(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0109271
(43) 공개일자 2012년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 1/05 (2006.01) *C22C 21/00* (2006.01)
B22F 3/12 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0027821
(22) 출원일자 2011년03월28일
심사청구일자 2011년03월28일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
이정무
경상남도 창원시 성산구 삼정자로 79, 115동 502호 (성주동, 유니온빌리지)
김수현
경상남도 창원시 성산구 원이대로883번길 23, 자이 아파트 103동 1304호 (가음동)
강석봉
경상남도 창원시 성산구 원이대로 495, 206동 1003호 (반림동, 트리비앙아파트)
(74) 대리인
김남식, 양기혁, 박기원, 한윤호, 이인행

전체 청구항 수 : 총 20 항

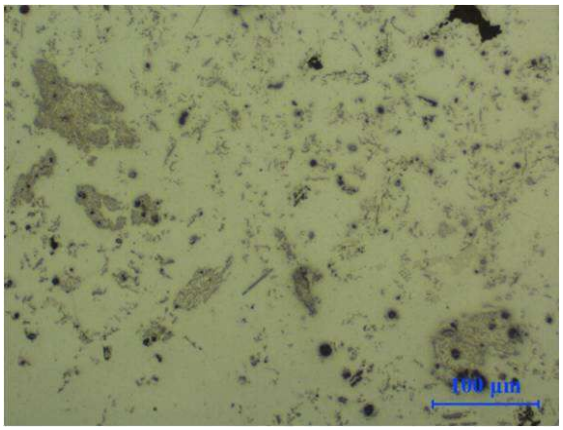
(54) 발명의 명칭 **알루미늄 기지 복합재료 제조방법 및 이에 의해 제조된 알루미늄 기지 복합재료**

(57) 요 약

본 발명은 알루미늄 용탕의 온도를 950℃ 이하로 유지하면서 붕화 티타늄과 알루미나로 강화된 알루미늄 복합재료를 안정적으로 제조하는 방법의 제공을 목적으로 한다.

본 발명의 일 관점에 따르면, 알루미늄 분말, 붕소 화합물 분말, 산화 티타늄 분말 및 활성화 물질이 혼합된 전구체를 준비하는 단계; 상기 전구체를 알루미늄 용탕에 첨가하는 단계; 및 상기 알루미늄 용탕을 주조하는 단계를 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료의 제조방법이 제공된다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	100373081-55590
부처명	지식경제부
연구사업명	소재원천기술개발사업
연구과제명	액상반응제어 복합소재 제조 기술
주관기관	한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간	2010.06.01 ~ 2011.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

알루미늄 분말, 붕소 화합물 분말, 산화 티타늄 분말 및 활성화 물질의 분말이 혼합된 전구체를 준비하는 단계;

상기 전구체를 알루미늄 용탕에 첨가하는 단계; 및

상기 알루미늄 용탕을 주조하는 단계;

를 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 붕소 화합물 분말은 산화 붕소 분말 또는 지르코늄 붕화물 분말을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 활성화 물질은 상기 분말 중 어느 하나 이상과 발열반응을 일으키는 물질인, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 활성화 물질은 알루미늄과 발열반응을 일으키는 물질인, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 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 6

제4항에 있어서, 상기 활성화 물질은 상기 전구체 내에서 3중량% 내지 40중량%의 범위를 가지는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 활성화 물질은 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질인, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 8

제3항에 있어서, 상기 활성화 물질은 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질을 더 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서, 상기 물질은 알칼리금속, 알칼리토금속 또는 상기 금속들의 산화물을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 물질은 바륨, 칼슘, 스트론튬, 칼륨 및 이들 중 어느 하나의 산화물을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 11

제7항 또는 제8항에 있어서, 상기 활성화 물질은 상기 전구체 내에서 5중량% 이하(0초과)의 범위를 가지는, 알

루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 분말 중 어느 하나 이상에 소성가공을 인가하는 단계를 더 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 13

알루미늄 분말, 붕소 화합물 분말 및 산화 티타늄 분말이 혼합된 전구체를 준비하는 단계;

상기 전구체를 알루미늄 용탕에 첨가하는 단계; 및

상기 알루미늄 용탕을 주조하는 단계;

를 포함하며, 상기 분말 중 어느 하나 이상은 소성가공을 인가받은 것인, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 14

제1항 또는 제13항에 있어서, 상기 전구체는 기계적 가압으로 성형하여 제조한 펠렛 또는 상기 펠렛을 파쇄한 것을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 15

제1항 또는 제13항에 있어서, 상기 알루미늄 용탕의 온도는 알루미늄의 융점이상 950℃이하의 범위를 가지는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 16

제1항 또는 제13항에 있어서, 상기 알루미늄 용탕은 순수 알루미늄 용탕 또는 1종 이상의 합금원소를 포함하는 알루미늄 합금 용탕을 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법.

