

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

정정판

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012년 9월 27일 (27.09.2012)



(10) 국제공개번호
WO 2012/128506 A9

- (51) 국제특허분류:
B22D 21/04 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/001894
- (22) 국제출원일: 2012년 3월 16일 (16.03.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2011-0024151 2011년 3월 18일 (18.03.2011) KR
10-2011-0027821 2011년 3월 28일 (28.03.2011) KR
10-2011-0092162 2011년 9월 9일 (09.09.2011) KR
- (71) 출원인 (US을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **한국 기계연구원 (KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS)** [KR/KR]; 305-343 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동), Daejeon (KR).
- (72) 발명자: **김**
- (75) 발명자/출원인 (US에 한하여): **이정무 (LEE, Jung Moo)** [KR/KR]; 641-120 경상남도 창원시 성주동 유니온빌리지 아파트 115-502, Gyeongsangnam-do (KR). **김수현 (KIM, Su Hyeon)** [KR/KR]; 641-111 경상남도 창

원시 성산구 가음동 자이아파트 103-1304, Gyeongsangnam-do (KR). **강석봉 (KANG, Suk Bong)** [KR/KR]; 641-766 경상남도 창원시 성산구 반림동 트리비앙아파트 206-1003, Gyeongsangnam-do (KR). **조영희 (CHO, Young Hee)** [KR/KR]; 642-777 경상남도 창원시 성산구 상남동 대동아파트 111-705, Gyeongsangnam-do (KR).

(74) 대리인: **이인행 (LEE, In-Haeng)** 등; 137-873 서울특별시 서초구 서초동 1551-5 석천빌딩 4층 율민국제특허법률사무소, Seoul (KR).

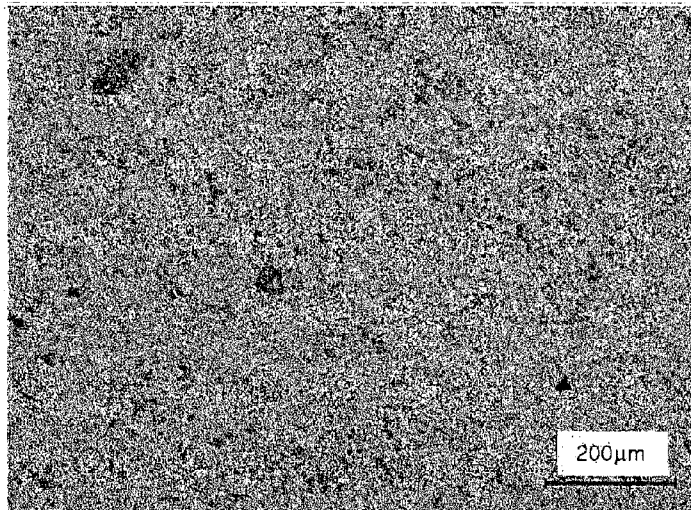
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, 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: METHOD FOR PRODUCING ALUMINUM MATRIX COMPOSITES, AND ALUMINUM MATRIX COMPOSITES PRODUCED BY THE METHOD

(54) 발명의 명칭 : 알루미늄 기지 복합재료 제조방법 및 이에 의해 제조된 알루미늄 기지 복합재료

[Fig. 5]



(57) Abstract: An object of the present invention is to provide a method for stably producing aluminum composites with excellent mechanical properties while keeping the temperature of molten aluminum to 950°C or less. According to an aspect of the present invention, there is provided a method for producing aluminum matrix composites, comprising the steps of: preparing a precursor in which aluminum powders, feed materials of titanium, feed materials of non-metal elements which can form a compound through combination with titanium, and active materials are mixed; adding the precursor into molten aluminum; and casting the molten aluminum.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

WO 2012/128506 A9



(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, MD, 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:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(88) 국제조사보고서 공개일: 2012 년 11 월 15 일

(48) 본 정정판 공개일: 2013 년 1 월 3 일

(15) 정정사항에 관한 정보:
2013 년 1 월 3 일 자 공지 참조

본 발명은 알루미늄 용탕의 온도를 950°C 이하로 유지하면서 기계적 특성이 우수한 알루미늄 복합재료를 안정적으로 제조하는 방법의 제공을 목적으로 한다. 본 발명의 일 관점에 따르면, 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질, 티타늄과 결합하여 화합물을 형성할 수 있는 비금속원소의 공급물질 및 활성화 물질이 혼합된 전구체를 준비하는 단계; 상기 전구체를 알루미늄 용탕에 첨가하는 단계; 및 상기 알루미늄 용탕을 주조하는 단계;를 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법이 제공된다.

명세서

발명의 명칭: 알루미늄 기지 복합재료 제조방법 및 이에 의해 제조된 알루미늄 기지 복합재료

기술분야

- [1] 본 발명은 세라믹과 같은 비금속 재료를 알루미늄 기지 상에 강화재(또는 강화상)로 분포시켜 기계적 특성을 향상시키는 알루미늄 기지 복합재료의 제조방법 및 그 방법에 의해 제조된 알루미늄 기지 복합재료에 대한 것이다.

배경기술

- [2] 알루미늄 기지 복합재료는 순수 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어진 기지 내에 세라믹 등과 같은 비금속 재료를 강화재로 분포시킨 것으로서, 경량이면서도 강도 및 강성이 높고 내마모성과 고온특성이 우수하기 때문에 수송기기용 구조재료, 기계산업소재, 전기전자재료 등으로의 사용이 기대되고 있다. 금속기지 복합재료의 기계적 특성은 첨가되는 강화재의 종류, 크기, 형상, 부피분율, 기지/강화재의 계면 특성 등에 큰 영향을 받는다. 액상의 기지금속에 세라믹 강화재를 외부에서 주입하여 복합재료를 제조할 경우, 세라믹 강화재와 기지금속간의 낮은 젖음성으로 인하여 세라믹 강화재를 용탕 내에 주입하기가 용이하지 않을 뿐만 아니라, 기지금속과 강화재의 계면에서 원치 않는 계면 반응의 발생이나 기지금속과 강화재의 낮은 계면 결합력으로 인하여 소재의 기계적 특성이 저하되기도 한다. 이러한 문제점들을 극복하기 위하여 최근에는 용탕 내부에서 강화상을 자발적으로 생성시키는 공정에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 용탕에서 자발 반응으로 생성되는 강화상은 열역학적으로 안정하고, 강화상의 계면이 깨끗하기 때문에 기지/강화상의 계면 결합력이 우수하다. 이러한 이유로 자발 반응을 이용하여 제조되는 금속기지 복합재료의 기계적 특성은 외부에서 강화재를 주입하는 공정으로 제조된 복합재료에 비하여 우수한 기계적 특성을 갖는다.
- [3] 강화재로는 탄화 티타늄(TiC), 붕화 티타늄(TiB_2), 알루미늄(Al_2O_3) 등이 이용될 수 있다. 상기 재료들은 경도 및 탄성계수가 크고 고온 특성이 우수하여 알루미늄 합금에 강화상으로 분포하는 경우, 재료의 강도, 강성, 고온 강도, 내마모성 등을 현저히 증가시킬 수 있을 것으로 기대된다. 이런 이유로 지금까지 상기 재료들을 자발 반응을 이용한 공정으로 제조하는 다양한 시도가 이루어져 왔다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 그러나 기존의 알루미늄 용탕에서 상술한 탄화 티타늄, 붕화 티타늄, 알루미늄과 같은 강화재를 자발적으로 생성시키는 방법은 반응을 일으키기 위하여 알루미늄 용탕의 온도를 1000°C 이상으로 가열해야 되는 것으로

보고되고 있다. 알루미늄 용탕의 온도는 가능하면 낮게 유지하는 것이 소재의 제조에 유리하다. 이는 장치적인 측면뿐만 아니라 용탕의 온도가 높으면 알루미늄 용탕 내 첨가 원소의 증발이 발생하기 쉽고, 알루미늄 합금의 특성을 저하시키는 수소 농도가 증가하기 때문이다.

- [5] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하여, 알루미늄 용탕의 온도를 950°C 이하로 유지하면서 기계적 특성이 우수한 알루미늄 복합재료를 안정적으로 제조하는 방법의 제공을 목적으로 한다. 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제 해결 수단

- [6] 본 발명의 일 관점에 따르면, 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질, 티타늄과 결합하여 화합물을 형성할 수 있는 비금속원소의 공급물질 및 활성화 물질이 혼합된 전구체를 준비하는 단계; 상기 전구체를 알루미늄 용탕에 첨가하는 단계; 및 상기 알루미늄 용탕을 주조하는 단계;를 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법이 제공된다.
- [7] 본 발명의 다른 관점에 의하면, 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질 및 티타늄과 결합하여 화합물을 형성할 수 있는 비금속원소의 공급물질이 혼합된 전구체를 준비하는 단계; 상기 전구체를 알루미늄 용탕에 첨가하는 단계; 및 상기 알루미늄 용탕을 주조하는 단계;를 포함하며, 상기 알루미늄 분말, 티타늄 공급물질 및 비금속원소의 공급물질 중 어느 하나 이상은 소성가공을 인가받은 것인, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법이 제공된다.
- [8] 상기 티타늄의 공급물질은 산화 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 탄소 분말을 포함할 수 있다.
- [9] 상기 티타늄의 공급물질은 산화 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 붕소 화합물 분말을 포함할 수 있다. 상기 붕소 화합물 분말은 산화 붕소 분말 또는 지르코늄 붕화물 분말을 포함할 수 있다.
- [10] 상기 티타늄의 공급물질은 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 탄소 분말을 포함할 수 있다.
- [11] 상기 활성화 물질은 상기 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질 및 비금속원소의 공급물질 중 어느 하나 이상과 발열반응을 일으키는 물질일 수 있다.
- [12] 예를 들어 상기 활성화 물질은 알루미늄과 발열반응을 일으키는 물질일 수 있으며, 예를 들어 상기 활성화 물질은 산화 구리, 산화 코발트, 산화 망간, 산화 니켈, 산화 철, 산화 마나뎀, 산화 크롬 및 산화 텅스텐 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [13] 이러한 상기 활성화 물질은 상기 전구체 내에서 0.1중량% 내지 40중량%의 범위를 가질 수 있다.
- [14] 다른 예로서, 상기 활성화 물질은 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질일 수 있다.

- [15] 또 다른 예로서, 상기 활성화 물질은 상기 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질 및 비금속원소의 공급물질 중 어느 하나 이상과 발열반응을 일으키는 물질에 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질이 더해 진 것일 수 있다.
- [16] 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질은 알칼리금속, 알칼리토금속 또는 상기 금속들의 산화물을 포함할 수 있으며, 예를 들어 바륨, 칼슘, 스트론튬, 칼륨 및 이들 중 어느 하나의 산화물을 포함할 수 있다.
- [17] 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질은 상기 전구체 내에서 5중량% 이하(0초과)의 범위를 가질 수 있다.
- [18] 상술한 활성화 물질을 첨가하는 것에 더하여 상기 알루미늄 분말, 티타늄 공급물질 및 비금속원소의 공급물질 중 어느 하나 이상에 소성가공을 인가하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [19] 한편, 상기 전구체는 기계적 가압으로 성형하여 제조한 펠렛 또는 상기 펠렛을 파쇄한 것을 포함할 수 있다.
- [20] 또한 상기 알루미늄 용탕의 온도는 알루미늄의 용점이상 950°C이하의 범위를 가질 수 있다.
- [21] 또한 상기 알루미늄 용탕은 순수 알루미늄 용탕 또는 1종 이상의 합금원소를 포함하는 알루미늄 합금 용탕을 포함할 수 있으며, 상기 합금원소는 마그네슘(Mg), 실리콘(Si), 구리(Cu), 망간(Mn), 크롬(Cr), 아연(Zn), 니켈(Ni), 철(Fe), 주석(Sn) 또는 리튬(Li)을 포함할 수 있다.
- [22] 본 발명의 또 다른 관점에 의하면, 상술한 제조방법에 의해 제조된 알루미늄 기지 복합재료를 용해하여 용탕을 형성하는 단계; 상기 용탕에 합금원소를 첨가하는 단계; 및 상기 용탕을 주조하는 단계를 포함할 수 있다.
- [23] 본 발명의 또 다른 관점에 의하면, 알루미늄 기지; 및 상기 알루미늄 기지 상에 분포하는 알루미늄 및 티타늄 화합물 입자;를 포함하며, 상기 알루미늄 및 티타늄 화합물 입자는 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질, 티타늄과 결합하여 상기 티타늄 화합물을 형성할 수 있는 비금속원소의 공급물질 및 활성화 물질이 혼합된 전구체로부터 형성된 것인, 알루미늄 기지 복합재료가 제공된다.
- [24] 본 발명의 또 다른 관점에 의하면, 알루미늄 기지; 상기 알루미늄 기지 상에 분포하는 알루미늄 및 티타늄 화합물 입자;를 포함하며, 상기 알루미늄 및 티타늄 화합물 입자는 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질, 티타늄과 결합하여 상기 티타늄 화합물을 형성할 수 있는 비금속원소의 공급물질이 혼합된 전구체로부터 형성된 것이며, 상기 알루미늄 분말, 티타늄 공급물질 및 비금속원소의 공급물질 중 어느 하나 이상은 소성가공을 인가받은 것인, 알루미늄 기지 복합재료가 제공된다.
- [25] 상기 티타늄 화합물 입자는 산화 티타늄 입자이고, 상기 티타늄의 공급물질은 산화 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 탄소 분말을 포함할 수 있다.
- [26] 상기 티타늄 화합물 입자는 붕화 티타늄을 포함하고, 상기 티타늄의

공급물질은 산화 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 붕소 화합물 분말을 포함할 수 있다.

