

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012년 11월 29일 (29.11.2012)



(10) 국제공개번호
WO 2012/161461 A2

- (51) 국제특허분류:
C22C 21/08 (2006.01) *B22D 21/04* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/003846
- (22) 국제출원일: 2012년 5월 16일 (16.05.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2011-0048191 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 홍천리 35-3, 331-825 Chungcheongnam-do (KR).
- (72) 발명자; 겸
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **김세광 (KIM, Se-Kwang)** [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, 402-040 Incheon (KR). **서정호 (SEO, Jeong-Ho)** [KR/KR]; 서울특별시 마포구 대흥동 캠프 21 오피스텔 1209 호, 121-080 Seoul (KR).

(74) 대리인: **김남식 (KIM, Nam-Sik)** 등; 서울특별시 서초구 서초동 1551-5 석촌빌딩 4층 율민국제특허법률사무소, 137-873 Seoul (KR).

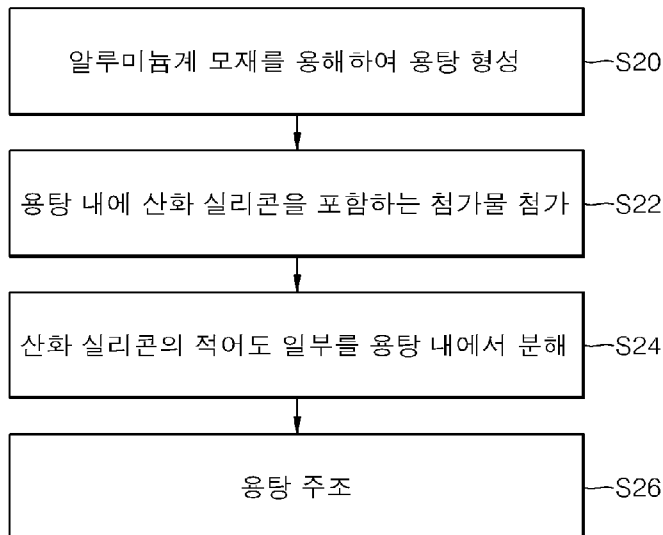
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, 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, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[다음 쪽 계속]

(54) Title: ALUMINIUM ALLOY AND MANUFACTURING METHOD FOR SAME

(54) 발명의 명칭 : 알루미늄 합금 및 그 제조방법

[Fig. 1]



(57) Abstract: Provided are an aluminium alloy and a manufacturing method for the same. According to one embodiment: an aluminium-based base metal is melted to form a melt; an additive comprising silicon dioxide is added into the melt; at least part of the silicon dioxide is exhausted from the inside of the melt; and the melt is cast.

(57) 요약서: 알루미늄 합금 및 그 제조방법이 제공된다. 일 실시예에 의하면, 알루미늄계 모재를 용해하여 용탕을 형성한다. 상기 용탕 내에 산화 실리콘을 포함하는 첨가물을 첨가한다. 상기 산화 실리콘의 적어도 일부를 상기 용탕 내에서 소진시킨다. 상기 용탕을 주조한다.

S20 ... Form melt by melting aluminium-based base metal

S22 ... Add additive comprising silicon dioxide into melt

S24 ... Break down at least part of silicon dioxide from inside of melt

S26 ... Cast melt



(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, 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).

공개:

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

명세서

발명의 명칭: 알루미늄 합금 및 그 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명은 알루미늄 합금 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 알루미늄(Al) 합금에서 실리콘(Si)은 마그네슘(Mg)에 이어서 주된 합금원소 중의 하나이다. 예를 들어, 알루미늄-실리콘(Al-Si)계 합금은 주조재로 이용되거나 또는 미국알루미늄협회가 정한 분류표상 4000계열 전신재 합금으로 이용될 수 있다. 나아가, 알루미늄-마그네슘-실리콘(Al-Mg-Si)계 합금은 주조재로 이용되거나 또는 6000계열 전신재 합금으로 이용된다.
- [3] 주조재에 있어서 실리콘은 유동성과 용탕 충전이 용이한 합금이나 주조 균열이 적은 합금을 생산하는데 이용될 수 있다. 실리콘은 알루미늄 용탕에 다량 첨가되어도 용탕의 점성 증가나 산화 경향이 거의 없이 용탕을 양호한 상태로 유지 가능하게 하고, 도 9에 도시된 상태를 참조하면, 공정 실리콘과 조정 실리콘의 개량 처리로 결정립 미세화를 용이하게 할 수 있다. 이러한 알루미늄 합금들에서 실리콘은 통상적으로 순수 실리콘 형태로 첨가된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 본 발명은 순수 실리콘을 대신하여 보다 경제적인 산화 실리콘을 이용하여 실리콘을 함유하는 알루미늄 합금을 제조하는 방법과 이에 따라 제조된 알루미늄 합금을 제공하고자 한다. 전술한 과제는 예시적으로 제시되었고, 본 발명의 범위가 이러한 과제에 의해서 제한되는 것은 아니다.

과제 해결 수단

- [5] 본 발명의 일 형태에 따른 알루미늄 합금의 제조방법이 제공된다. 알루미늄계 모재를 용해하여 용탕을 형성한다. 상기 용탕 내에 산화 실리콘을 포함하는 첨가물을 첨가한다. 상기 산화 실리콘의 적어도 일부를 상기 용탕 내에서 소진시킨다. 상기 용탕을 주조한다.
- [6] 상기 제조방법에 있어서, 상기 소진시키는 단계는 상기 산화 실리콘의 실질적인 전부가 상기 용탕 내에 잔류되지 않도록 수행할 수 있다.
- [7] 상기 제조방법에 있어서, 상기 소진시키는 단계에서 상기 산화 실리콘은 실리콘으로 분해되고, 상기 실리콘의 적어도 일부는 상기 알루미늄 합금의 알루미늄 기지 내에 분포될 수 있다.
- [8] 상기 제조방법에 있어서, 상기 소진시키는 단계는 상기 산화 실리콘이 분해하여 생성된 산소가 상기 용탕으로부터 제거되도록 수행할 수 있다. 나아가, 상기 산소는 상기 용탕의 표면을 통해서 기체의 형태로 제거될 수 있다.
- [9] 상기 제조방법에 있어서, 상기 소진시키는 단계는 상기 용탕의 상부를

- 교반하는 단계를 포함할 수 있다. 나아가, 상기 교반하는 단계는 상기 용탕의 표면을 대기중에 노출시킨 상태에서 수행할 수 있다. 상기 교반은 상기 용탕의 표면으로부터 상기 용탕의 전체 깊이의 20% 이내의 상층부에서 수행할 수 있다.
- [10] 상기 제조방법에 있어서, 상기 모재는 알루미늄 또는 알루미늄 합금을 포함할 수 있다.
- [11] 상기 제조방법에 있어서, 상기 모재는 알루미늄-마그네슘 합금을 포함하고, 상기 소진시키는 단계에 의해서 상기 산화 실리콘이 분해되어 실리콘이 생성되고, 상기 실리콘의 적어도 일부는 상기 용탕 내 마그네슘과 반응하여 마그네슘-실리콘 화합물을 형성할 수 있다. 상기 마그네슘-실리콘 화합물은 Mg_2Si 를 포함할 수 있다.
- [12] 본 발명의 다른 관점에 따른 알루미늄 합금의 제조방법이 제공된다. 알루미늄계 모재를 용해하여 용탕을 형성한다. 상기 용탕 내에 산화 실리콘을 포함하는 첨가물을 첨가한다. 상기 산화 실리콘의 실질적인 전부를 상기 용탕 내에서 분해하여, 상기 용탕 내에 실리콘은 잔류시키면서 산소는 상기 용탕으로부터 제거한다. 알루미늄 기지 내에 상기 실리콘의 적어도 일부가 분포되고 상기 산화 실리콘이 실질적으로 잔류하지 않도록 상기 용탕을 주조한다.
- [13] 본 발명의 또 다른 관점에 따르면, 전술한 제조방법의 어느 하나에 의해서 제조된 알루미늄 합금이 제공된다.
- [14] 상기 알루미늄 합금에 있어서, 상기 알루미늄계 모재는 알루미늄-마그네슘 합금을 포함하고, 상기 알루미늄 합금의 알루미늄 기지에는 부가적인 열처리 없이 주조에 의해서 형성된 마그네슘-실리콘 화합물이 존재할 수 있다.
- [15] 상기 알루미늄 합금에 있어서, 알루미늄 기지 내에는 실리콘 또는 마그네슘-실리콘 화합물이 존재하고, 상기 실리콘 또는 마그네슘-실리콘 화합물에서 실리콘 성분은 합금 주조 시 용탕 내에 첨가된 산화 실리콘으로부터 분해되어 공급될 수 있다.

