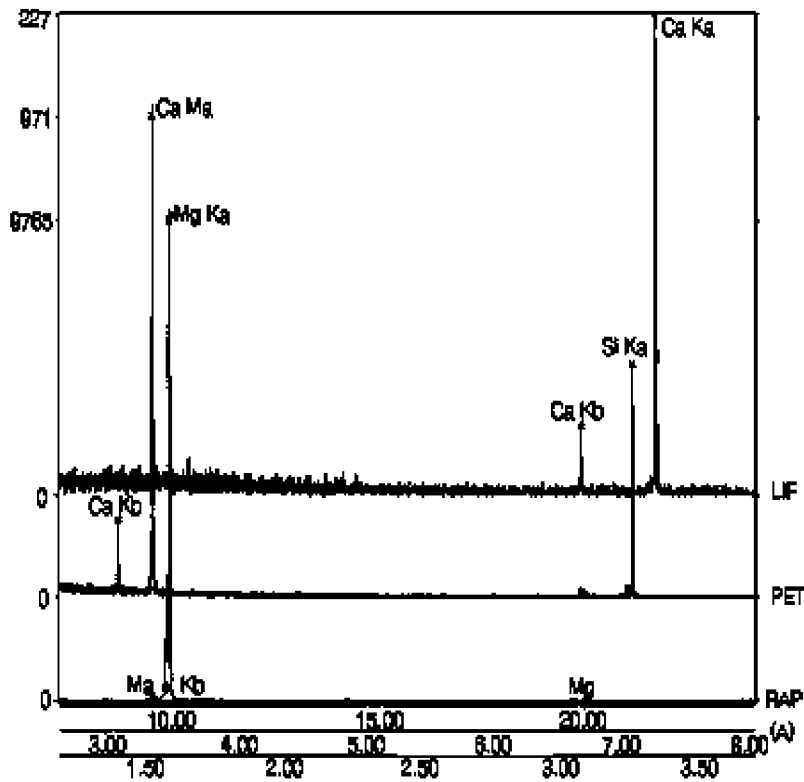


[Fig. 5]



[Fig. 6]

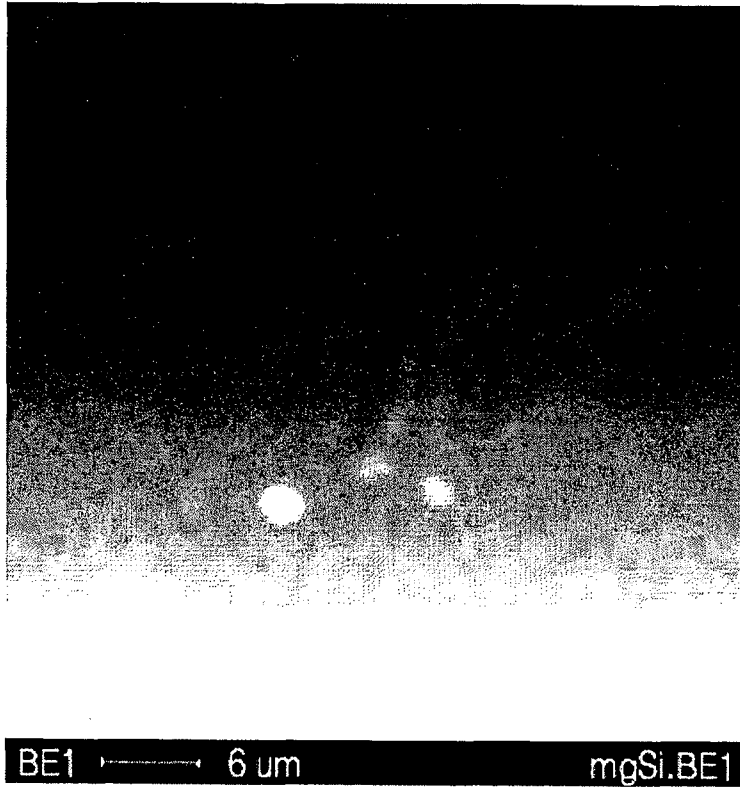
File Name = MgSi-3
 File Comment =
 Pos. Comment =
 (Counts) Acc.V (kV) = 15 Bean Size (um) = -8 B.C. (uA) = 0.0556 S.C (uA) = 0.0412