- [27] 상기 티타늄 화합물 입자는 탄화 티타늄 입자이고, 상기 티타늄의 공급물질은 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 탄소 분말을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [28] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 알루미늄 기지 복합재료의 제조방법은 종래의 제조방법에 비하여 낮은 용탕온도에서 반응합성이 가능하고, 반응이 촉진되어 제조공정 시간을 단축시킬 수 있다. 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

- [29] 도 1은 반응식 1 및 2의 반응으로 발생하는 열에 의한 단열온도(adiabatic temperature)를 계산한 결과를 나타낸 그래프이다.
- [30] 도 2는 반응식 4 및 5의 반응으로 발생하는 열에 의한 단열온도(adiabatic temperature)를 계산한 결과를 나타낸 그래프이다.
- [31] 도 3은 반응식 6의 반응으로 발생하는 열에 의한 단열온도(adiabatic temperature)를 계산한 결과를 나타낸 그래프이다.
- [32] 도 4는 반응식 6의 반응에 산화 구리를 7 내지 8중량% 첨가한 후의 단열 온도의 변화를 계산한 결과를 나타낸 그래프이다.
- [33] 도 5는 본 발명의 실험예 1에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 미세조직을 관찰한 결과이다.
- [34] 도 6은 본 발명의 실험예 1에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.
- [35] 도 7은 본 발명의 비교예 1에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.
- [36] 도 8은 본 발명의 실험예 8에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 미세조직을 관찰한 결과이다.
- [37] 도 9는 본 발명의 실험예 8에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.
- [38] 도 10은 본 발명의 비교예 2에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.
- [39] 도 11은 본 발명의 실험예 13에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 미세조직을 관찰한 결과이다.
- [40] 도 12는 본 발명의 실험예 13에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.
- [41] 도 13은 본 발명의 실험예 17에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.

[42] 도 14는 본 발명의 실험예 17에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.

[43] 도 15는 본 발명의 비교예 17에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.

[44] 도 16은 본 발명의 비교예 17에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[45] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있는 것으로, 이하의 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 또한 설명의 편의를 위하여 도면에서는 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다.

[46] 본 명세서 및 특허청구범위에서는 순수 알루미늄을 용해한 용탕 또는 1종 이상의 합금원소를 포함하는 알루미늄 합금 용탕을 모두 알루미늄 용탕으로 지칭한다.

[47] 알루미늄 기지 복합재료를 제조하기 위해, 우선 알루미늄 기지에 분포시킬 강화재를 형성하기 위한 전구체가 제공된다. 여기서 전구체는 알루미늄 용탕 내에서 서로 반응하여 강화재를 생성할 수 있는 반응물질들이 혼합되어 있는 혼합체를 의미한다. 이때 상기 전구체는 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질, 티타늄과 결합하여 화합물을 형성할 수 있는 비금속원소의 공급물질 및 활성화 물질이 혼합되어 있는 혼합체 일 수 있다.

[48] 상기 티타늄의 공급물질은 알루미늄 복합기지의 기지 상에 형성되는 탄화 티타늄, 붕화 티타늄과 같은 티타늄 화합물을 형성하기 위하여 티타늄을 공급하는 물질이다. 상기 비금속원소의 공급물질은 상기 티타늄의 공급물질로부터 공급되는 티타늄과 반응하여 상기 티타늄 화합물을 형성하는 비금속원소를 공급하는 물질이다. 상기 활성화 물질은 전구체 내에서의 반응을 활성화하기 위한 물질로서, 이에 대해서는 뒤에서 좀 더 자세하게 기술하도록 한다.

[49] 본 발명의 제1실시예에 의하면, 상기 티타늄의 공급물질은 산화 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 탄소 분말을 포함할 수 있다. 이 경우 알루미늄 복합재료의 기지에는 강화재로서 알루미늄과 탄화 티타늄이 형성될 수 있다.

[50] 알루미늄, 산화 티타늄 및 탄소 간에는 아래의 반응식 1과 같은 반응을 통해 탄화 티타늄과 알루미늄이 생성된다.

[51] $4\text{Al} + 3\text{TiO}_2 + 3\text{C} \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{TiC}$ [반응식 1]

[52] 이때 상기 반응은 발열반응이며, 일단 반응이 시작되면 자발적으로 반응이

일어난다. 이러한 자발반응을 이용한 자전연소반응에 의할 경우, 자체 반응에 의해 생성된 반응열에 의해 자발적으로 연소파가 전파되면서 반응이 지속되게 된다. 따라서 알루미늄, 산화 티타늄 및 탄소로 이루어진 전구체를 고온의 알루미늄 용탕에 첨가하는 경우, 반응식 1의 반응이 자발적으로 일어나면서 알루미늄과 산화 티타늄이 생성되게 된다. 이때 반응식 1의 자발반응을 유도하기 위해서는 용탕의 온도를 1000°C 이상으로 유지하여야 한다.

[53] 알루미늄의 주조에 있어서, 알루미늄 용탕의 온도는 가능하면 낮게 유지하는 것이 소재의 제조 측면에서 유리하다. 즉, 용탕의 온도를 1000°C 이상의 고온으로 유지하기 위해서는 높은 에너지를 공급하기 위한 추가적인 장치가 필요하게 된다. 또한 용탕 내 첨가된 합금원소가 용탕이 유지되는 동안 증발되기 쉬우며, 알루미늄 합금의 특성을 저하시키는 용탕 내 수소 농도가 증가할 수 있다.

[54] 본 실시예에서는 알루미늄 용탕의 온도를 감소시키기 위해 상기 전구체에는 상기 분말들 간의 반응을 촉진시키기 위한 활성화 물질이 포함될 수 있다.

[55] 여기서 활성화 물질은 일 예로서, 상기 전구체를 이루는 분말들 중 어느 하나 이상과 발열반응을 일으키는 것일 수 있다. 이러한 활성화 물질은 상기 분말들 중 어느 하나 이상과의 반응을 통해 반응열을 생성하여 반응식 1에 의해 발생되는 반응열에 추가적으로 반응을 위한 열량을 공급할 수 있다.

[56] 이러한 활성화 물질은 알루미늄과 반응하여 발열반응을 일으키는 물질일 수 있으며, 이러한 물질은 산화 구리, 산화 코발트, 산화 망간, 산화 니켈, 산화 철, 산화 바나듐, 산화 크롬 및 산화 텅스텐 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[57] 예를 들어 산화 구리는 반응식 2와 같이 알루미늄과 반응하여 큰 반응열을 생성하게 된다.

[58] $2\text{Al} + 3\text{CuO} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Cu}$ [반응식 2]

[59] 도 1에는 각각 반응식 1 및 2의 반응으로 발생하는 열에 의한 단열온도(adiabatic temperature)를 계산한 결과를 나타내었다. 도 1의 A는 반응식 1의 단열온도 값이며, B는 반응식 2의 단열온도 값이다. 도 1의 A 및 B를 참조하면, 반응식 1에 의한 단열온도는 약 2368K임에 비해, 반응식 2에 의한 단열온도는 3044K에 이른다. 따라서 반응식 2에 의해 생성되는 열량에 의해 반응식 1의 반응이 촉진될 수 있으며, 이에 대응하여 반응식 1이 자발적으로 반응하게 하기 위한 알루미늄 용탕의 최소 온도를 감소시킬 수 있게 된다.

[60] 도 1의 C에는 산화 구리를 첨가하였을 경우의 반응식 1의 단열온도를 계산한 결과가 나타나 있으며, 이를 참조하면 단열온도가 2833K까지 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 단열온도의 증가는 실제 반응식 1을 일으키기 위한 용탕의 온도가 그만큼 감소된다는 것을 의미한다.

[61] 다른 예로서 산화 니켈의 경우에는 알루미늄과의 반응시 단열온도가 3183K, 산화철의 경우에는 3133K로 계산되었으며, 위 산화 구리와 같은 효과를 나타낼 수 있다.

[62] 한편, 상기 활성화 물질의 다른 예로서, 상기 전구체를 이루는 산화 티타늄의

분해를 촉진시키는 물질일 수 있다. 즉, 반응식 1의 반응은 산화 티타늄이 분해되고, 이로부터 생성된 생성된 티타늄(Ti)이 상기 전구체를 이루는 알루미늄에 고용된 후 다시 탄소와 반응하여 탄화 티타늄을 생성하는 과정을 거치게 된다. 따라서 산화 티타늄의 분해를 촉진할 경우, 반응식 1의 반응이 촉진될 수 있다.

- [63] 이러한 활성화 물질은 주기율표의 알칼리금속 또는 알칼리토금속에 속하는 원소 또는 이러한 원소의 산화물 일 수 있다. 예를 들어, 이러한 활성화 물질로서 바륨(Ba), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 칼륨(K) 및 이들의 산화물을 포함할 수 있다.
- [64] 전구체를 구성하는 분말들 간의 반응을 촉진시키기 위한 또 다른 예로서, 알루미늄 용탕에 첨가되는 전구체를 구성하는 분말들 중 어느 하나 이상은 소성가공을 인가받은 것일 수 있다.
- [65] 예를 들어 알루미늄 분말, 산화 티타늄 분말 및 탄소 분말을 볼밀(ball-mill) 등과 같은 분말에 소성가공을 인가할 수 있는 장치에 투입한 후, 소정 시간 동안 위 분말들에 기계적으로 소성가공함으로써, 위 분말들 각각을 에너지적으로 활성화 시킬 수 있다. 이와 같이 소성가공을 인가받은 분말들을 혼합 후 펠렛으로 성형함으로써 알루미늄 용탕에 투입되는 전구체를 제조할 수 있다.
- [66] 이러한 방법에 의할 경우 소성가공에 의해 분말들의 활성화가 이루어짐에 따라, 반응식 1의 반응이 촉진되게 되며, 결과적으로 더 낮은 알루미늄 용탕 온도에서도 반응식 1이 자발적으로 일어날 수 있게 된다.
- [67] 이상과 같이 예시된 전구체를 구성하는 분말들의 반응을 촉진하는 방법들은 서로 선택적으로 두 가지 이상 조합되어 적용될 수 있음은 물론이다. 예를 들어, 알루미늄과 발열반응하는 활성화 물질 및 산화 티타늄의 분해를 촉진하는 활성화 물질을 같이 첨가할 수 있다. 또는 위 활성화 물질 중 어느 하나 이상을 알루미늄 분말, 산화 티타늄 분말 및 탄소 분말과 같이 혼합 한 후 기계적으로 소성가공을 부여하여 전구체를 제조할 수 있다.
- [68] 이때 알루미늄과의 반응을 통해 단일온도를 향상시키기 위해 첨가되는 활성화 물질의 조성비는 전구체 내에서 0.1중량% 내지 40중량%, 바람직하게는 0.5중량% 내지 40중량%, 더 바람직하게는 1중량% 내지 40중량%, 더욱 더 바람직하게는 3중량% 내지 40중량%가 첨가될 수 있다.
- [69] 활성화 물질의 입자 크기가 작을수록 단일온도 상승의 효과를 보기위해 첨가되는 활성화 물질의 조성비가 감소하게 되며, 이는 활성화 물질의 입자 크기가 작을수록 전체 표면적을 증가하기 때문으로 생각된다.
- [70] 그러나 활성화 물질의 조성이 0.1중량% 미만인 경우에는 사실상 활성화 물질의 첨가에 따른 단일온도 상승의 효과를 기대하기 어려우며, 따라서 최소한 0.1 중량% 이상, 바람직하게는 0.5중량% 이상, 더 바람직하게는 1중량% 이상, 더욱 바람직하게는 3중량% 이상 첨가하여 알루미늄과 완전히 반응하도록 하게 한다
- [71] 한편, 40중량%을 초과하는 경우에는 알루미늄 용탕의 구조특성 또는 알루미늄

기지의 특성에 영향을 줄 수 있다. 예를 들어 산화 구리의 경우, 알루미늄에 의해 구리(Cu)로 환원되며, 이렇게 환원된 구리가 알루미늄의 용탕에 다량 존재하는 경우 용탕의 주조성을 저하시킬 수 있으며, 제조된 소재를 압연이나 압출등으로 가공할 경우 가공성을 나쁘게 할 수 있다.