발명의 효과

- [16] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법에 의하면, 실리콘 대신에 산화 실리콘을 알루미늄계 모재에 첨가하여, 알루미늄 합금 내에 실리콘 성분을 첨가할 수 있다. 실리콘보다 산화 실리콘이 상업적으로 쉽고 값싸게 구할 수 있다는 점에서, 이러한 제조방법은 경제적이다.

도면의 간단한 설명

- [17] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 알루미늄 합금의 제조방법을 보여주는 순서도이고;
- [18] 도 2a 내지 도 2d는 본 발명의 일 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 EPMA 분석 결과를 보여주는 사진들이고;
- [19] 도 3은 본 발명의 일 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 점 분석 결과를

- 보여주는 사진이고;
- [20] 도 4a는 본 발명의 일 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 라인 분석을 위한 사진이고;
- [21] 도 4b는 도 4a의 알루미늄 합금에 대해서 라인 분석에 따른 성분 프로파일을 보여주는 그래프이고;
- [22] 도 5a는 본 발명의 일 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 라인 분석을 위한 사진이고;
- [23] 도 5b는 도 5a의 알루미늄 합금에 대해서 라인 분석에 따른 성분 프로파일을 보여주는 그래프이고;
- [24] 도 6은 본 발명의 일 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 조직 분포를 보여주는 사진이고;
- [25] 도 7a 내지 도 7d는 본 발명의 다른 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 EPMA 분석 결과를 보여주는 사진들이고;
- [26] 도 8은 본 발명의 다른 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 조직 분포를 보여주는 사진이고; 그리고
- [27] 도 9는 알루미늄-실리콘 합금에 대한 상태도를 보여주는 그래프이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [28] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 설명함으로써 본 발명을 상세하게 설명한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 측면으로 구현될 것이며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.
- [29] 본 발명의 실시예들에서, 알루미늄은 순수 알루미늄을 지칭할 수 있다. 다만 이러한 순수 알루미늄은 특별하게 언급되지 않는 경우에도, 제조과정 중에 의도적으로 첨가되지 않지만 불가피하게 함유되는 불순물(이하, 불가피 불순물)을 더 포함할 수 있다.
- [30] 본 발명의 실시예들에서, 알루미늄 합금은 주원소인 알루미늄에 하나 또는 그 이상의 첨가원소들을 함유하는 합금을 지칭할 수 있다. 다만, 이러한 알루미늄 합금은 특별하게 언급되지 않는 경우에도 주원소와 첨가원소들 외에 불가피 불순물을 더 포함할 수 있다.
- [31] 본 발명의 실시예들에서, 실리콘을 함유하는 알루미늄 합금은 주원소인 알루미늄에 적어도 실리콘이 첨가원소로 부가된 알루미늄 합금을 지칭할 수 있다. 예를 들어, 실리콘을 함유하는 알루미늄 합금은 알루미늄-실리콘(Al-Si)계 합금, 알루미늄-마그네슘-실리콘(Al-Mg-Si)계 합금, 알루미늄-실리콘-구리(Al-Si-Cu)계 합금, 알루미늄-구리-마그네슘-실리콘(Al-Cu-Mg-Si)계 합금 등을 포함할 수 있다.
- [32] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 알루미늄 합금의 제조방법을 보여주는

순서도이다.

- [33] 도 1을 참조하면, 알루미늄계 모재를 용해하여 용탕(molten metal)을 형성할 수 있다(S20). 모재는 예컨대 순수 알루미늄 또는 알루미늄 합금을 포함할 수 있다. 모재의 알루미늄 합금은 주원소인 알루미늄에 적어도 하나의 첨가원소가 부가된 합금을 지칭하고, 통상적으로 실리콘 외에 다른 첨가원소가 부가된 경우를 지칭할 수 있다. 하지만, 이 실시예의 범위는 모재의 알루미늄 합금이 실리콘이 첨가원소로 부가된 경우도 배제하지 않는다.
- [34] 예를 들어, 모재의 알루미늄 합금은 미국알루미늄협회의 분류표상 1000 계열, 2000 계열, 3000 계열, 4000 계열, 5000 계열, 6000 계열, 7000 계열 및 8000 계열의 전신재용(Wrought) 알루미늄 또는 100 계열, 200계열, 300 계열, 400 계열, 500 계열, 700 계열의 주조용 (Casting) 알루미늄 중에서 선택된 어느 하나일 수 있다.
- [35] 용탕 형성 단계에서(S20), 모재는 적절한 반응로, 예컨대 도가니에서 용해될 수 있다. 도가니의 온도는 모재의 용융온도를 고려하여 제어될 수 있고, 예컨대 600 내지 900°C 온도 범위에서 제어될 수 있다. 선택적으로, 도가니의 온도는 첨가원소가 부가될 때 온도 감소를 고려하여, 모재의 용융온도보다 높게 설정될 수도 있다. 한편, 모재의 용융온도는 대부분의 합금원소가 부가됨에 따라서 알루미늄의 용융온도보다 낮아질 수 있고, 따라서 도가니의 온도가 600°C 이하에서 제어될 수도 있다.
- [36] 도가니의 가열은 여하의 적절한 가열 수단에 의해서 수행될 수 있다. 예를 들어, 저항 가열 방식, 유도 가열 방식, 레이저 가열 방식, 플라즈마 가열 방식, 열풍 가열 방식 등이 단독 또는 복합적으로 도가니의 가열에 이용될 수 있다.
- [37] 이어서, 용탕 내에 산화 실리콘을 포함하는 첨가물을 첨가할 수 있다(S22). 예를 들어, 산화 실리콘은 이산화 실리콘(SiO_2)을 포함할 수 있다. 이러한 산화 실리콘은 반응성 향상을 위해 표면적이 넓은 분말형태로 첨가될 수 있다. 그러나 이 실시예가 이에 한정되는 것은 아니며, 산화 실리콘이 분말상의 비산을 방지하기 위해 분말을 응집시킨 펠렛(pellet) 형태 또는 덩어리 형태로 첨가될 수도 있다.
- [38] 분말 형태의 산화 실리콘의 크기는 적절하게 제어될 필요가 있다. 예를 들어, 분말 크기가 0.1 μm 미만일 경우 너무 미세하여 열풍에 의하여 비산되거나 또는 서로 응집되어 응집체를 형성함에 따라 액상의 용융금속과 쉽게 섞이지 않게 될 수 있다. 한편, 분말 크기가 500 μm 를 초과할 경우에는 용탕과 반응하는 시간이 과도하게 길어질 수 있다. 하지만, 용탕의 온도 제어 방식에 따라서 분말 크기는 달라질 수 있고, 이 실시예가 이러한 예에 제한되는 것은 아니다.
- [39] 산화 실리콘의 함량은 제조하고자 하는 알루미늄 합금, 즉 알루미늄-실리콘계 합금의 용도에 따라서 적절하게 선택될 수 있다. 예를 들어, 산화 실리콘의 함량은 용탕 내에서 실질적으로 그 전부가 소진될 수 있도록 그 범위를 제한할 수 있다. 예컨대, 산화 실리콘은 0.001 내지 30 중량% 범위에서 첨가될 수 있으며, 보다 엄격하게는 0.01 내지 15 중량% 범위에서 첨가될 수 있다.