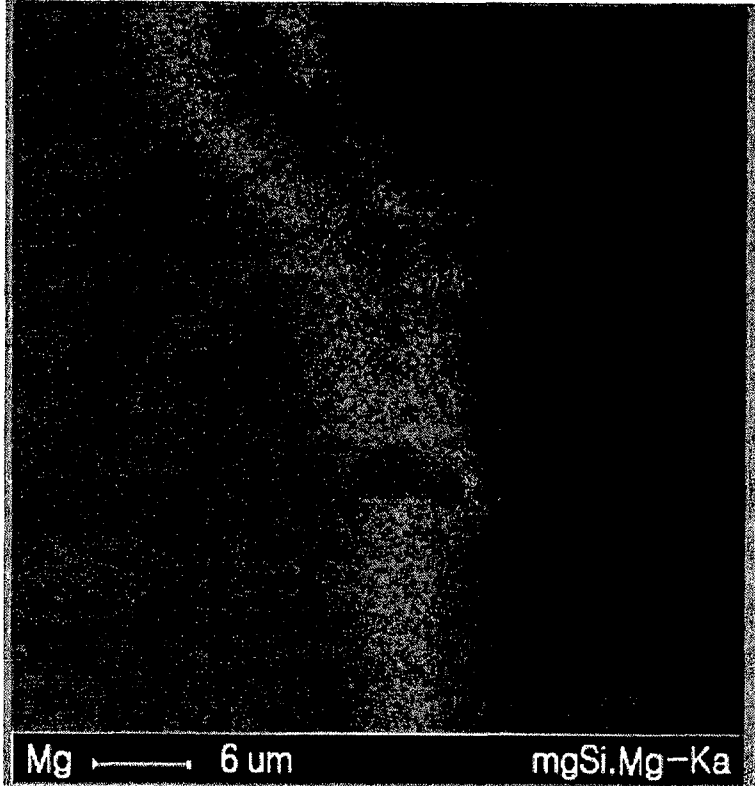
* Ratio [Correction = ZAF1]

No.	BLE.	Crystal	V.L.(A)	PKJ-BGI	STD(I)	I-Ratio	WT(%)	Nol(%)	ELE.
1	Mg Ka	RAP	9.9300	9748.23	3180.35	3.0649	73.796	79.026	Mg
2	Si Ka	PET	7.1254	9749.23	995.00	0.5257	18.849	17.243	Si
3	Ca Ka	PET	3.3594	986.43	3507.03	0.2756	7.361	4.721	Ca
TOTAL							100.000		

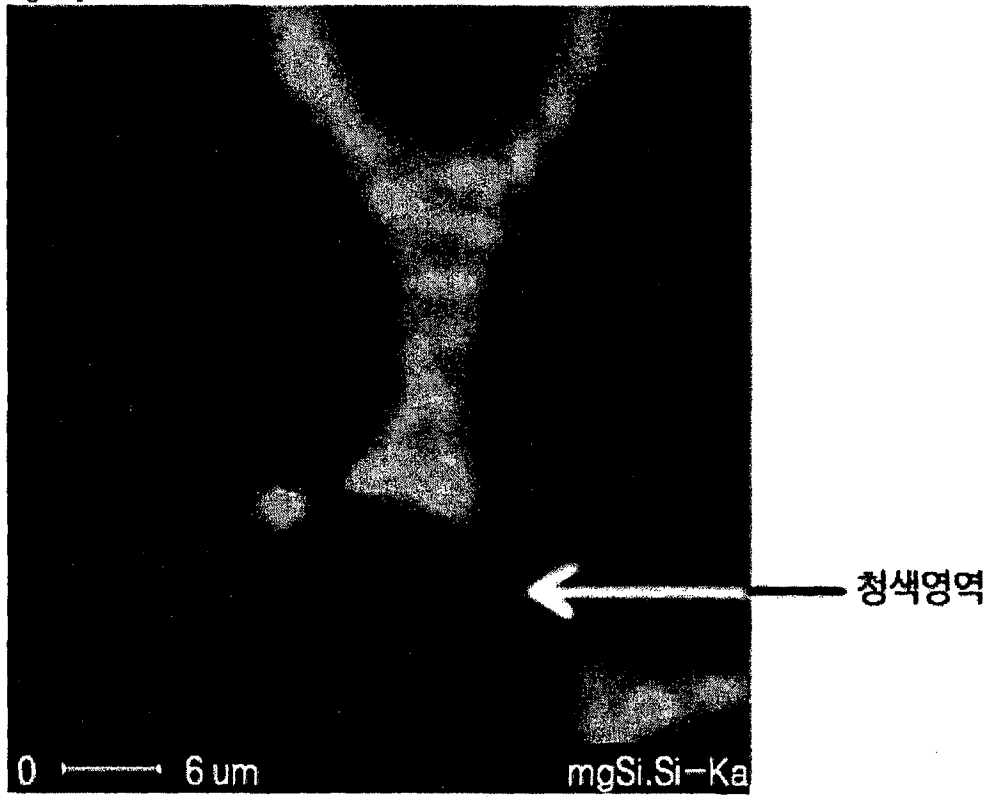
[Fig. 7]