- [72] 산화 티타늄의 분해를 촉진하기 위해 첨가되는 활성화 물질은 전구체 내에서 5중량% 이하(0초가)로 첨가될 수 있다. 이러한 물질이 5중량%를 초과하여 첨가되는 경우, 알루미늄 용탕 내에서 잔존하며 용탕의 점도를 증가시키는 악영향을 줄 수 있다. 한편, 이러한 원소들은 실리콘(Si)이 첨가된 알루미늄-실리콘 합금을 기지로 하는 복합재료에서는 공정상(共晶相) 실리콘을 개량(미세화)하는 효과도 얻을 수 있다.
- [73] 본 발명에 따른 제2실시예로서, 상기 티타늄의 공급물질은 산화 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 붕소 화합물 분말을 포함할 수 있다. 이 경우 알루미늄 복합재료의 기지에는 강화재로서 알루미늄과 붕화 티타늄이 형성될 수 있다.
- [74] 알루미늄과 붕화 티타늄을 형성하기 위하여 알루미늄(Al) 분말, 붕소(B) 분말 및 산화 티타늄(TiO_2) 간에는 아래의 반응식 3과 같은 반응이 일어나게 된다.
- [75] $4\text{Al} + 3\text{TiO}_2 + 6\text{B} \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{TiB}_2$ [반응식 3]
- [76] 이때 반응식 3의 붕소 대신 붕소 화합물을 이용할 수 있으며, 이러한 붕소 화합물은 예를 들어, 산화 붕소(B_2O_3) 또는 지르코늄 붕화물 (ZrB_2)일 수 있다. 붕소 화합물로서 산화 붕소를 사용하는 경우, 아래 반응식 4에 의해 알루미늄 및 붕화 티타늄이 형성될 수 있다.
- [77] $10\text{Al} + 3\text{TiO}_2 + 3\text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow 5\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{TiB}_2$ [반응식 4]
- [78] 이때 상기 반응은 발열반응이며, 일단 반응이 시작되면 자발적으로 반응이 일어난다. 이러한 자발반응을 이용한 자전연소반응에 의할 경우, 자체 반응에 의해 생성된 반응열에 의해 자발적으로 연소파가 전파되면서 반응이 지속되게 된다. 따라서 알루미늄, 산화 붕소 및 산화 티타늄으로 이루어진 전구체를 고온의 알루미늄 용탕에 첨가하는 경우, 반응식 3의 반응이 자발적으로 일어나면서 알루미늄과 붕화 티타늄이 생성되게 된다.
- [79] 위 반응식 3도 가능한 낮은 온도로 유지되는 알루미늄 용탕에서 일어나는 것이 바람직하며, 이를 위해 본 발명의 일 실시예에 따르면 상기 전구체에는 상기 분말들 간의 반응을 촉진시키기 위한 활성화 물질을 더 포함할 수 있다. 상기 활성화 물질은 상기 전구체를 구성하는 분말들 중 어느 하나 이상과 발열반응을 일으키는 것일 수 있다. 이러한 활성화 물질은 상기 분말들 중 어느 하나 이상과의 반응을 통해 반응열을 생성하여 반응식 3에 의해 발생하는 반응열에 추가적으로 반응을 위한 열량을 공급할 수 있다.
- [80] 이러한 활성화 물질은 알루미늄과 반응하여 발열반응을 일으키는 물질일 수 있으며, 이러한 물질은 산화 구리, 산화 코발트, 산화 망간, 산화 니켈, 산화 철, 산화 바나듐, 산화 크롬 및 산화 텅스텐 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [81] 예를 들어 산화 구리는 반응식 5과 같이 알루미늄과 반응하여 큰 반응열을 생성하게 된다.
- [82] $2\text{Al} + 3\text{CuO} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Cu}$ [반응식 5]
- [83] 도 2에는 각각 반응식 4 및 5의 반응으로 발생하는 열에 의한 단열온도(adiabatic temperature)를 계산한 결과를 나타내었다. 도 2의 A는 반응식 4의 단열온도 값이며, B는 반응식 5의 단열온도 값이다. 도 2를 참조하면, 반응식 4에 의한 단열온도는 약 2682K임에 비해, 반응식 5에 의한 단열온도는 3044K에 이른다. 따라서 반응식 5에 의해 생성되는 열량에 의해 반응식 4의 반응이 촉진될 수 있으며, 이에 대응하여 반응식 4가 자발적으로 반응하게 하기 위한 알루미늄 용탕의 최소 온도를 감소시킬 수 있게 된다.
- [84] 도 2의 C에는 산화 구리를 첨가하였을 경우의 반응식 4의 단열온도를 계산한 결과이며, 이를 참조하면 단열온도가 2833K까지 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 단열온도의 증가는 실제 반응식 4를 일으키기 위한 용탕의 온도가 그만큼 감소된다는 것을 의미한다.
- [85] 다른 예로서 산화 니켈의 경우에는 알루미늄과의 반응시 단열온도가 3183K, 산화철의 경우에는 3133K로 계산되었으며, 위 산화 구리와 같은 효과를 나타낼 수 있다.
- [86] 한편, 상기 활성화 물질의 다른 예로서, 상기 전구체를 이루는 산화 티타늄의 분해를 촉진시키는 물질일 수 있다. 즉, 반응식 4의 반응은 산화 티타늄이 분해되고, 이로부터 생성된 티타늄(Ti)이 상기 전구체를 이루는 알루미늄에 고용된 후 다시 산화 붕소에서 분해된 붕소와 반응하여 붕화 티타늄을 생성하는 과정을 거치게 된다. 따라서 산화 티타늄의 분해를 촉진할 경우, 반응식 4의 반응이 촉진될 수 있다.
- [87] 이러한 활성화 물질은 주기율표의 알칼리금속 또는 알칼리토금속에 속하는 원소 또는 이러한 원소의 산화물 일 수 있다. 예를 들어, 이러한 활성화 물질로서 바륨(Ba), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 및 칼륨(K) 및 이들의 산화물을 포함할 수 있다.
- [88] 전구체를 구성하는 분말들 간의 반응을 촉진시키기 위한 또 다른 예로서, 알루미늄 용탕에 첨가되는 전구체를 구성하는 분말들 중 어느 하나 이상은 소성가공을 인가받은 것일 수 있다.
- [89] 예를 들어 알루미늄 분말, 산화 붕소 분말 및 산화 티타늄 분말을 볼밀(ball-mill) 등과 같은 분말에 소성가공을 인가할 수 있는 장치에 투입한 후, 소정 시간 동안 위 분말들에 기계적으로 소성가공함으로써, 위 분말들 각각을 에너지적으로 활성화시킬 수 있다. 이와 같이 소성가공을 인가받은 분말들을 혼합 후 펠렛으로 성형함으로써 알루미늄 용탕에 투입되는 전구체를 제조할 수 있다.
- [90] 이러한 방법에 의할 경우 소성가공에 의해 분말들의 활성화가 이루어짐에 따라, 반응식 4의 반응이 촉진되게 되며, 결과적으로 더 낮은 알루미늄 용탕 온도에서도 반응식 4가 자발적으로 일어날 수 있게 된다.
- [91] 이상과 같이 예시된 전구체를 구성하는 분말들의 반응을 촉진하는 방법들은

서로 선택적으로 두 가지 이상 조합되어 적용될 수 있음은 물론이다. 예를 들어, 알루미늄과 발열반응하는 활성화 물질 및 산화 티타늄의 분해를 촉진하는 활성화 물질을 같이 첨가할 수 있다. 또는 위 활성화 물질 중 어느 하나 이상을 알루미늄 분말, 산화 붕소 분말 및 산화 티타늄 분말과 같이 혼합 한 후 기계적으로 소성가공을 부여하여 전구체를 제조할 수 있다.

[92] 이때 알루미늄과의 반응을 통해 단열온도를 향상시키기 위해 첨가되는 활성화 물질의 조성비는 전구체 내에서 0.1중량% 내지 40중량%, 바람직하게는 0.5중량% 내지 40중량%, 더 바람직하게는 1중량% 내지 40중량%, 더욱 더 바람직하게는 3중량% 내지 40중량%가 첨가될 수 있다.

[93] 활성화 물질의 입자 크기가 작을수록 단열온도 상승의 효과를 보기위해 첨가되는 활성화 물질의 조성비가 감소하게 되며, 이는 활성화 물질의 입자 크기가 작을수록 전체 표면적을 증가하기 때문으로 생각된다.

[94] 그러나 활성화 물질의 조성이 0.1중량% 미만인 경우에는 사실상 활성화 물질의 첨가에 따른 단열온도 상승의 효과를 기대하기 어려우며, 따라서 최소한 0.1 중량% 이상, 바람직하게는 0.5중량% 이상, 더 바람직하게는 1중량% 이상, 더욱 바람직하게는 3중량% 이상 첨가하여 알루미늄과 완전히 반응하도록 하게 한다

[95] 한편, 40중량%을 초과하는 경우에는 알루미늄 용탕의 구조특성 또는 알루미늄 기지의 특성에 영향을 줄 수 있다. 예를 들어 산화 구리의 경우, 알루미늄에 의해 구리(Cu)로 환원되며, 이렇게 환원된 구리가 알루미늄의 용탕에 다량 존재하는 경우 용탕의 구조성을 저하시킬 수 있으며, 제조된 소재를 압연이나 압출등으로 가공할 경우 가공성을 나쁘게 할 수 있다.

[96] 또한 산화 티타늄의 분해를 촉진하기 위해 첨가되는 활성화 물질은 전구체 내에서 5중량% 이하로 첨가될 수 있다. 이러한 물질을 5중량%을 초과하여 첨가되는 경우, 알루미늄 용탕 내에서 잔존하며 용탕의 점도를 증가시키는 악영향을 줄 수 있다. 한편, 이러한 원소들은 실리콘(Si)이 첨가된 알루미늄-실리콘 합금을 기지로 하는 복합재료에서는 공정(共晶) 실리콘을 개량(미세화)하는 효과도 얻을 수 있다.

[97] 본 실시예에서는 붕소 화합물로서 산화 붕소(B_2O_3)를 이용하였으나, 산화붕소 대신 지르코늄 붕화물(ZrB_{12})을 이용할 수 있다.

[98] 본 발명에 따른 제3실시예로서, 상기 티타늄의 공급물질은 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 탄소 분말을 포함할 수 있다. 이 경우 알루미늄 복합재료의 기지에는 강화재로서 탄화 티타늄이 형성될 수 있다.

[99] 탄소와 티타늄에서는 반응식 6과 같은 반응을 통해 탄화 티타늄이 생성된다.