- [40] 산화 실리콘의 첨가는 필요량을 일시에 투입하거나 혹은 적정량으로 나눈 후 일정한 시간차를 두고 다단계로 첨가될 수 있다. 첨가되는 산화 실리콘이 미세한 분말일 경우에는 시간차를 두고 다단계로 투입함으로써 분말의 응집 가능성을 낮추면서 산화 실리콘의 반응을 촉진시킬 수 있다.
- [41] 한편, 다른 실시예 예에서, 모재와 첨가물이 함께 용해되어 용탕을 형성할 수도 있다. 이 경우, 모재와 첨가물은 미리 도가니 내에 장착될 수 있다. 다만, 이 경우에는 산화 실리콘의 형태 또는 첨가 방법을 조절하기 어려워 산화 실리콘의 반응을 제어하기 어려울 수 있다.
- [42] 이어서, 산화 실리콘의 적어도 일부를 용탕 내에서 소진시킬 수 있다(S24). 예를 들어, 산화 실리콘의 일부가 용탕 및/또는 분위기와 반응하여 분해되어 용탕 내에서 제거될 수 있다. 나아가, 이러한 분해 반응을 활성화함으로써, 산화 실리콘의 실질적인 전부를 분해하여 용탕 내에서 제거할 수도 있다. 예를 들어, 산화 실리콘이 첨가된 상태에서 용탕을 소정시간 유지하거나 또는 용탕을 교반하여 이러한 산화 실리콘의 반응을 촉진시킬 수 있다. 산화 실리콘의 소진이 실질적으로 산화 실리콘의 분해를 수반한다는 점에서 소진 단계(S24)는 분해 단계로 불릴 수도 있다.
- [43] 한편, 이러한 소진 단계(S24)는 실질적으로 전술한 첨가 단계(S22)와 동시에 시작할 수도 있기 때문에, 실질적으로 첨가 단계(S22)와 구분되지 않을 수도 있다. 나아가, 첨가물의 첨가가 다단계로 이루어지는 경우에는 첨가 단계(S22)와 소진 단계(S24)가 반복적으로 이어질 수도 있다.
- [44] 예를 들어, 산화 실리콘은 실리콘 및 산소로 분해될 수 있다. 실리콘은 용탕 내에 잔류되거나 또는 다른 합금 원소와 반응될 수 있고, 산소는 용탕으로부터 실질적으로 제거될 수 있다. 예를 들어, 산소는 대부분 용탕 표면을 통해서 기체 상태로 대기 중으로 배출될 수 있다. 이러한 소진 단계(S24)에서, 산소의 배출을 활성화하기 위해서 용탕의 표면은 대기 중에 노출될 수 있다. 다른 예로, 산소는 드로스(dross) 또는 슬러지(sludge)로서 용탕 상부에 부유한 후 제거될 수도 있다.
- [45] 산화 실리콘으로부터 분해된 실리콘이 용탕 내에서 잔존하거나 또는 다른 합금 원소와 반응하여 화합물을 형성할 수도 있다. 예를 들어, 상당수의 합금 내에서 분해된 실리콘은 알루미늄 기지 내에 초정 또는 공정 실리콘으로 잔존할 수 있다. 다른 예로, 알루미늄 모재가 알루미늄-마그네슘 합금인 경우, 분해된 실리콘은 용탕 내 마그네슘과 반응하여 마그네슘-실리콘 화합물을 형성할 수 있다. 예컨대, 마그네슘-실리콘 화합물은 Mg_2Si 상을 포함할 수 있다.
- [46] 용탕의 교반은 다양한 방법으로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 교반은 용탕 내의 기계적인 교반 장치를 통해서 제공되거나 또는 도가니 주위의 전자기장 인가 장치를 통해서 제공될 수 있다. 전자기장 인가 장치는 용탕 내에 전자기 필드를 인가함으로써 용탕의 대류를 통해서 교반을 수행할 수 있다.
- [47] 예를 들어, 교반은 첨가물이 첨가되면서부터 시작되거나 첨가물 첨가 후 일정 시간 후 진행될 수도 있다. 다른 예로, 교반은 용탕 형성 단계에서부터 시작될

수도 있다. 교반 시간은 용탕의 조건과 첨가물의 양 또는 형태에 따라서 달라질 수 있다. 예를 들어, 교반은 용탕 표면에서 첨가물이 실질적으로 보이지 않을 때까지 진행될 수 있다. 다만, 비록 용탕 표면에서 첨가물이 보이지 않더라도 용탕 속에 잔류할 가능성이 있기 때문에, 여유의 유지 시간을 두고 교반이 더 진행될 수 있다.

- [48] 한편, 산소가 상당 부분 기체 상태로 대기중과 접하는 용탕 표면으로부터 제거되기 때문에, 용탕의 상부를 교반시켜 주는 것이 효과적일 수 있다. 예를 들어, 교반은 용탕 표면으로부터 용탕 전체 높이의 20%까지의 상층부에서 진행될 수 있고, 특히 표면 반응을 활성화시키고자 하는 경우에는 용탕 표면으로부터 용탕 전체 높이의 10%까지의 표면부에서 진행될 수 있다.
- [49] 이어서, 용탕을 주조하여(S26), 알루미늄 합금을 제조할 수 있다. 주조 단계(S26)에서, 주형의 온도는 상온(예를 들면, 25°C) 내지 400°C의 온도범위를 가질 수 있다. 또한, 주형을 상온까지 냉각시킨 후 합금을 주형으로부터 분리시킬 수 있으나, 상온 이전이라도 합금의 응고가 완료되는 경우에는 주형으로부터 합금을 분리시킬 수 있다.
- [50] 예를 들어, 주형은 금형, 세라믹형, 그라파이트형 및 그 등가물 중에서 선택된 어느 하나를 이용할 수 있다. 또한, 주조 방식은 사형주조, 다이캐스팅(die casting), 중력주조, 연속주조, 저압주조, 스퀴즈캐스팅, 로스트왁스주조(lost wax casting), 텍소캐스팅(thixo casting) 등을 들 수 있다.
- [51] 중력주조는 용융상태의 합금을 중력을 이용하여 주형에 주입하는 방법을 지칭하고, 저압주조는 용융된 합금의 용탕면에 가스를 이용하여 압력을 가하여 주형 내에 용탕을 주입하는 방식을 지칭할 수 있다. 텍소캐스팅은 반용융 상태에서의 주조 기술로서, 통상적인 주조와 단조의 장점을 융합한 방식이다. 이 실시예의 범위는 전술한 주형의 종류 및 주조 방식에 한정되지 않는다.
- [52] 산화 실리콘이 실질적으로 용탕 내에서 소진되었기 때문에, 주조된 알루미늄 합금 내에는 산화 실리콘이 실질적으로 존재하지 않는다. 그 대신, 알루미늄 기지 내에는 산화 실리콘으로부터 분해된 실리콘의 적어도 일부가 초정 또는 공정 실리콘으로 잔존하거나 그리고/또는 실리콘의 적어도 일부가 다른 합금원소와 반응하여 화합물 형태로 잔존할 수 있다. 알루미늄 기지 내에 잔존하는 실리콘은 고용강화 효과를 유발하여 알루미늄 합금의 강도 향상에 기여할 수 있다.
- [53] 전술한 바와 같이 알루미늄 모재가 알루미늄-마그네슘 합금을 포함하는 경우, 이러한 화합물은 마그네슘-실리콘 화합물, 예컨대 Mg_2Si 를 포함할 수 있다. 이에 따르면, Al-Mg-Si(6000계) 합금 주조 시, Si을 별도로 공급하지 않고 용탕 내에 산화 실리콘을 분해하여 공급함으로써, 열처리 없이도 반응에 의하여 Mg_2Si 상을 형성할 수 있다. 통상적으로, 6000계 합금에서, Mg_2Si 상 형성은 주조 후 열처리에 의해서 형성되었다는 점을 감안하면, 열처리 없이도 6000계열 합금에서 Mg_2Si 상을 형성할 수 있다는 것은 놀라운 일이다. 이러한 Mg_2Si 상은