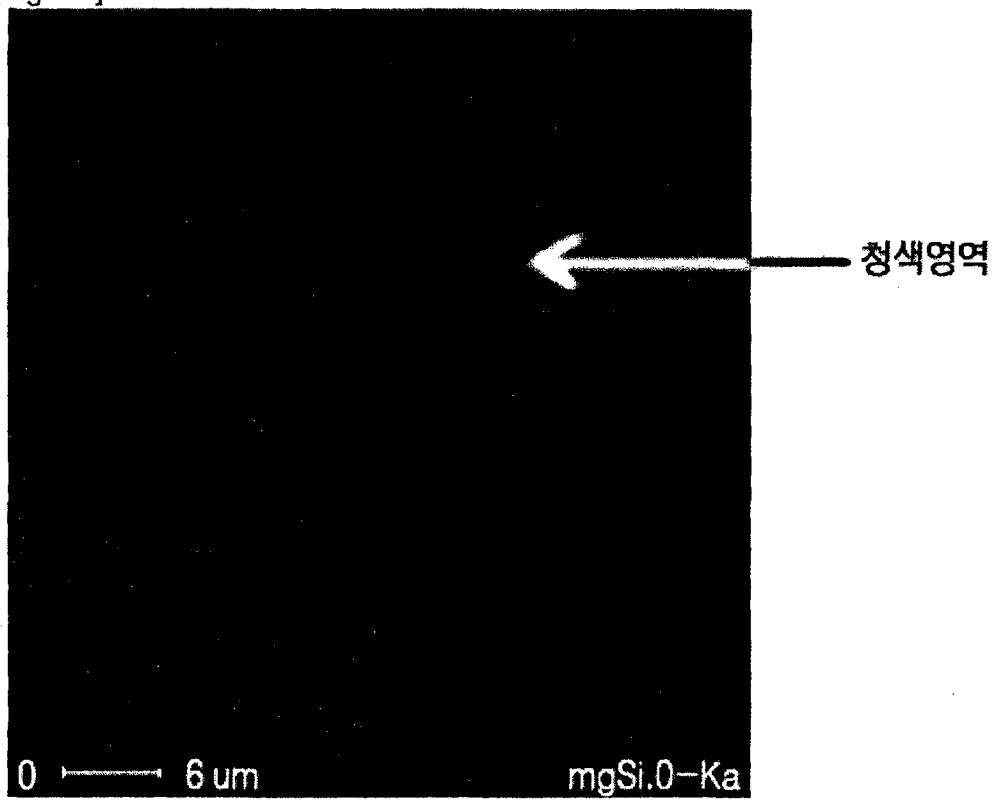
[Fig. 8]