[100] $Ti + C \rightarrow TiC$ [반응식 6]

[101] 이 반응은 발열반응이며, 일단 반응이 시작되면 자발적으로 반응이 일어난다. 이러한 자발반응을 이용한 자전연소반응에 의할 경우, 자체 반응에 의해 생성된 반응열을 이용하여 외부에서 에너지를 공급하지 않아도 자발적으로 연소과가

전파되면서 반응이 지속되게 된다. 다만 알루미늄 용탕에서 반응식 6의 반응으로 탄화 티타늄이 생성될 때, 티타늄과 탄소는 직접 반응하여 탄화 티타늄이 생성되는 것이 아니라 중간 매개체로 알루미늄이 필요하다. 즉, 아래 반응식 7과 반응식 8과 같은 중간 매개물인 Al_3Ti 와 Al_4C_3 가 생성되고, 이들의 반응으로 인해 최종적으로 반응식 9와 같이 탄화 티타늄이 생성된다.

[102] $3\text{Al} + \text{Ti} = \text{Al}_3\text{Ti}$ [반응식 7]

[103] $4\text{Al} + 3\text{C} = \text{Al}_4\text{C}_3$ [반응식 8]

[104] $3\text{Al}_3\text{Ti} + \text{Al}_4\text{C}_3 = 3\text{TiC} + 13\text{Al}$ [반응식 9]

[105] 따라서 알루미늄 분말, 티타늄 분말 및 탄소 분말로 이루어진 전구체를 고온의 알루미늄 용탕에 첨가하는 경우, 반응식 6의 반응이 자발적으로 일어나면서 탄화 티타늄이 생성되게 된다.

[106] 도 3은 탄화 티타늄의 단열온도를 계산한 결과로, 펠렛(pellet)내 첨가된 알루미늄 분말의 중량%(wt.%)에 따른 반응식 6의 단열온도(adiabatic temperature, K)의 변화를 나타낸 것이다.

[107] 도 3을 참조하여 설명하면 위에서 설명한 것과 같이 반응식 6의 반응을 통해 알루미늄 용탕에서 탄화 티타늄을 생성시키기 위해서는 중간 매개물을 생성해야 하고, 이러한 중간 매개물의 생성을 위해서는 일정량 이상의 알루미늄을 혼합분말에 첨가해야 한다. 하지만, 알루미늄을 첨가하게 되면 단열온도가 급격히 감소하게 되는데, 이는 반응열이 작아지고, 반응이 느려지게 되는 것을 의미한다.

[108] 단열온도가 감소하면 알루미늄 용탕에서 반응식 6의 반응이 완전하게 일어나지 않게 되어 알루미늄 기지에는 Al_3Ti 같은 금속간화합물이 생성될 수 있다. 이러한 금속간화합물은 매우 경도가 높지만 취성 또한 높아서 미세조직 중에 이러한 상들이 다량 존재하게 되면 기계적 특성을 저하시키게 되는 문제가 발생한다. 또한, Al_3Ti 가 용탕에 존재하면 용탕의 점도를 증가시켜 유동성을 저하시키게 되어 주조성을 저하시키는 문제가 있다. 따라서 이와 같이 반응식 6의 자발반응을 유도하기 위해서는 용탕의 온도를 1000°C 이상으로 유지하여야 한다.

[109] 상술한 바와 같이 알루미늄의 주조에 있어서, 알루미늄 용탕의 온도는 가능하면 낮게 유지하는 것이 유리하므로 알루미늄 용탕의 온도는 감소시키면서, 탄화 티타늄이 생성되는 반응에는 지장을 주지 않기 위해 상기 전구체는 티타늄 분말, 탄소 분말 및 알루미늄 분말 중 어느 하나 이상과 발열반응을 일으켜 반응을 촉진시키기 위한 활성화 물질을 더 포함할 수 있다.

[110] 예를 들어 산화 구리(CuO)의 경우 알루미늄과 아래 반응식 10과 같은 반응이 일어난다.

[111] $2\text{Al} + 3\text{CuO} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Cu}$ [반응식 10]

[112] 반응식 10은 발열반응이므로 이러한 반응에 의해 생성된 열로 인하여 단열온도를 증가시킬 수 있다. 따라서 알루미늄의 추가로 인해 발생하는

단열온도의 저하를 막아줄 수 있고, 더 낮은 온도에서 완전한 반응이 이루어 질 수 있도록 도와줄 수 있다.

- [113] 즉, 반응식 6의 반응에 추가로 혼합되는 알루미늄으로 인하여 낮아지는 단열온도를 금속산화물의 발열반응으로 보상해주고, 더 낮은 알루미늄 용탕온도에서도 반응식 6의 반응이 자발적으로 일어날 수 있게 하며, 반응을 촉진시켜 금속간화합물의 잔량을 억제하고, 탄화 티타늄의 합성반응을 원활하게 해 줄 수 있다.
- [114] 도 4는 반응식 6의 반응에 산화 구리를 7 내지 8중량% 첨가한 후의 단열 온도의 변화를 계산한 결과를 보여주는 그림이다.
- [115] 도 3 및 도 4를 참조하면, 알루미늄 분말의 첨가 함량이 20중량% 이상인 경우에는 반응식 6의 반응만으로 이루어지는 단열온도에 비하여 단열온도가 증가함을 확인할 수 있었다. 반응식 6의 경우 알루미늄 분말을 20중량% 첨가하게 되면 단열온도가 2750K였으나, 산화 구리를 더 첨가할 경우 동일한 알루미늄 분량 함량에서 단열온도가 2793K로 증가하는 것을 알 수 있다. 알루미늄 분말의 함량이 30중량%인 경우에는 산화 구리를 첨가하지 않은 경우 및 첨가한 경우에 각각 단열온도가 2148K 및 2495K로, 산화 구리의 첨가에 따라 단열온도가 약 350K정도 증가한 것을 확인할 수 있었다. 따라서 산화 구리의 첨가로 탄화 티타늄의 합성 반응이 촉진될 수 있으며, 이에 대응하여 반응식 6이 자발적으로 반응하게 하기 위한 알루미늄 용탕의 최소 온도를 감소시킬 수 있게 된다.
- [116] 여기서 산화 구리는 활성화 물질의 일 예로서, 알루미늄 분말을 포함한 전구체 분말과 발열반응을 일으킬 수 있다. 이러한 활성화 물질은 알루미늄을 포함한 전구체 물질들과의 반응을 통해 반응열을 생성하여 반응식 6에 의해 발생하는 반응열에 추가적으로 반응을 위한 열량을 공급할 수 있다.
- [117] 이러한 활성화 물질은 알루미늄과 반응하여 발열반응을 일으키는 물질일 수 있으며, 산화 구리, 산화 코발트, 산화 망간, 산화 니켈, 산화 철, 산화 바나듐, 산화 크롬 및 산화 텅스텐 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [118] 이때 알루미늄과의 반응을 통해 단열온도를 향상시키기 위해 첨가되는 활성화 물질의 조성비는 전구체 내에서 0.1중량% 내지 40중량%, 바람직하게는 0.5중량% 내지 40중량%, 더 바람직하게는 1중량% 내지 40중량%, 더욱 더 바람직하게는 3중량% 내지 40중량%가 첨가될 수 있다.
- [119] 활성화 물질의 입자 크기가 작을수록 단열온도 상승의 효과를 보기위해 첨가되는 활성화 물질의 조성비가 감소하게 되며, 이는 활성화 물질의 입자 크기가 작을수록 전체 표면적을 증가하기 때문으로 생각된다.
- [120] 그러나 활성화 물질의 조성이 0.1중량% 미만인 경우에는 사실상 활성화 물질의 첨가에 따른 단열온도 상승의 효과를 기대하기 어려우며, 따라서 최소한 0.1 중량% 이상, 바람직하게는 0.5중량% 이상, 더 바람직하게는 1중량% 이상, 더욱 바람직하게는 3중량% 이상 첨가하여 알루미늄과 완전히 반응하도록 하게

한다

- [121] 한편, 40중량%을 초과하는 경우에는 알루미늄 용탕의 주조특성 또는 알루미늄 기지의 특성에 영향을 줄 수 있다. 예를 들어 산화 구리의 경우, 알루미늄에 의해 구리(Cu)로 환원되며, 이렇게 환원된 구리가 알루미늄의 용탕에 다량 존재하는 경우 용탕의 주조성을 저하시킬 수 있으며, 제조된 소재를 압연이나 압출등으로 가공할 경우 가공성을 나쁘게 할 수 있다.
- [122] 전구체를 구성하는 분말들 간의 반응을 촉진시키기 위한 또 다른 예로서, 알루미늄 용탕에 첨가되는 전구체를 구성하는 분말들 중 어느 하나 이상은 소성가공을 인가받은 것일 수 있다.
- [123] 예를 들어 티타늄 분말, 탄소 분말 및 알루미늄 분말을 볼밀(ball-mill) 등과 같은 분말을 소성가공을 인가할 수 있는 장치에 투입한 후, 소정 시간 동안 위 분말들에 기계적으로 소성가공함으로써, 위 분말들 각각을 에너지적으로 활성화 시킬 수 있다.
- [124] 이러한 방법에 의할 경우 소성가공에 의해 분말들의 활성화가 이루어짐에 따라, 반응식 6의 반응이 촉진되게 되며, 결과적으로 더 낮은 알루미늄 용탕 온도에서도 반응식 6이 자발적으로 일어날 수 있게 된다.
- [125] 이상과 같이 예시된 전구체를 구성하는 분말들의 반응을 촉진하는 방법들은 서로 조합되어 적용될 수 있음은 물론이다. 예를 들어, 알루미늄 분말, 티타늄 분말 및 탄소 분말을 혼합하여 기계적으로 소성가공을 인가한 후 알루미늄과 발열반응하는 활성화 물질도 첨가하여 전구체를 제조하거나 혹은 알루미늄과 발열반응하는 활성화 물질을 알루미늄 분말, 티타늄 분말 및 탄소 분말과 같이 혼합 한 후 기계적으로 소성가공을 부여하여 전구체를 제조할 수 있다.
- [126] 상술한 제1 내지 제3실시에에서와 같이 활성화 물질을 첨가하거나 또는 소성가공을 부여하여 제조한 전구체들을 펠렛으로 형성할 수 있다. 이때 펠렛은 직접 알루미늄 용탕에 투입되거나 혹은 소정의 크기로 파쇄되어 투입될 수 있다. 이러한 전구체를 알루미늄 용탕 내에 투입하고 소정 시간 유지한 후 이를 주조함으로써 알루미늄 기지 복합재료를 제조할 수 있다. 이때 용탕의 온도가 950°C 이하의 온도로 유지하는 것이 가능하다.
- [127] 한편 상술한 제1 내지 제3실시에에서 알루미늄 용탕은 순수한 알루미늄을 용해하거나 순수한 알루미늄에 합금원소를 1종 이상 첨가하여 제조할 수 있다. 첨가될 수 있는 합금원소는 마그네슘(Mg), 실리콘(Si), 구리(Cu), 망간(Mn), 크롬(Cr), 아연(Zn), 니켈(Ni), 철(Fe), 주석(Sn) 및 리튬(Li)을 포함한다.
- [128] 한편 이와 같이 본 발명의 실시예들에 의해 제조된 알루미늄 기지 복합재료(제1알루미늄 기지 복합재료)를 다시 재용해하여 용탕을 형성한 후, 상술한 합금원소들을 첨가한 후 주조하여 알루미늄 기지 복합재료(제2알루미늄 기지 복합재료)를 제조할 수 있다. 예를 들어 제1알루미늄 기지 복합재료는 순수 알루미늄 기지에 탄화 티타늄과 알루미늄을 강화상으로 포함하는 것일 수 있으며, 이를 재용해한 후 용도 또는 합금설계의 목적을 고려하여 적절한

합금원소를 선택하여 첨가함으로써 특성에 맞는 제2알루미늄 기지 복합재료를 제조할 수 있다.

[129] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위해서 실험예들을 제공한다. 다만, 하기의 실험예들은 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 아래의 실험예들에 의해서 한정되는 것은 아니다.

[130] 표 1에는 알루미늄 및 탄화 티타늄이 강화재로 분산된 알루미늄 기지 복합재료의 제조에 이용된 전구체의 조성 및 반응시 유지한 용탕의 온도가 나타나 있다.