- 제 2 상 강화효과를 유발하여 강도 향상에 기여할 수 있다.
- [54] 전술한 바에 따르면, 실리콘 대신에 산화 실리콘을 알루미늄계 모재에 첨가하여, 알루미늄 합금 내에 실리콘 성분을 추가할 수 있다. 실리콘보다 산화 실리콘이 상업적으로 쉽고 값싸게 구할 수 있다는 점에서, 이러한 방법은 매우 경제적이다. 더구나, Al-Mg-Si계 합금 주조 시 이러한 방법을 이용함으로써 열처리 없이도 Mg_2Si 상을 얻을 수 있어서 더욱 경제적이다.
- [55] 전술한 바와 같이 제조된 실리콘을 함유하는 알루미늄 합금은 다양한 제품에 응용될 수 있고, 예컨대 알루미늄-실리콘(Al-Si)계 합금, 알루미늄-마그네슘-실리콘(Al-Mg-Si)계 합금, 알루미늄-실리콘-구리(Al-Si-Cu)계 합금, 알루미늄-실리콘-구리-마그네슘(Al-Si-Cu-Mg)계 합금 등을 포함할 수 있다. 전신재로서 알루미늄-실리콘계 합금은 미국알루미늄협회가 정한 분류표상 4000계열 합금을 포함하고, 알루미늄-마그네슘-실리콘계 합금은 6000계열 합금을 포함할 수 있다.
- [56] 실리콘은 알루미늄 합금 내에서 제 3 원소의 추가로 주조성의 저하를 거의 일으키지 않기 때문에, 이 실시예에 따른 실리콘을 함유하는 알루미늄 합금은 실리콘 외에 제 3 원소를 더 함유하는 합금, 예컨대 Al-Si-Cu, Al-Si-Mg, Al-Si-Cu-Mg 등의 다원계 합금으로 이용될 수 있다. 이러한 다원계 합금은 제 3 원소의 함량을 조정하여 석출강화 효과를 조정함으로써 기계적 특성을 향상시킬 수 있다.
- [57] 이하에서는 본 발명의 실험예들을 통해서, 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다.
- [58] 도 2a 내지 도 2d는 본 발명의 일 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 EPMA 분석 결과를 보여주는 사진들이다. 도 2a는 후방 산란 전자(back scattering electron)를 이용하여 관찰한 합금의 미세조직을 나타낸 것이며, 도 2b 내지 도 2d는 EPMA로 매핑(mapping)한 결과로서, 알루미늄, 실리콘, 및 산소의 분포를 각각 나타낸다.
- [59] 이 실시예에 따른 알루미늄 합금은 알루미늄 모재에 SiO_2 첨가물을 약 0.5 중량% 첨가하여 제조되었다. 나아가, 분해 단계에서 교반이 부가되었다.
- [60] 도 2a를 참조하면, 합금 내에 미세한 결정체들이 널리 분포되어 있는 것을 알 수 있다. 도 2b 및 도 2c를 같이 참조하면, 도 2a의 결정체들과 거의 동일한 위치에서 스팟들(spots)이 관찰되고, 이러한 스팟들에서 알루미늄의 함량은 낮고 실리콘의 함량은 높은 것을 알 수 있다. 도 2d를 참조하면, 합금 내에서 전체적으로 산소가 거의 검출되지 않는 것을 알 수 있다.
- [61] 이러한 결과로부터, 도 2a의 결정체들은 산화 실리콘이 아닌 실리콘 결정체임을 알 수 있다. 따라서, 이 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 기지 내에는 실리콘이 널리 분포되고, 산화 실리콘은 거의 실질적으로 모두 분해되어 잔존하지 않는 것을 알 수 있다.
- [62] 도 3은 본 발명의 일 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 점 분석 결과를

보여주는 사진이다.

[63] 아래의 표 1은 도 3의 점 1 내지 점 5(point 1 ~ point 5)에 대한 성분 분석 결과(중량%)를 나타낸다.

[64] 표 1

[Table 1]

	Al	Si	O	합계
point 1	70.523	29.477	0	100
point 2	61.514	38.486	0	100
point 3	63.742	36.258	0	100
point 4	100	0	0	100
point 5	100	0	0	100

[65] 도 3과 표 1로부터, 점 1 내지 점 3(point 1 ~ point 3)은 실질적으로 알루미늄 기지 상의 실리콘 결정체를 지칭하고, 점 4 및 점 5(point 4, point 5)는 실질적으로 알루미늄 기지를 지칭한다는 것을 알 수 있다.

[66] 도 4a는 본 발명의 일 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 라인 분석을 위한 사진이다. 도 4b는 도 4a의 알루미늄 합금에 대해서 라인 분석에 따른 성분 프로파일을 보여주는 그래프이다.

[67] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 결정체 부분에서 알루미늄 함량이 감소하고 실리콘 함량이 피크 형태로 관찰되는 것을 알 수 있다. 아울러, 산소는 라인 전체 범위에서 거의 관찰되지 않은 것을 알 수 있다. 이로부터, 결정체는 실질적으로 실리콘으로 이루어진 것을 알 수 있다.

[68] 도 5a는 본 발명의 일 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 라인 분석을 위한 사진이다. 도 5b는 도 5a의 알루미늄 합금에 대해서 라인 분석에 따른 성분 프로파일을 보여주는 그래프이다.

[69] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 결정체 부분에서 알루미늄 함량이 감소하고 실리콘 함량이 피크 형태로 관찰되는 것을 알 수 있다. 아울러, 산소는 라인 전체 범위에서 거의 관찰되지 않은 것을 알 수 있다. 이로부터, 결정체는 실질적으로 실리콘으로 이루어진 것을 재차 확인할 수 있다.

[70] 도 6은 본 발명의 일 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 조직 분포를 보여주는 사진이다.

[71] 도 6을 참조하면, 알루미늄 기지 내에 화살표로 표시한 바와 같이 실리콘 결정이 미세하게 분포된 것을 알 수 있다. 한편, SiO₂ 함량에 비해서 합금 표면상의 실리콘 함량이 높은 것은 교반에 의해서 합금의 표면부에 실리콘 함량이 증가된 것으로 이해된다. 이로부터, 이 실시예에서 합금 표면부에서 실리콘 함량은 합금 중심부에서 실리콘 함량보다 높은 것으로 판단된다.

[72] 도 7a 내지 도 7d는 본 발명의 다른 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의

EPMA 분석 결과를 보여주는 사진들이다. 도 7a는 후방 산란 전자를 이용하여 관찰한 합금의 미세조직을 나타낸 것이며, 도 7b 내지 도 7d는 EPMA로 매핑한 결과로서, 알루미늄, 실리콘, 및 산소의 분포를 각각 나타낸다.

[73] 이 실시예에 따른 알루미늄 합금은 알루미늄 모재에 SiO_2 첨가물을 약 0.5 중량% 첨가하여 제조되었다. 한편, 분해 단계는 교반 없이 진행되었다.

[74] 도 7a를 참조하면, 합금 내에 미세한 결정체들이 널리 분포되어 있는 것을 알 수 있다. 도 7b 및 도 7c를 같이 참조하면, 도 7a의 결정체들과 거의 동일한 위치에서 스팟들(spots)이 관찰되고, 이러한 스팟들에서 알루미늄의 함량은 낮고 실리콘의 함량은 높은 것을 알 수 있다. 도 7d를 참조하면, 합금 내에서 전체적으로 산소가 거의 검출되지 않는 것을 알 수 있다.

[75] 이러한 결과로부터, 도 7a의 결정체들은 산화 실리콘이 아닌 실리콘 결정체임을 알 수 있다. 따라서, 이 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 기지 내에는 실리콘이 널리 분포되고, 산화 실리콘은 거의 실질적으로 모두 분해되어 잔존하지 않는 것을 알 수 있다.

[76] 도 8은 본 발명의 다른 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 조직 분포를 보여주는 사진이다.

[77] 도 8을 참조하면, 알루미늄 기지 내에 화살표로 표시한 바와 같이 실리콘 결정이 넓게 분포된 것을 알 수 있다. 한편, 도 6과 도 8을 비교해 보면, 도 8에서 실리콘 결정의 밀도는 도 6에서 실리콘 결정의 밀도보다 낮은 것을 알 수 있다. 이로부터 교반을 진행하는 경우, 용탕의 표면부에서 반응이 활성화되어 합금 표면부에서 실리콘의 함량이 증가된 것을 알 수 있다.