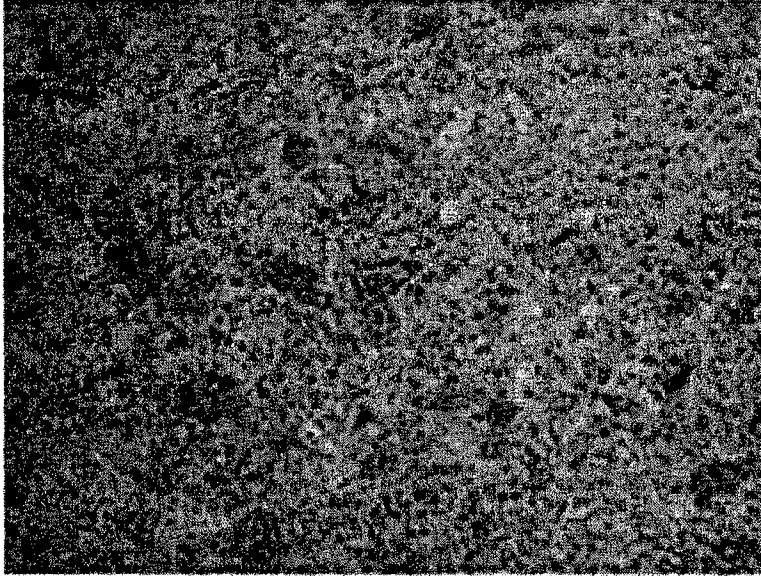
[Fig. 9]



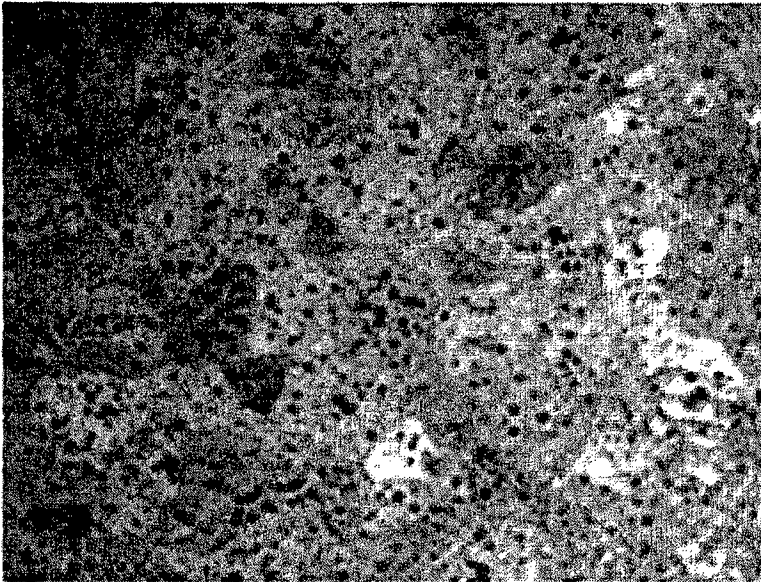
[Fig. 10]



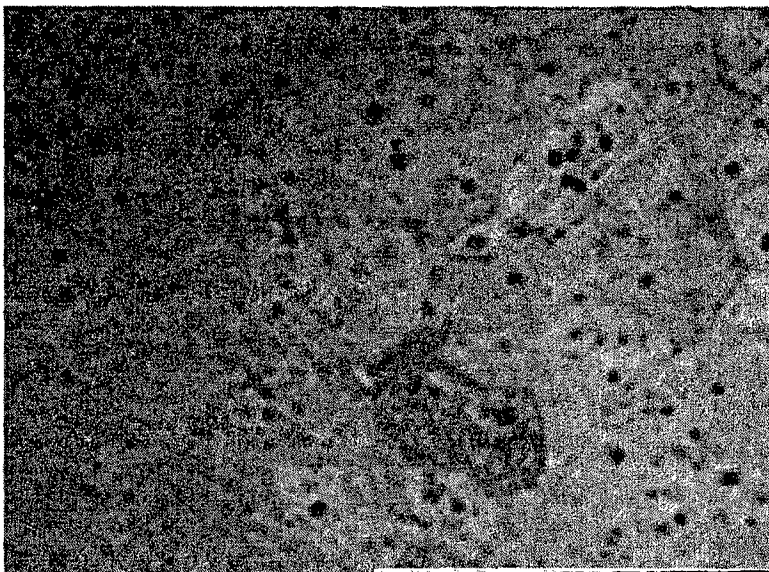
[Fig. 11]