[131] 표 1

[Table 1]

시편	용탕	펠렛의 조성 (중량%)						용탕온도(°C)	반응여부
		CuO	TiO ₂	C	CaO	SrO ₂	Al		
실험예 1	순수 알루미늄	31.3	31.7	4.8	0	0	bal.	850	반응
실험예 2	순수 알루미늄	22.2	33.7	5.0	0	0	bal.	900	반응
실험예 3	순수 알루미늄	21.1	42.7	6.4	1.0	0	bal.	900	반응
실험예 4	순수 알루미늄	21.1	42.7	6.4	0	1.1	bal.	900	반응
실험예 5	A356	31.3	31.7	4.8	0	0	bal.	880	반응
실험예 6	A6061	31.3	31.7	4.8	0	0	bal.	880	반응
비교예 1	순수 알루미늄	0	58.4	8.8	0	0	bal.	930	미반응

[132] 실험예 1, 2, 5 및 6의 전구체는 알루미늄 분말, 산화 티타늄 분말 및 탄소 분말에 산화 구리 분말을 첨가하여 제조하였다. 실험예 3은 위 분말들에 산화 칼슘을 추가로 첨가하였으며, 실험예 4는 스트론튬 산화물을 추가로 첨가하였다.

[133] 또한 실험예 1 내지 4의 용탕은 순수 알루미늄 주괴를 절단하여 용해로에서 완전히 용해하여 형성하였으며, 실험예 5 및 6은 각각 상용 알루미늄 합금인 A356 합금 및 A6061 합금을 이용하여 용탕을 형성하였다.

[134] 한편 위 실험예들과 비교하기 위한 비교예는 알루미늄 분말, 산화 티타늄 분말 및 탄소 분말로 이루어진 전구체를 순수 알루미늄 용탕에 투입하여 제조한 것이었다.

[135] 위 실험예와 비교예는 혼합된 분말을 프레스로 가압성형하여 제조한 펠렛 형태의 전구체를 용탕에 투입하고, 투입된 펠렛이 완전히 반응하여 소진된 것을

확인한 다음, 흑연봉으로 교반한 후 금형몰드에 주조하여 제조하였다.

- [136] 표 1을 참조하면, 실험예 1 내지 실험예 6은 모두 용탕의 온도가 900°C 이하의 온도에서 모두 탄화 티타늄 및 알루미나가 생성되었음을 확인할 수 있었다. 도 5는 실험예 1의 미세조직을 관찰한 결과로서, 미세한 탄화 티타늄 및 알루미나 입자(흑색 입자)가 기지에 생성된 것을 볼 수 있었으며, 이는 도 6의 X-선 회절 분석 결과를 통해 확인할 수 있었다.
- [137] 이에 비해 비교예 1에서는 전구체를 930°C로 유지되는 용탕에 투입한 후 10분 이상 유지하여도 반응이 일어나지 않았다. 이를 주조한 후 X-선 회절 분석한 경우에도 탄화 티타늄 또는 알루미나의 회절 피크를 발견할 수 없었다(도 7). 이로부터 비교예 1의 경우에는 950°C이하의 용탕온도에서 탄화 티타늄 및 알루미나로 강화된 알루미늄 복합재료를 제조하지 못함을 확인하였다.
- [138] 표 2에는 알루미나 및 붕화 티타늄이 강화재로 분산된 알루미늄 기지 복합재료의 제조에 이용된 전구체의 조성 및 반응시 유지한 용탕의 온도가 나타나 있다.
- [139] 표 2

[Table 2]

시편	기지합금	펠렛의 조성 (wt.%)							용탕 온도(°C)	반응 여부
		CuO	TiO ₂	B ₂ O ₃	ZrB ₁₂	CaO	SrO ₂	Al		
실험예 7	순수 알루미늄	20.7	20.9	18.3	-	-	-	Bal.	880	반응
실험예 8	순수 알루미늄	11.8	24.0	21.0	-	-	-	Bal.	900	반응
실험예 9	A356	11.8	24.0	21.0	-	-	-	Bal.	890	반응
실험예 10	A6061	11.8	24.0	21.0	-	-	-	Bal.	895	반응
실험예 11	순수 알루미늄	6.3	25.7	22.5	-	-	-	Bal.	900	반응
실험예 12	순수 알루미늄	6.3	25.7	22.5	-	0.6	-	Bal.	900	반응
실험예 13	순수 알루미늄	17.6	35.7	-	16.5	-	0.6	Bal.	900	반응
실험예 14	순수 알루미늄	9.9	40.1	-	18.5	-	-	Bal.	910	반응
비교예 2	순수 알루미늄	-	28.1	24.6	-	-	-	Bal.	930	미반응
비교예 3	순수 알루미늄	-	45.6	-	21.0	-	-	Bal.	930	미반응

[140] 실험예 7 내지 12의 전구체는 알루미늄 분말, 산화 구리 분말, 산화 티타늄 분말 및 산화 붕소 분말을 첨가하여 제조하였다. 실험예 11는 위 분말들에 산화 칼슘(CaO) 추가로 첨가하였으며, 실험예 12는 스트론튬 산화물(SrO₂)을 추가로 첨가하였다.

[141] 위 실험예와 비교예에서 실험예 9와 10을 제외한 나머지의 용탕에는 순수 알루미늄 주괴를 절단하여 용해로에서 완전히 용해하여 형성하였으며, 실험예 9 및 10은 각각 상용 알루미늄 합금인 A356 합금 및 A6061 합금을 이용하여 용탕을 형성하였다.

[142] 위 실험예와 비교예는 혼합된 분말을 프레스로 가압성형하여 제조한 펠렛 형태의 전구체를 용탕에 투입하고, 투입된 펠렛이 완전히 반응하여 소진된 것을

확인한 다음, 흑연봉으로 교반한 후 금형몰드에 주조하여 제조하였다.

- [143] 표 2를 참조하면, 실험에 7 내지 14는 모두 용탕의 온도가 910°C 이하의 온도에서 모두 알루미늄 및 붕화 티타늄이 생성되었음을 확인할 수 있었다. 도 8은 실험에 8의 미세조직을 관찰한 결과로서, 미세한 붕화 티타늄(회색 입자) 및 알루미늄 입자(흑색 입자)가 기지에 생성된 것을 볼 수 있었으며, 이는 도 9의 X-선 회절 분석 결과를 통해 확인할 수 있었다.
- [144] 이에 비해 비교예 2는 전구체로 알루미늄 분말, 산화 티타늄 분말 및 산화 붕소 분말을 첨가하였고, 산화 구리 분말은 첨가하지 않고 제조하였다. 이를 930°C의 온도로 유지되는 용탕에 투입하였는데, 투입 후 10분을 유지하여도 반응이 일어나지 않았다. 이를 주조한 후 X-선 회절 분석한 경우에도 붕화 티타늄 또는 알루미늄의 회절 피크를 발견할 수 없었다(도 10).
- [145] 실험에 13, 14의 전구체는 알루미늄 분말, 산화 구리 분말, 산화 티타늄 분말 및 지르코늄 붕화물 분말을 첨가하여 제조하였다. 표 2를 참조하면 용탕의 온도가 910°C 이하의 온도에서 모두 알루미늄 및 붕화 티타늄이 생성되었음을 확인할 수 있었다. 도 11은 실험에 13의 미세조직을 관찰한 결과로서, 미세한 붕화 티타늄 입자(회색 입자) 및 알루미늄 입자(검은색 입자)가 기지에 생성된 것을 볼 수 있었으며, 이는 도 12의 X-선 회절 분석 결과를 통해 확인할 수 있었다.
- [146] 한편, 비교예 3의 경우에도 비교예 2와 같이 930°C로 유지되는 용탕에 투입하고 10분을 유지하여도 반응이 일어나지 않았으며, 이로 인해 붕화 티타늄 및 알루미늄으로 강화된 알루미늄 기지 복합재료를 제조하지 못함을 확인하였다.
- [147] 표 3에는 알루미늄 및 탄화 티타늄이 강화제로 분산된 알루미늄 기지 복합재료의 제조에 이용된 전구체의 조성 및 반응시 유지한 용탕의 온도가 나타나 있다.
- [148] 실험에 15 내지 실험에 20의 전구체는 티타늄 분말, 탄소 분말, 알루미늄 분말 및 활성화 물질로서 산화 구리 분말의 첨가량을 달리하여 혼합시켜 제조 하였다. 전구체는 완전히 혼합한 후 프레스로 가압성형하여 펠렛으로 제조하였다.
- [149] 알루미늄 용탕은 실험에 20을 제외하고, 순 알루미늄 주괴를 절단하여 용해로에서 완전히 용해한 후 일정한 온도로 유지하였는데, 이때 용탕의 온도를 약 810°C 내지 920°C로 달리하였다. 용해된 알루미늄 용탕에 제조된 펠렛을 투입하고, 투입된 펠렛이 완전히 반응하여 용탕속으로 스며들면 흑연봉으로 교반을 시키고, 이후 금형몰드에 주조하여 복합재료를 제조하였다.
- [150] 표 3

[Table 3]

시편	용탕	펠렛의 조성(중량%)			용탕 온도(°C)	반응여부
		CuO	Al	Ti + C		
실험예 15	순수 알루미늄	7.2	37.5	잔량, Ti:C 비율은 원자비로 1:1	916	완전 반응
실험예 16	순수 알루미늄	9.5	19.2	잔량, Ti:C 비율은 원자비로 1:1	815	완전 반응
실험예 17	순수 알루미늄	15.4	26.3	잔량, Ti:C 비율은 원자비로 1:1	815	완전 반응
실험예 18	순수 알루미늄	8.4	28.4	잔량, Ti:C 비율은 원자비로 1:1	816	완전 반응
실험예 19	순수 알루미늄	3.1	20.6	잔량, Ti:C 비율은 원자비로 1:1	814	완전 반응
실험예 20	A6061	7.2	37.5	잔량, Ti:C 비율은 원자비로 1:1	901	완전 반응
비교예 4	순수 알루미늄	0	12.0	잔량, Ti:C 비율은 원자비로 1:1	815	불완전 반응
비교예 5	순수 알루미늄	0	21.3	잔량, Ti:C 비율은 원자비로 1:1	810	불완전 반응
비교예 6	순수 알루미늄	0	40.4	잔량, Ti:C 비율은 원자비로 1:1	920	불완전 반응

[151] 표 3을 참조하면, 실험예 15 내지 실험예 20은 모두 용탕의 온도가 916°C 이하의 온도에서 탄화 티타늄이 생성되었음을 확인할 수 있었다. 도 13은 실험예 17의 미세조직을 관찰한 결과로서, 미세한 탄화 티타늄 입자(진한회색 부분)가 기지에 생성된 것을 볼 수 있었으며, 이는 도 14의 X-선 회절 분석 결과를 통해서도

확인할 수 있었다.

- [152] 실험예 19의 경우 산화 구리 분말을 3.1중량%만 첨가하여도 반응이 완전하게 일어났으며, 실험예 20의 경우 알루미늄 용탕으로 A6061 합금을 사용하여 완전한 반응을 일으켰다. 실험예 19 및 20 모두 미세조직 내부에 금속간화합물인 Al_3Ti 가 거의 없고 탄화 티타늄으로 이루어진 복합재료를 얻을 수 있었다.
- [153] 한편, 비교예 4 내지 6을 참조하면, 산화 구리 분말을 첨가하지 않았을 경우, 불완전한 반응이 일어났다. 비교예 4의 경우, 815°C의 알루미늄 용탕에 알루미늄을 12 중량% 밖에 첨가하지 않았음에도 불구하고, 완전한 반응이 일어나지 않았다.
- [154] 이와 반대로, 산화 구리를 3.1중량% 첨가한 실험예 19의 경우 비교예 4 보다 낮은 온도인 814°C의 알루미늄 용탕에 알루미늄을 20.6중량%로 더 많이 첨가하였음에도 불구하고 완전한 반응이 일어났다. 이를 통해 산화 구리를 첨가하게 되면 더 낮은 용탕 온도에서 탄화 티타늄 입자를 생성하는 완전한 반응이 일어난다는 것을 확일 할 수 있었다.
- [155] 비교예 6의 경우에는 용탕의 온도를 920°C 까지 증가시켜도 완전한 반응이 일어나지 않았다. 도 15는 비교예 3의 미세조직을 관찰한 결과로서 미세조직 내부에 탄화 티타늄 이외에 조대한 금속간화합물(백색 화살표)인 Al_3Ti 가 형성된 것을 확인할 수 있었다. 이는 도 16의 X-선 회절 분석 결과를 통해서도 확인할 수 있었다.
- [156] 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.