[78] 도 10a 내지 도 10d는 본 발명의 또 다른 실험예에 따라 제조된 알루미늄 합금의 EPMA 분석 결과를 보여주는 사진들이다. 도 10a는 후방 산란 전자를 이용하여 관찰한 합금의 미세조직을 나타낸 것이며, 도 10b 내지 도 10d는 EPMA로 매핑한 결과로서, 실리콘, 마그네슘 및 알루미늄의 분포를 각각 나타낸다. 이 실험예에 따른 알루미늄 합금은 Al-5Mg 합금 모재에 SiO_2 첨가물을 약 0.5 중량% 첨가하여 제조되었다.

[79] 도 10a 내지 도 10d를 참조하면, 합금 내에 결정체들이 분포되어 있는 것을 알 수 있다. 도 10b 및 도 10c에 도시된 바와 같이, 점선으로 표시된 동일 영역에서 Mg과 Si이 동시에 관찰된 것을 알 수 있다. 따라서, 점선으로 표시된 영역 내 결정체들은 마그네슘-실리콘 화합물, 통상적으로 Mg_2Si 인 것을 알 수 있다. 따라서, 합금 제조 단계에서 첨가물로 첨가된 산화 실리콘이 분해된 실리콘이 용탕 내에서 합금 원소인 마그네슘과 반응하여 마그네슘-실리콘 화합물을 형성한 것을 알 수 있다.

[80] 발명의 특정 실시예들에 대한 이상의 설명은 예시 및 설명을 목적으로 제공되었다. 따라서 본 발명은 상기 실시예들에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 해당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 상기 실시예들을 조합하여 실시하는 등 여러 가지 많은 수정 및 변경이 가능함은

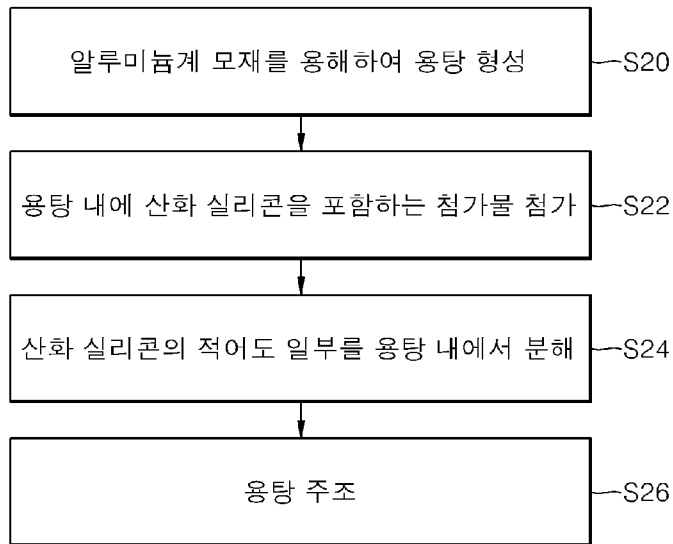
명백하다.

청구범위

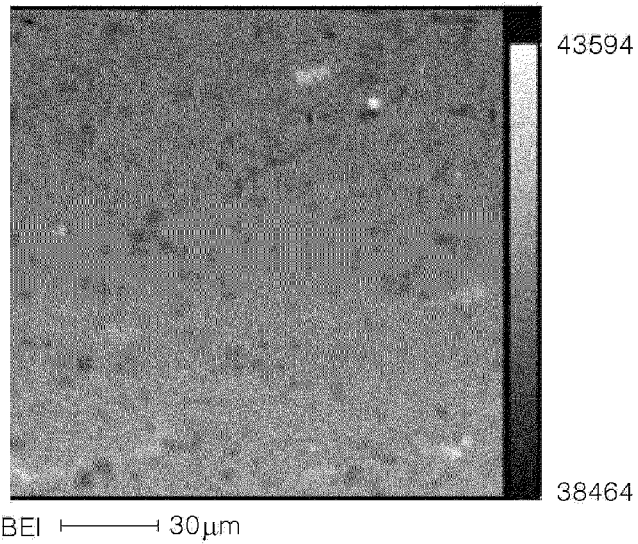
- [청구항 1] 알루미늄계 모재를 용해하여 용탕을 형성하는 단계;
상기 용탕 내에 산화 실리콘을 포함하는 첨가물을 첨가하는 단계;
상기 산화 실리콘의 적어도 일부를 상기 용탕 내에서 소진시키는 단계; 및
상기 용탕을 주조하는 단계를 포함하는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서, 상기 소진시키는 단계는 상기 산화 실리콘의 실질적인 전부가 상기 용탕 내에 잔류되지 않도록 수행하는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서, 상기 소진시키는 단계에서 상기 산화 실리콘은 실리콘으로 분해되고,
상기 실리콘의 적어도 일부는 상기 알루미늄 합금의 알루미늄 기지 내에 분포된, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서, 상기 소진시키는 단계는 상기 산화 실리콘이 분해하여 생성된 산소가 상기 용탕으로부터 제거되도록 수행하는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 5] 제 4 항에 있어서, 상기 산소는 상기 용탕의 표면을 통해서 기체의 형태로 제거되는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 6] 제 4 항에 있어서, 상기 산소는 상기 용탕의 표면에 드로스 또는 슬러지 형태로 변환된 후 제거되는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 7] 제 1 항에 있어서, 상기 소진시키는 단계는 상기 용탕의 상부를 교반하는 단계를 포함하는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 8] 제 7 항에 있어서, 상기 교반하는 단계는 상기 용탕의 표면을 대기중에 노출시킨 상태에서 수행하는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 9] 제 7 항에 있어서, 상기 교반은 상기 용탕의 표면으로부터 상기 용탕의 전체 깊이의 20% 이내의 상층부에서 수행하는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 10] 제 7 항에 있어서, 상기 교반하는 단계에 의해서 상기 용탕의 표면부에서 상기 산화 실리콘이 분해되는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 11] 제 1 항에 있어서, 상기 산화 실리콘의 첨가량은 상기 용탕 내에서 모두 소진되어 상기 알루미늄 합금 내에 잔류하지 않는 범위로 한정되는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 12] 제 11 항에 있어서, 상기 산화 실리콘의 첨가량은 0.001 내지 30 중량% 범위인, 알루미늄 합금의 제조방법.

- [청구항 13] 제 1 항에 있어서, 상기 모재는 알루미늄 또는 알루미늄 합금을 포함하는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 14] 제 1 항에 있어서, 상기 모재는 알루미늄-마그네슘 합금을 포함하고,
상기 소진시키는 단계에 의해서 상기 산화 실리콘이 분해되어 실리콘이 생성되고, 상기 실리콘의 적어도 일부는 상기 용탕 내 마그네슘과 반응하여 마그네슘-실리콘 화합물을 형성하는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 15] 제 14 항에 있어서, 상기 마그네슘-실리콘 화합물은 Mg_2Si 를 포함하는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 16] 알루미늄계 모재를 용해하여 용탕을 형성하는 단계;
상기 용탕 내에 산화 실리콘을 포함하는 첨가물을 첨가하는 단계;
상기 산화 실리콘의 실질적인 전부를 상기 용탕 내에서 분해하여, 상기 용탕 내에 실리콘은 잔류시키면서 산소는 상기 용탕으로부터 제거하는 단계; 및
알루미늄 기지 내에 상기 실리콘의 적어도 일부가 분포되고 상기 산화 실리콘이 실질적으로 잔류하지 않도록 상기 용탕을 주조하는 단계를 포함하는, 알루미늄 합금의 제조방법.
- [청구항 17] 제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 따른 제조방법에 의해서 제조된, 알루미늄 합금.
- [청구항 18] 제 17 항에 있어서, 상기 알루미늄계 모재는 알루미늄-마그네슘 합금을 포함하고,
상기 알루미늄 합금의 알루미늄 기지에는 부가적인 열처리 없이 주조에 의해서 형성된 마그네슘-실리콘 화합물이 존재하는, 알루미늄 합금.
- [청구항 19] 알루미늄 기지;
상기 기지 내에 존재하는 실리콘 또는 마그네슘-실리콘 화합물을 포함하고,
상기 실리콘 또는 마그네슘-실리콘 화합물에서 실리콘 성분은 합금 주조 시 용탕 내에 첨가된 산화 실리콘으로부터 분해되어 공급된, 알루미늄 합금.