[Fig. 12]

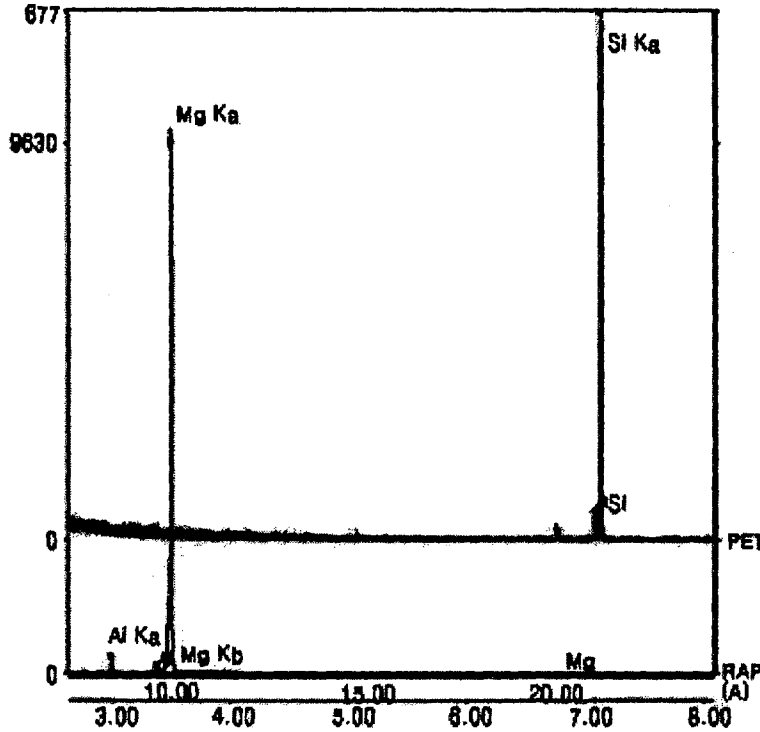


[Fig. 13]



[Fig. 14]

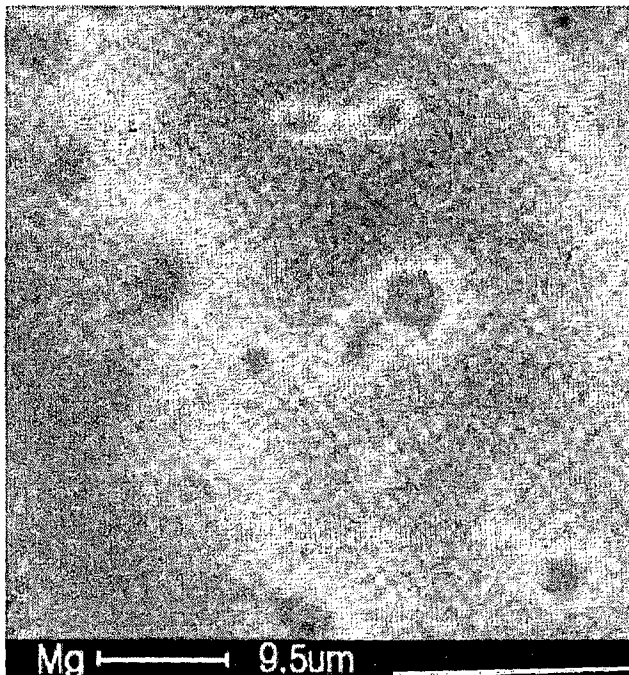
File Name = MgSi-3
 File Comment =
 Pos. Comment =
 (Counts) Acc.V (kV) = 15 Beam Size (um) = -10 B.C. (uA) = 0.0625 S.C (uA) = 0.0501