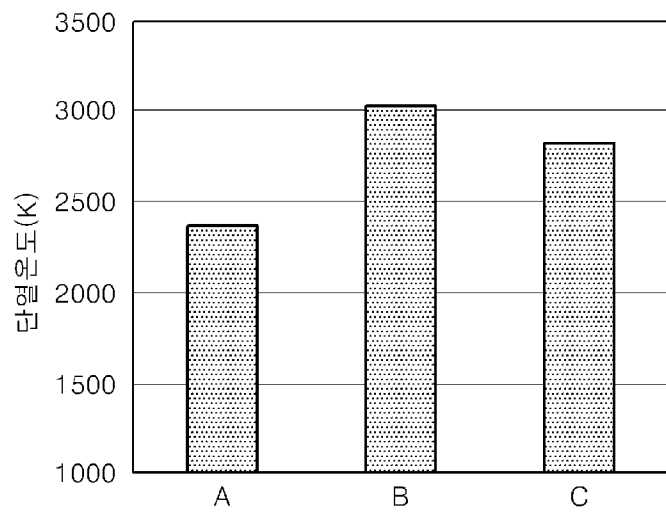
청구범위

- [청구항 1] 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질, 티타늄과 결합하여 화합물을 형성할 수 있는 비금속원소의 공급물질 및 활성화 물질이 혼합된 전구체를 준비하는 단계;
상기 전구체를 알루미늄 용탕에 첨가하는 단계; 및
상기 알루미늄 용탕을 주조하는 단계;
를 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 2] 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질 및 티타늄과 결합하여 화합물을 형성할 수 있는 비금속원소의 공급물질이 혼합된 전구체를 준비하는 단계;
상기 전구체를 알루미늄 용탕에 첨가하는 단계; 및
상기 알루미늄 용탕을 주조하는 단계;
를 포함하며, 상기 알루미늄 분말, 티타늄 공급물질 및 비금속원소의 공급물질 중 어느 하나 이상은 소성가공을 인가받은 것인, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 3] 제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 티타늄의 공급물질은 산화 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 탄소 분말을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 4] 제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 티타늄의 공급물질은 산화 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 붕소 화합물 분말을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 5] 제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 티타늄의 공급물질은 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 탄소 분말을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 6] 제4항에 있어서, 상기 붕소 화합물 분말은 산화 붕소 분말 또는 지르코늄 붕화물 분말을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 7] 제1항에 있어서, 상기 활성화 물질은 상기 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질 및 비금속원소의 공급물질 중 어느 하나 이상과 발열반응을 일으키는 물질인, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 8] 제1항에 있어서, 상기 활성화 물질은 알루미늄과 발열반응을 일으키는 물질인, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 9] 제8항에 있어서, 상기 활성화 물질은 산화 구리, 산화 코발트, 산화 망간, 산화 니켈, 산화 철, 산화 바나듐, 산화 크롬 및 산화 텅스텐 중 어느 하나를 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 10] 제8항에 있어서, 상기 활성화 물질은 상기 전구체 내에서

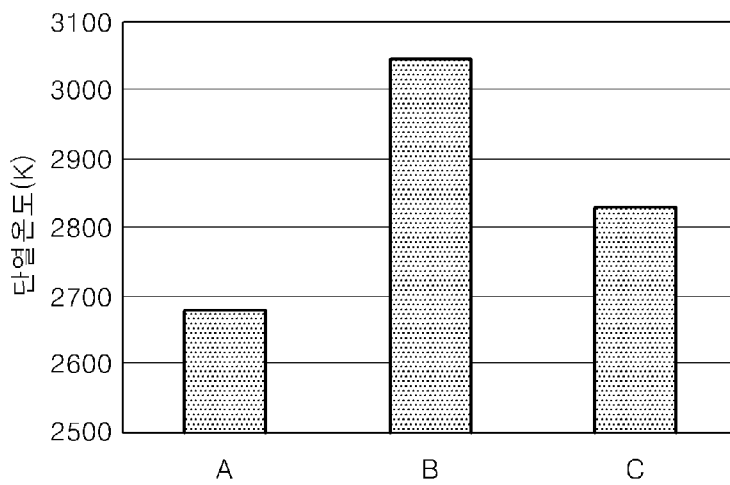
- 0.1중량% 내지 40중량%의 범위를 가지는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 11] 제3항 또는 제4항에 있어서, 상기 활성화 물질은 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질인, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 12] 제7항에 있어서, 상기 활성화 물질은 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질을 더 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 13] 제11항 또는 제12항에 있어서, 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질은 알칼리금속, 알칼리토금속 또는 상기 금속들의 산화물을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 14] 제13항에 있어서, 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질은 바륨, 칼슘, 스트론튬, 칼륨 및 이들 중 어느 하나의 산화물을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 15] 제11항 또는 제12항에 있어서, 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질은 상기 전구체 내에서 5중량% 이하(0초과)의 범위를 가지는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 16] 제1항에 있어서, 상기 알루미늄 분말, 티타늄 공급물질 및 비금속원소의 공급물질 중 어느 하나 이상에 소성가공을 인가하는 단계를 더 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 17] 제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 전구체는 기계적 가압으로 성형하여 제조한 펠렛 또는 상기 펠렛을 파쇄한 것을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 18] 제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 알루미늄 용탕의 온도는 알루미늄의 용점 이상 950°C이하의 범위를 가지는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 19] 제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 알루미늄 용탕은 순수 알루미늄 용탕 또는 1종 이상의 합금원소를 포함하는 알루미늄 합금 용탕을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 20] 제19항에 있어서, 상기 합금원소는 마그네슘(Mg), 실리콘(Si), 구리(Cu), 망간(Mn), 크롬(Cr), 아연(Zn), 니켈(Ni), 철(Fe), 주석(Sn) 또는 리튬(Li)을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 21] 제1항 또는 제2항의 제조방법에 의해 제조된 알루미늄 기지 복합재료를 용해하여 용탕을 형성하는 단계; 상기 용탕에 합금원소를 첨가하는 단계; 및 상기 용탕을 주조하는 단계를 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.
- [청구항 22] 알루미늄 기지; 및

- 상기 알루미늄 기지 상에 분포하는 알루미늄 및 티타늄 화합물 입자;를 포함하며,
 상기 알루미늄 및 티타늄 화합물 입자는 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질, 티타늄과 결합하여 상기 티타늄 화합물을 형성할 수 있는 비금속원소의 공급물질 및 활성화 물질이 혼합된 전구체로부터 형성된 것인, 알루미늄 기지 복합재료.
- [청구항 23] 알루미늄 기지;
 상기 알루미늄 기지 상에 분포하는 알루미늄 및 티타늄 화합물 입자;를 포함하며,
 상기 알루미늄 및 티타늄 화합물 입자는 알루미늄 분말, 티타늄의 공급물질, 티타늄과 결합하여 상기 티타늄 화합물을 형성할 수 있는 비금속원소의 공급물질이 혼합된 전구체로부터 형성된 것이며,
 상기 알루미늄 분말, 티타늄 공급물질 및 비금속원소의 공급물질 중 어느 하나 이상은 소성가공을 인가받은 것인, 알루미늄 기지 복합재료.
- [청구항 24] 제22항 또는 제23항에 있어서, 상기 티타늄 화합물 입자는 탄화 티타늄 입자이고, 상기 티타늄의 공급물질은 산화 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 탄소 분말을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료.
- [청구항 25] 제22항 또는 제23항에 있어서, 상기 티타늄 화합물 입자는 붕화 티타늄을 포함하고, 상기 티타늄의 공급물질은 산화 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 붕소 화합물 분말을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료.
- [청구항 26] 제22항 또는 제23항에 있어서, 상기 티타늄 화합물 입자는 탄화 티타늄 입자이고, 상기 티타늄의 공급물질은 티타늄 분말을 포함하고, 상기 비금속원소의 공급물질은 탄소 분말을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료.

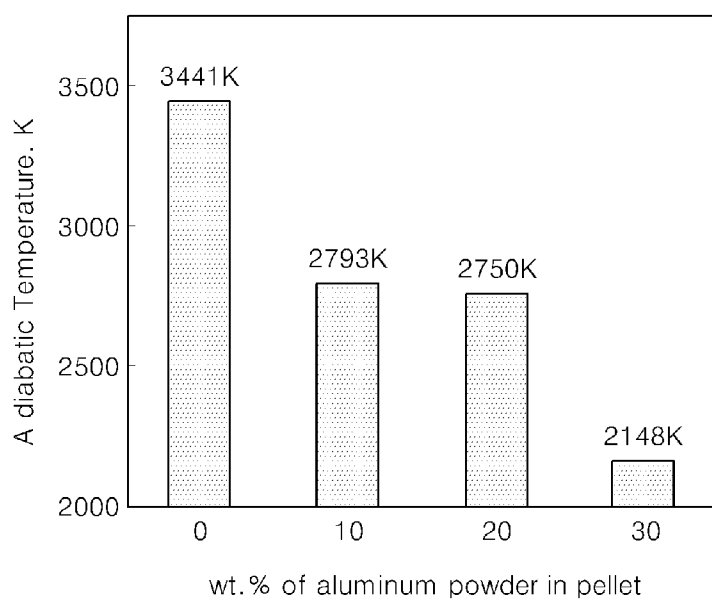
[Fig. 1]



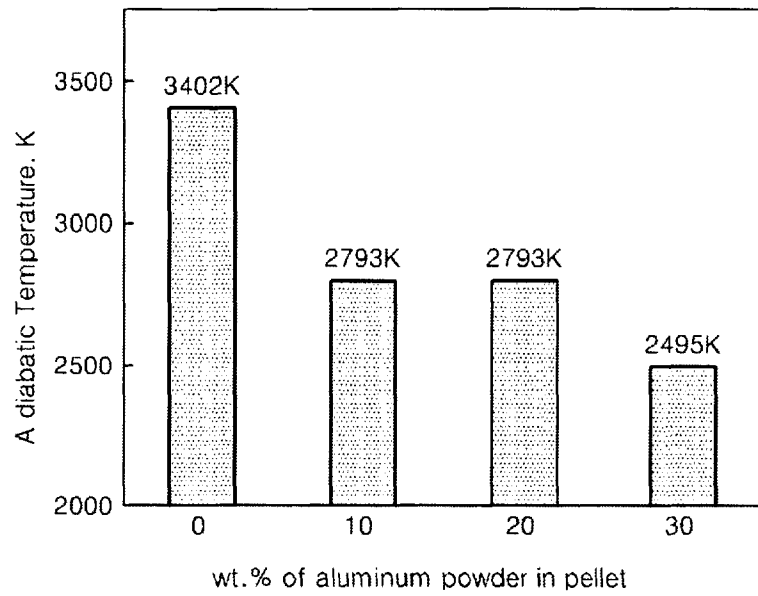
[Fig. 2]



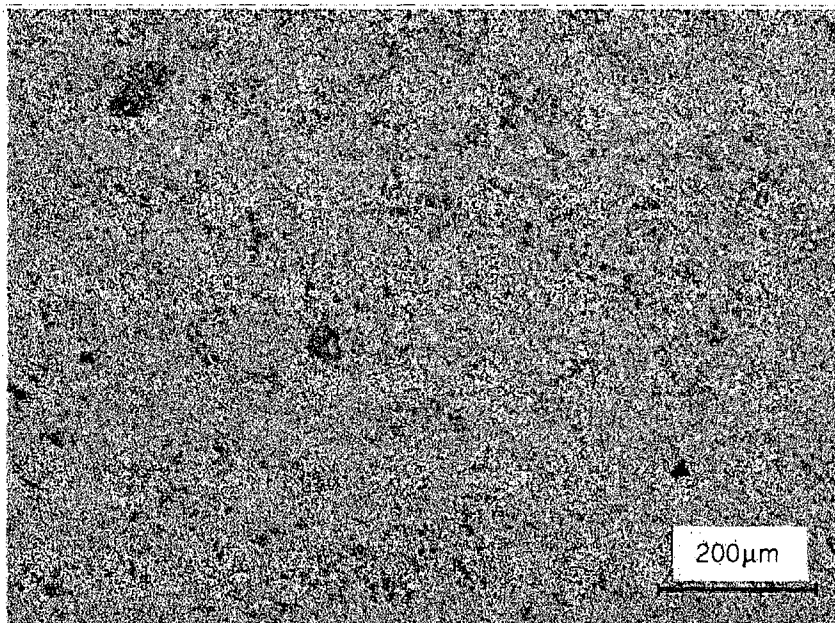
[Fig. 3]