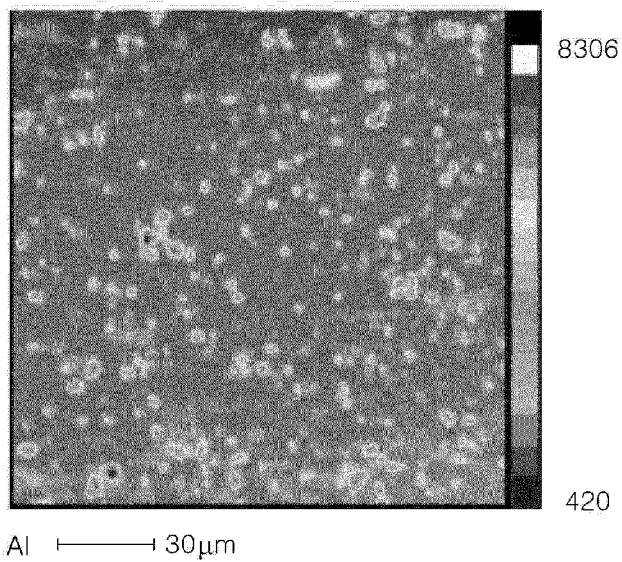
[Fig. 1]



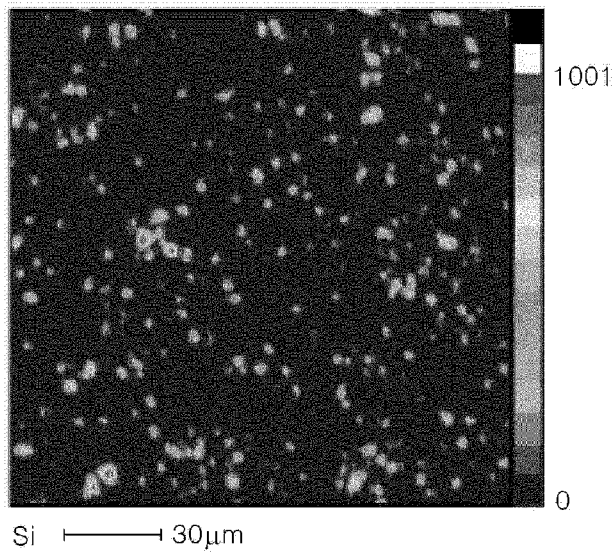
[Fig. 2a]



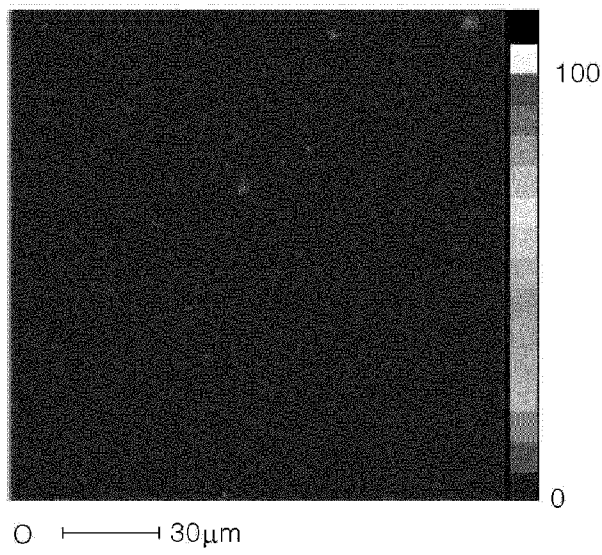
[Fig. 2b]



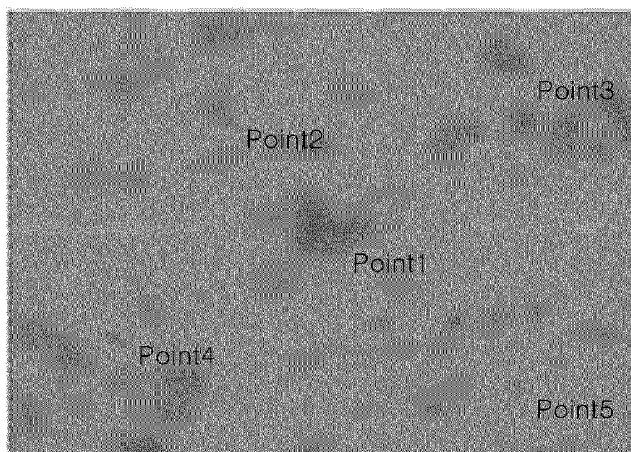
[Fig. 2c]



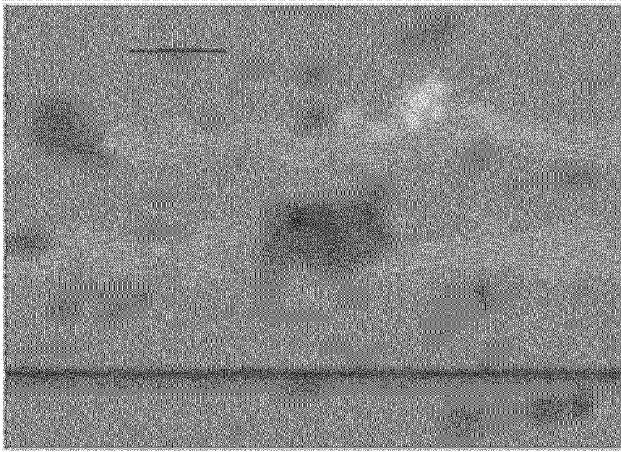
[Fig. 2d]



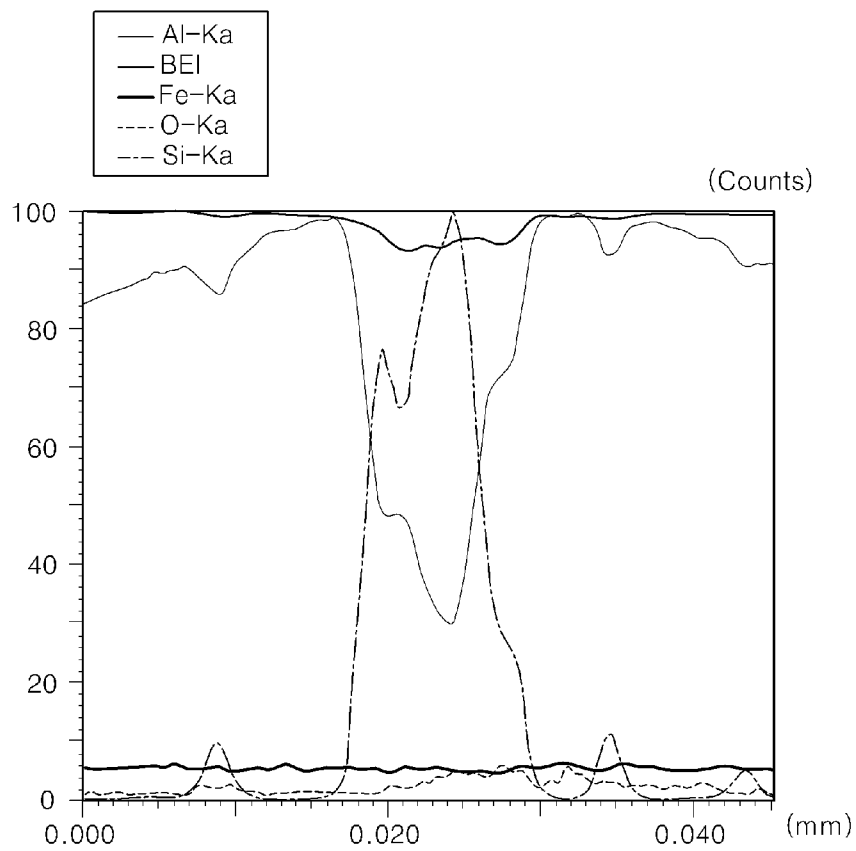
[Fig. 3]