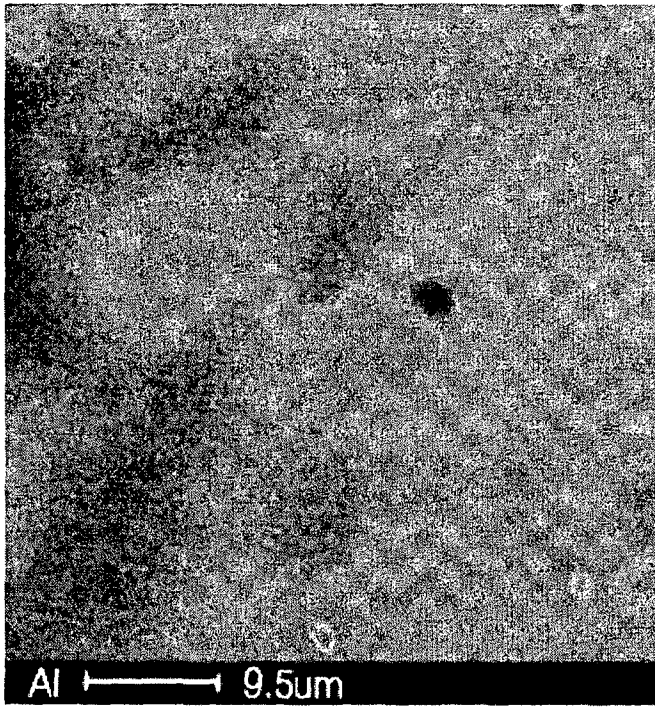
• Ratio [Correction = ZAF1]

No.	ELE.	Crystal	V.L. (A)	PKJ-BGI	STD(I)	I-Ratio	WT(%)	NoI(%)	ELE.	
1	Mg	Ka	RAP	9.9300	9614.25	3180.95	2.0224	70.109	72.963	Mg
2	Si	Ka	PET	7.1254	878.38	895.00	0.7557	28.711	24.056	Si
3	Al	Ka	PET	8.3399	290.05	8729.77	0.0779	3.190	2.991	Al
TOTAL								100.000		

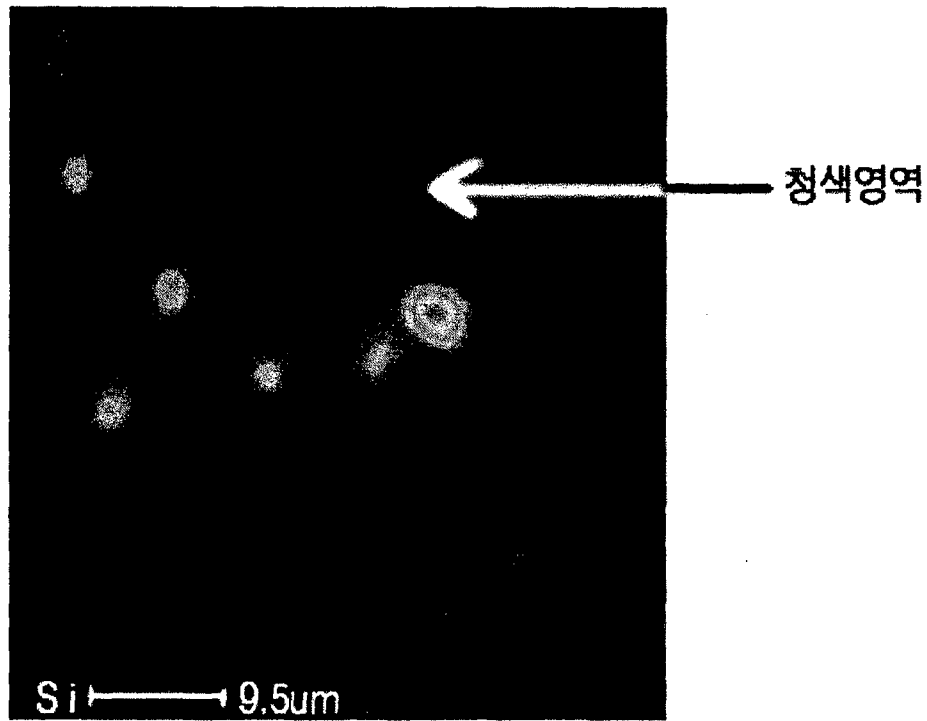
[Fig. 15]



[Fig. 16]



[Fig. 17]



[Fig. 18]