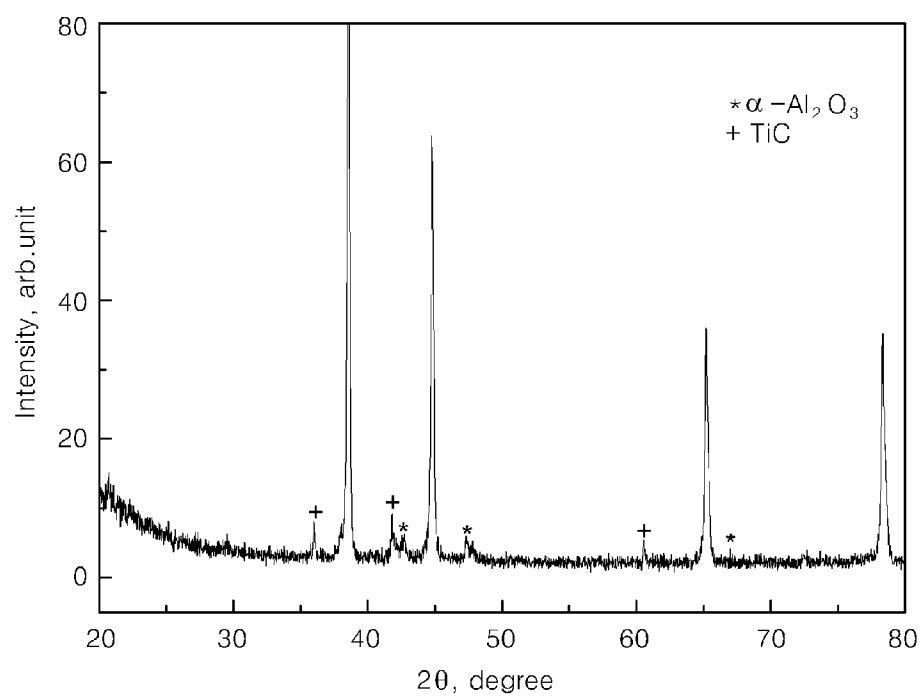
[Fig. 4]



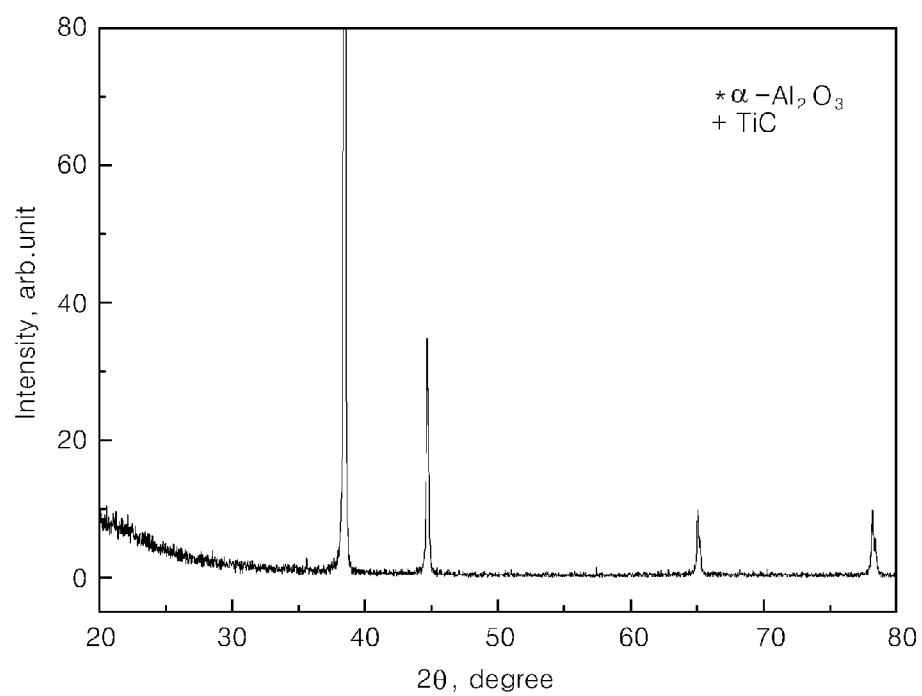
[Fig. 5]



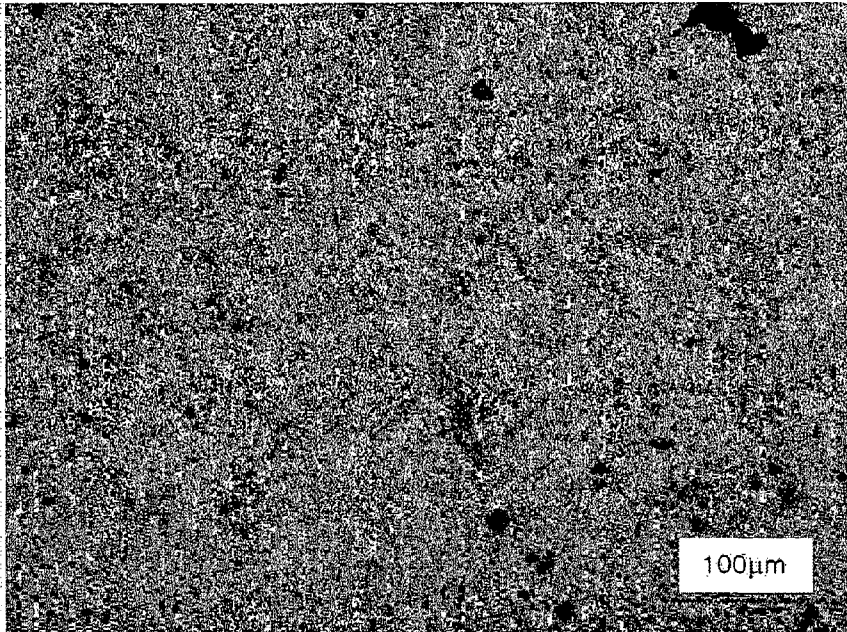
[Fig. 6]



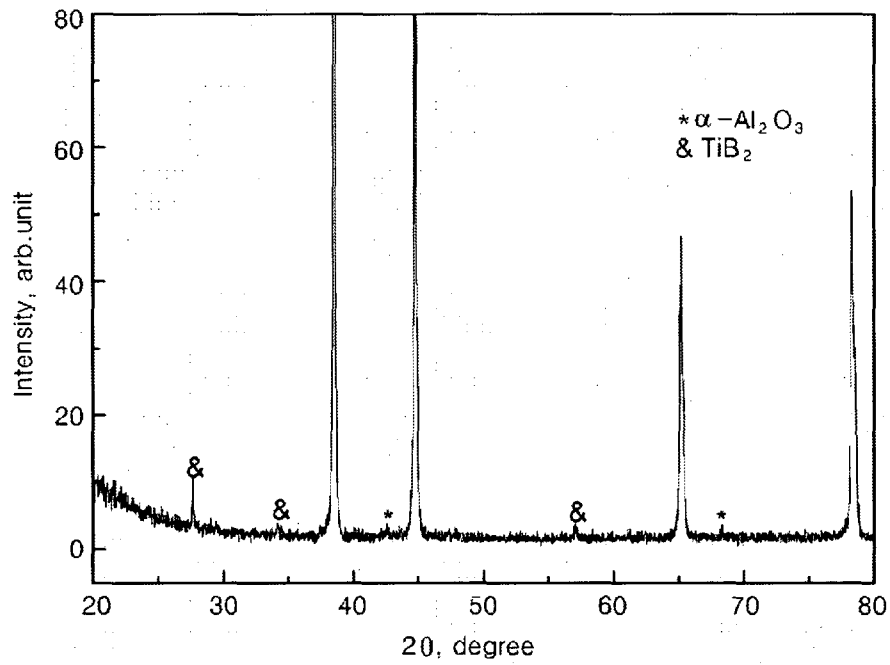
[Fig. 7]



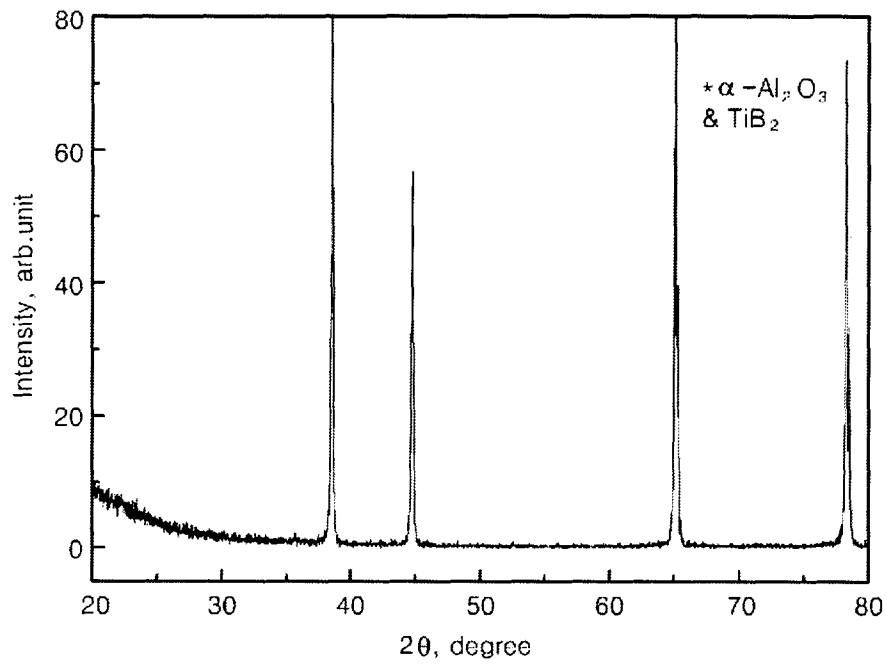
[Fig. 8]



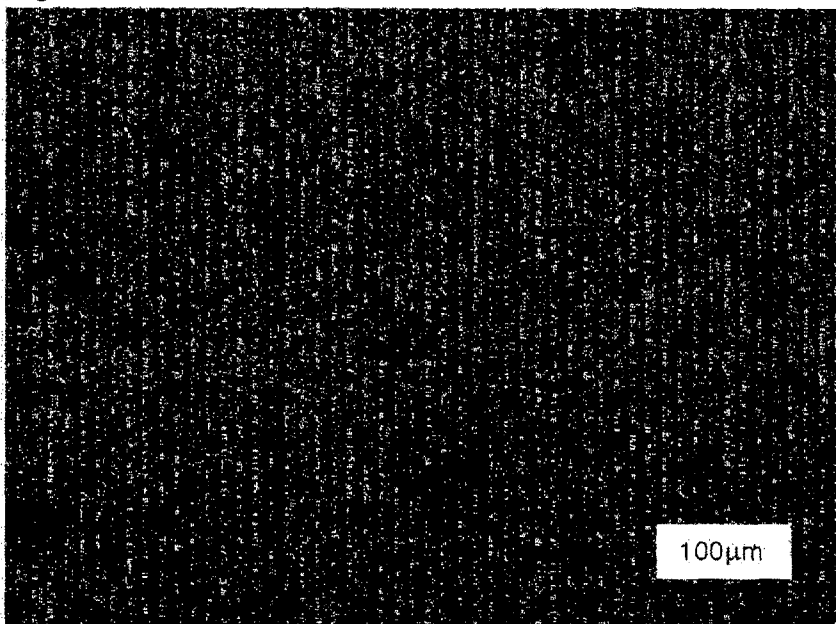
[Fig. 9]