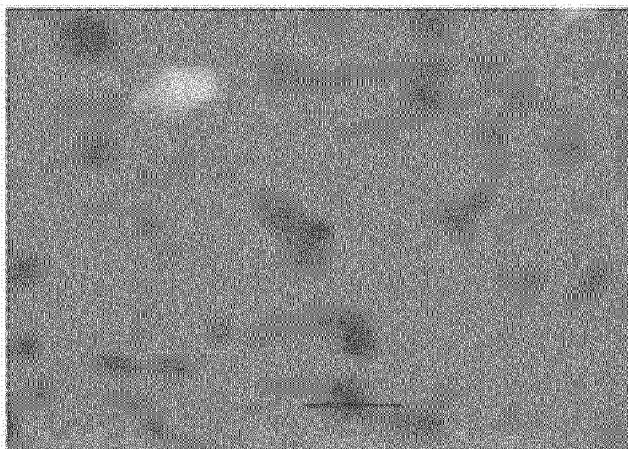
[Fig. 4a]



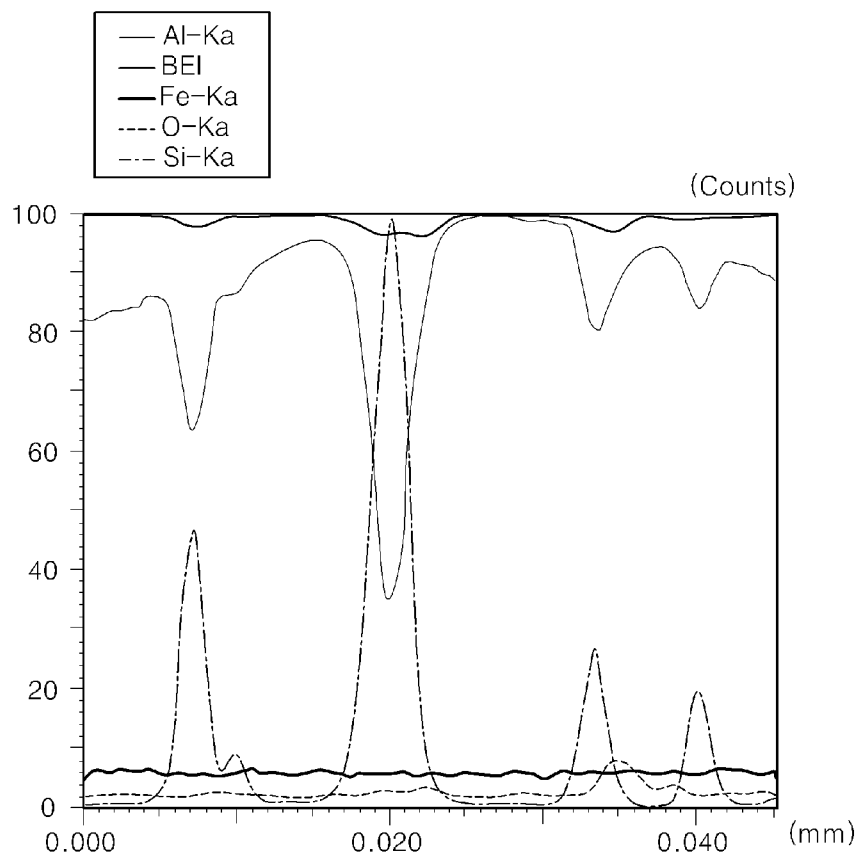
[Fig. 4b]



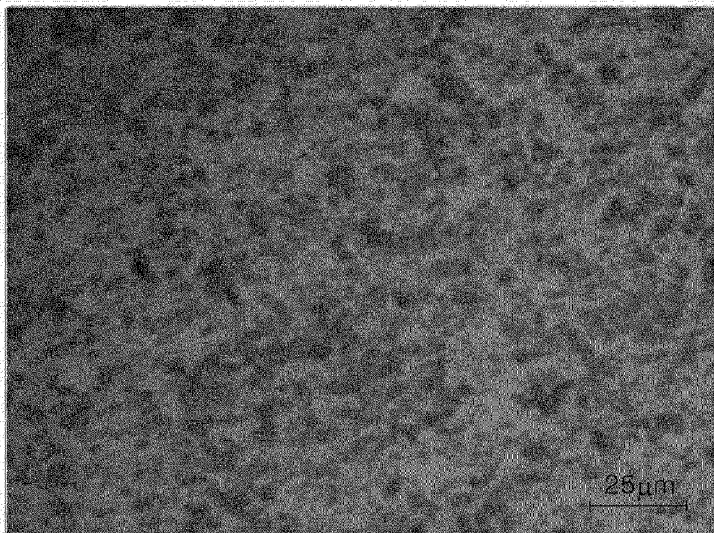
[Fig. 5a]



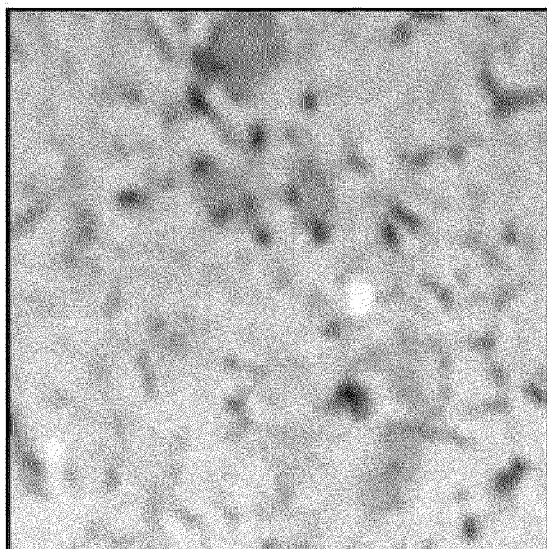
[Fig. 5b]



[Fig. 6]

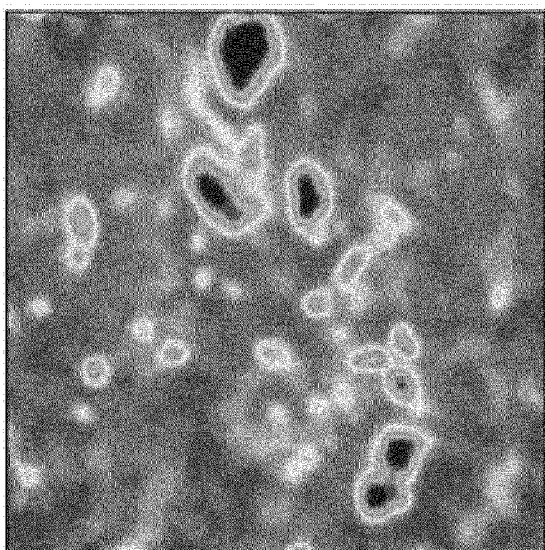


[Fig. 7a]



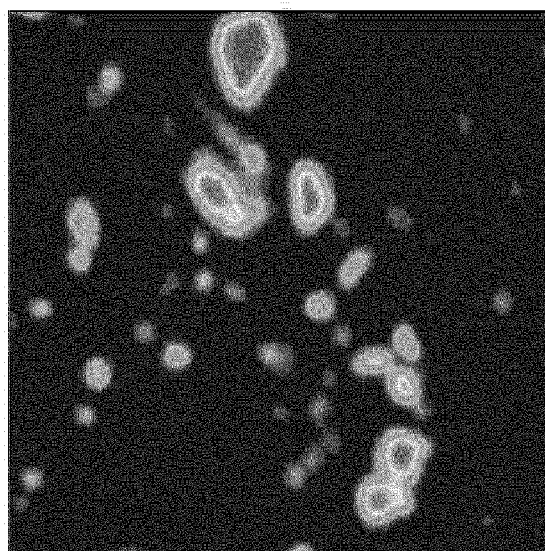
BEI 7.5 μm

[Fig. 7b]



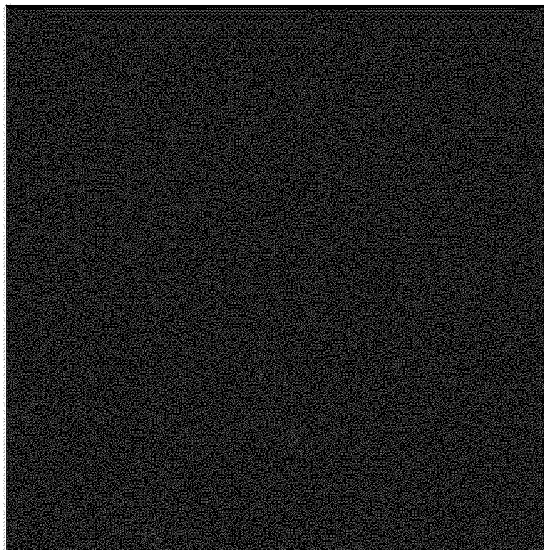
Al 7.5 μm

[Fig. 7c]



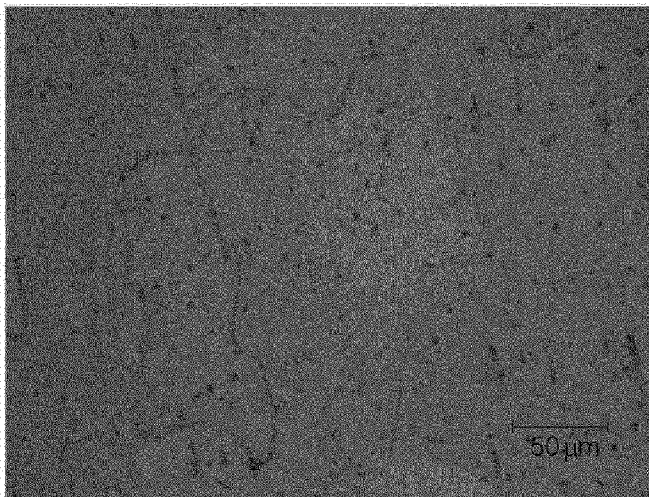
Si 7.5 μm

[Fig. 7d]

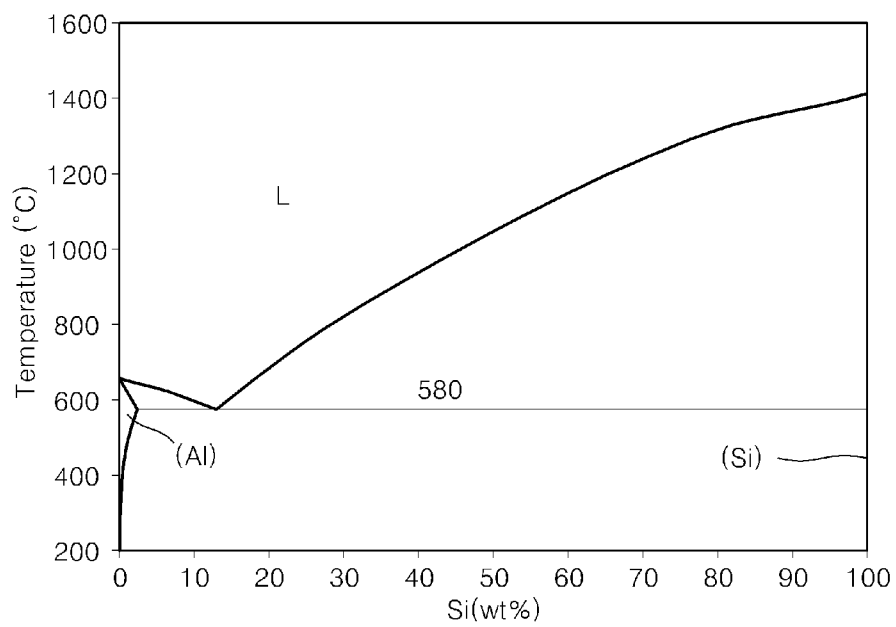


○ — 7.5 μm

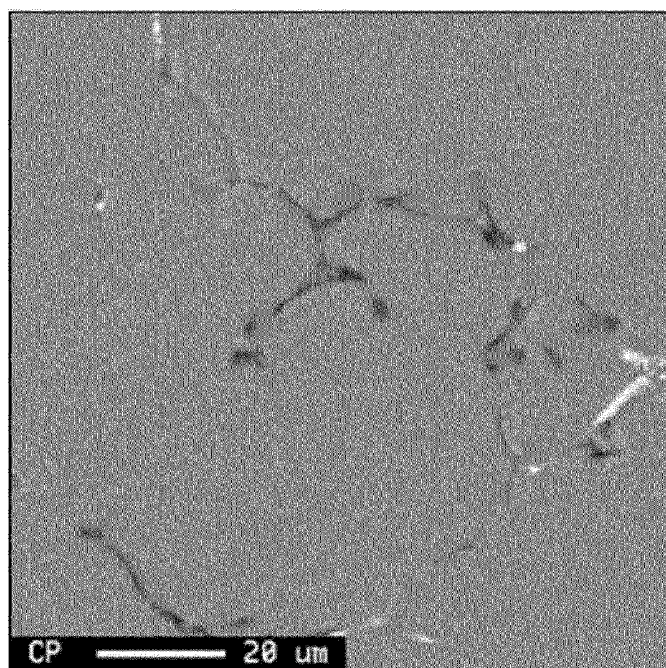
[Fig. 8]



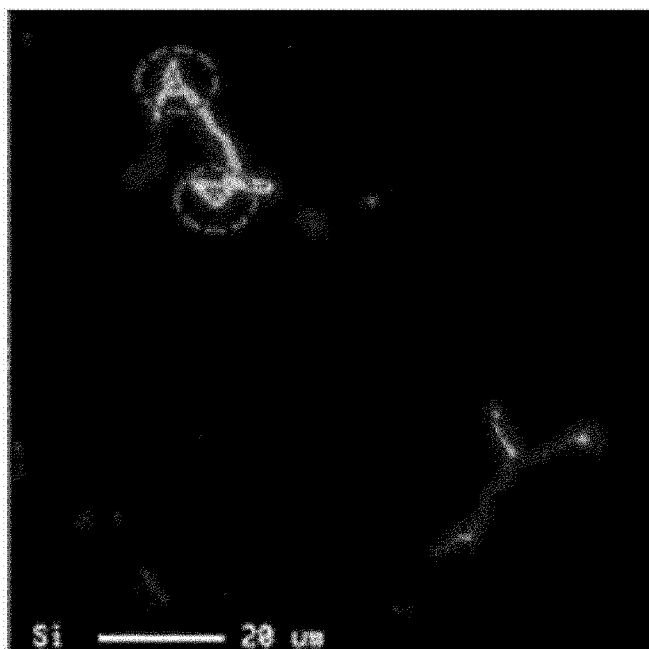
[Fig. 9]



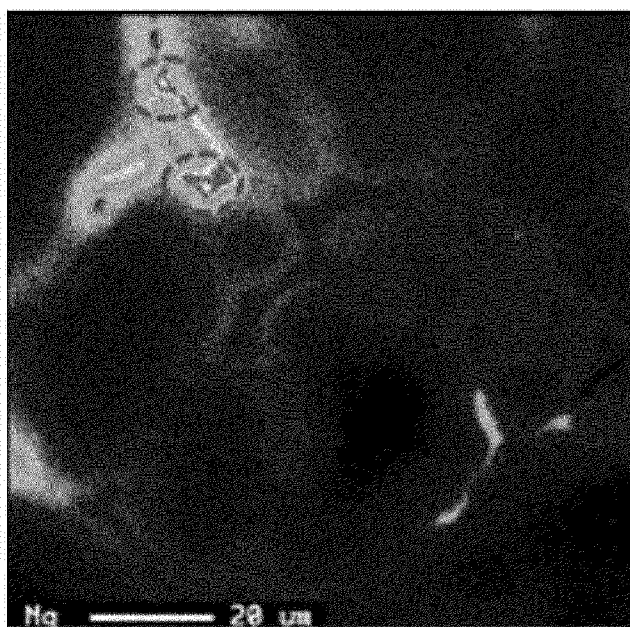
[Fig. 10a]



[Fig. 10b]



[Fig. 10c]



[Fig. 10d]