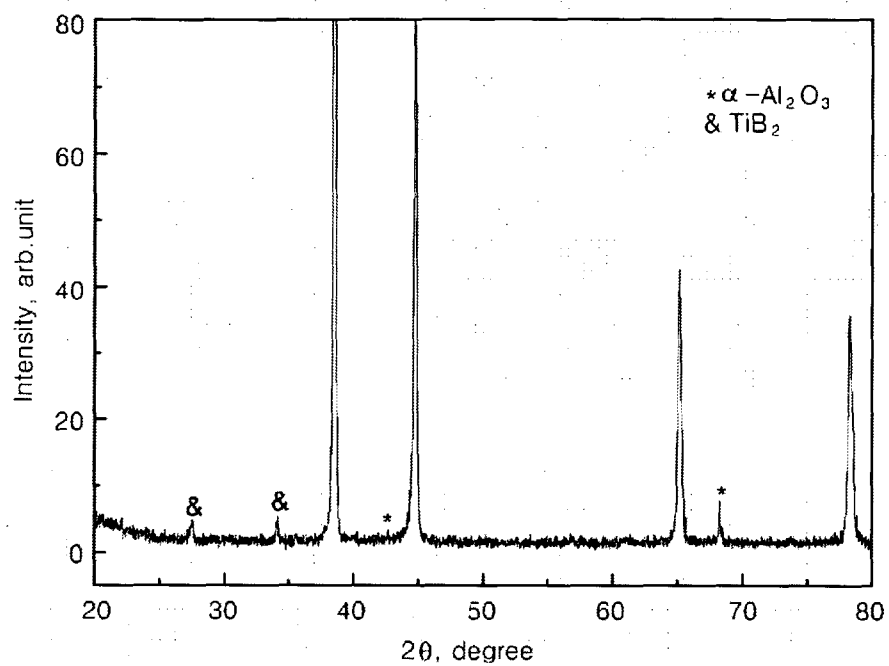
[Fig. 10]



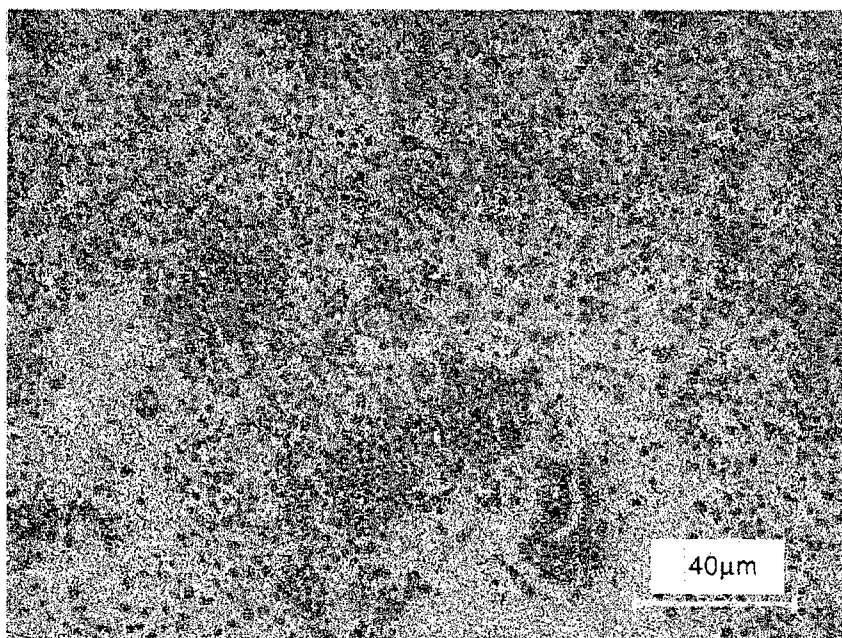
[Fig. 11]



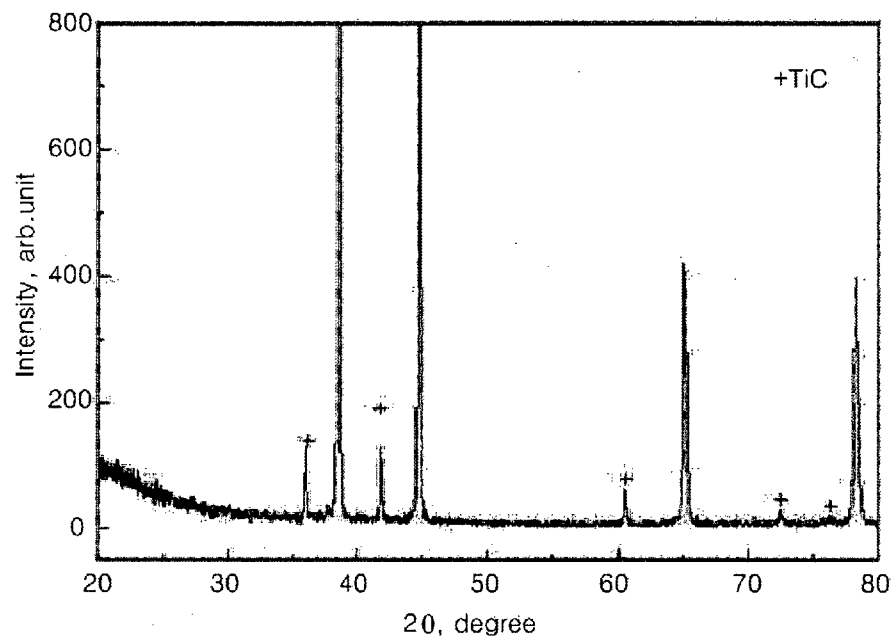
[Fig. 12]



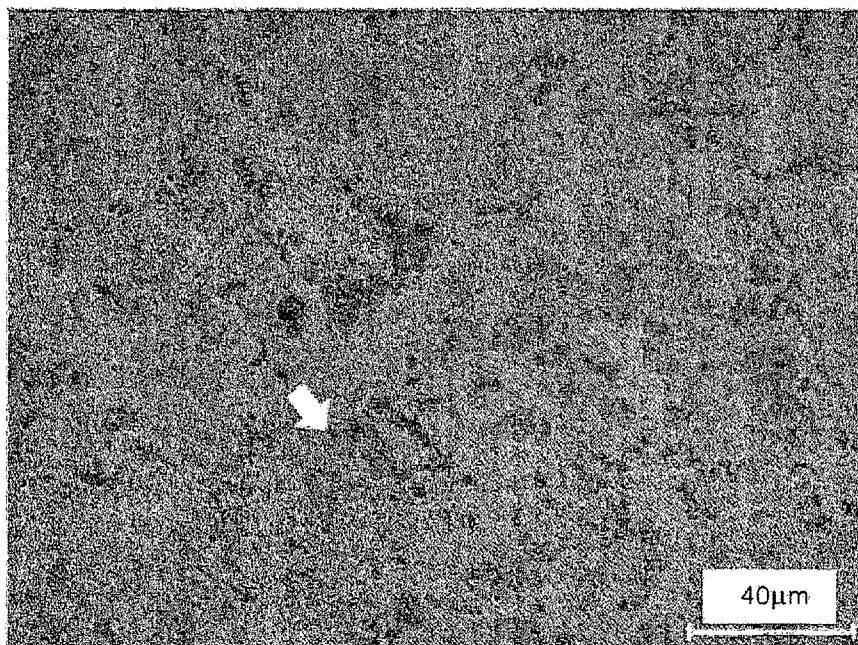
[Fig. 13]



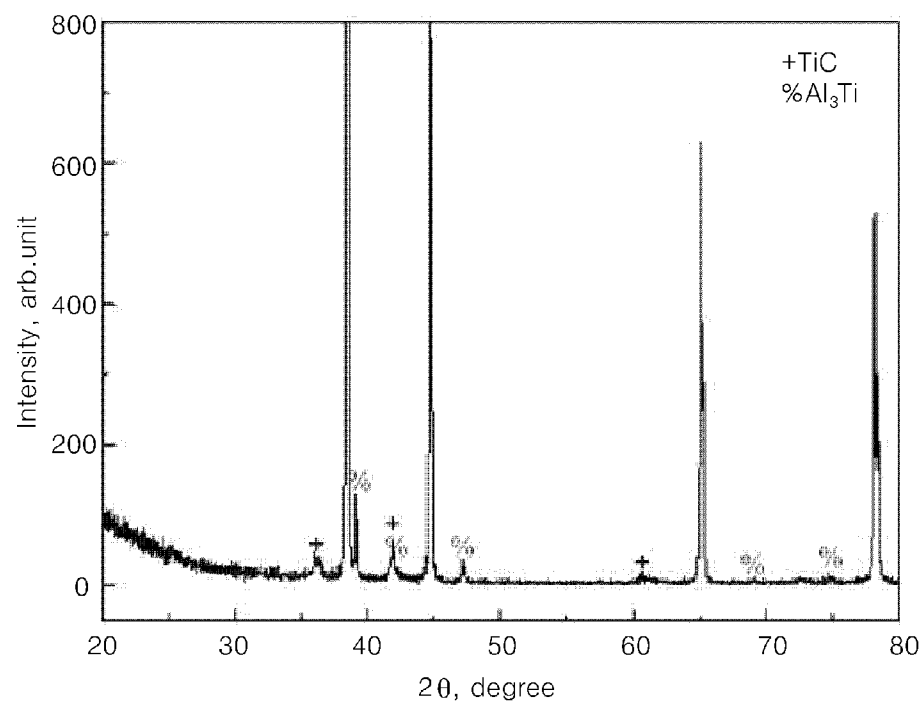
[Fig. 14]



[Fig. 15]



[Fig. 16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2012/001894**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B22D 21/04(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B22D 21/04; C22C 1/10; B22D 19/00; B22D 18/04; C22C 1/04; B22F 7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: aluminum composite, composite, powder, precursor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-0397576 B1 (KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS) 17 September 2003 See pages 2 to 4, all claims	1,2,5-10,16-20,22,23,26
Y	See pages 2 to 4	3,4,11-15,21,24,25
Y	JP 10-158764 A (TOYOTA MOTOR CORP) 16 June 1998 See pages 1 to 5	1-26
Y	JP 2008-260023 A (MITSUI MINING & SMELTING CO LTD) 30 October 2008 See pages 2, 3	1-26
Y	JP 11-043729 A (SUMITOMO LIGHT METAL IND LTD) 16 February 1999 See pages 1 to 5	1-26



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 AUGUST 2012 (31.08.2012)

Date of mailing of the international search report

19 SEPTEMBER 2012 (19.09.2012)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2012/001894

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-0397576 B1	17.09.2003	US 6406516 B1	18.06.2002
JP 10-158764 A	16.06.1998	NONE	
JP 2008-260023 A	30.10.2008	CN 101285135 A	15.10.2008
		CN 101285135 C0	15.10.2008
		KR 10-2008-0092235 A	15.10.2008
		KR 20080092235A	15.10.2008
JP 11-043729 A	16.02.1999	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

B22D 21/04(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

B22D 21/04; C22C 1/10; B22D 19/00; B22D 18/04; C22C 1/04; B22F 7/00

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 알루미늄 기지, 복합재료, 분말, 전구체

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-0397576 B1 (한국기계연구원) 2003.09.17 페이지 2 내지 4, 청구항 전항 참조	1,2,5-10,16-20,22,23,26
Y	페이지 2 내지 4 참조	3,4,11-15,21,24,25
Y	JP 10-158764 A (TOYOTA MOTOR CORP) 1998.06.16 페이지 1 내지 5 참조	1-26
Y	JP 2008-260023 A (MITSUI MINING & SMELTING CO LTD) 2008.10.30 페이지 2, 3 참조	1-26
Y	JP 11-043729 A (SUMITOMO LIGHT METAL IND LTD) 1999.02.16 페이지 1 내지 5 참조	1-26

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2012년 08월 31일 (31.08.2012)

국제조사보고서 발송일

2012년 09월 19일 (19.09.2012)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

 대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 82-42-472-7140

심사관

최교숙

전화번호 82-42-481-5908



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-0397576 B1	2003.09.17	US 6406516 B1	2002.06.18
JP 10-158764 A	1998.06.16	없음	
JP 2008-260023 A	2008.10.30	CN 101285135 A	2008.10.15
		CN 101285135 C0	2008.10.15
		KR 10-2008-0092235 A	2008.10.15
		KR 20080092235A	2008.10.15
JP 11-043729 A	1999.02.16	없음	