청구항 17

제16항에 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 18

제1항 또는 제13항의 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 19

알루미늄 기지; 및

상기 알루미늄 기지 상에 분포하는 알루미나 및 붕화 티타늄 입자;를 포함하며,

상기 알루미나 및 붕화 티타늄 입자는 알루미늄 분말, 붕소 화합물 분말, 산화 티타늄 분말 및 활성화 물질이 혼합된 전구체로부터 형성된 것인, 알루미늄 기지 복합재료.

청구항 20

알루미늄 기지;

상기 알루미늄 기지 상에 분포하는 알루미나 및 붕화 티타늄 입자;를 포함하며,

상기 알루미나 및 붕화 티타늄은 알루미늄 분말, 산화 티타늄 분말 및 붕소 화합물 분말이 혼합된 전구체로부터 형성된 것이며, 상기 알루미늄 분말, 산화 티타늄 분말 및 붕소 화합물 분말 중 어느 하나 이상은 소성가공을 인가받은 것인, 알루미늄 기지 복합재료.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 세라믹과 같은 비금속 재료를 알루미늄 기지 상에 강화상(또는 강화재)으로 분포시켜 기계적 특성을 향상시키는 알루미늄 기지 복합재료의 제조에 대한 것으로서, 더욱 상세하게는 주요 강화상으로 붕화 티타늄(TiB_2) 및 알루미나(Al_2O_3)를 생성시킨 알루미늄 기지 복합재료의 제조방법 및 이에 의해 제조된 알루미늄 기지 복합재료에 대한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 알루미늄 기지 복합재료는 순수 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어진 기지 내에 세라믹 등과 같은 비금속 재료를 강화상으로 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 기지금속 간의 낮은 젖음성으로 인하여 세라믹 강화재를 용탕 내에 주입하기가 용이하지 않을 뿐만 아니라, 기지금속/강화재에서 원치 않는 계면 반응의 발생이나 기지/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.

[0003] 붕화 티타늄(TiB_2) 및 알루미나(Al_2O_3)는 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 붕화 티타늄 및 알루미나 입자를 자발 반응을 이용한 공정으로 제조하는 다양한 시도가 이루어져 왔다. 이때 종래부터 붕화 티타늄을 형성하기 위한 원소로서 붕소(Boron)를 이용하여 왔다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 그러나 붕소는 상당한 고가이므로 이를 이용하여 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 경쟁력을 떨어뜨릴 수 있다. 또한 기존의 알루미늄 용탕에 자발적으로 붕화 티타늄 및 알루미나 입자를 생성시킨 복합재료는 제조시에 알루미늄 용탕의 온도를 1000℃ 이상으로 가열해야 반응이 일어나는 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.

[0005] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하여, 붕소 대신 가격이 저렴한 붕소화합물을 이용함과 동시에 알루미늄 용탕의 온도를 950℃ 이하로 유지하면서 기지 내에 붕화 티타늄 및 알루미나가 형성된 알루미늄 기지 복합재료를 제조하는 방법 및 이에 의해 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 제공을 목적으로 한다. 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 관점에 따르면, 알루미늄 분말, 붕소 화합물 분말, 산화 티타늄 분말 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. 이때 상기 붕소 화합물 분말은 산화 붕소 분말 또는 지르코늄 붕화물 분말을 포함할 수 있다.

[0007] 한편 상기 활성화 물질은 일 예로서, 상기 분말 중 어느 하나 이상과 발열반응을 일으키는 물질일 수 있다.

[0008] 예를 들어, 상기 활성화 물질은 알루미늄과 발열반응을 일으키는 물질일 수 있으며, 구체적인 예로서 상기 물질은 산화 구리, 산화 코발트, 산화 망간, 산화 니켈, 산화 철, 산화 바나듐, 산화 크롬 및 산화 텅스텐 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 활성화 물질은 상기 전구체 내에서 3중량% 내지 40중량%의 범위를 가질 수 있다.

[0010] 한편 상기 활성화 물질은 다른 예로서, 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질일 수 있다.

[0011] 또한 상기 활성화 물질은 상기 분말 중 어느 하나 이상과 발열반응을 일으키는 물질에 상기 산화 티타늄의 분해를 촉진 시키는 물질을 더 포함할 수 있다.

[0012] 이러한 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.

[0013] 이러한 활성화 물질은 상기 전구체 내에서 5중량% 이하(0초과)의 범위를 가질 수 있다.

[0014] 또한 상기 알루미늄 기지 복합재료의 제조방법은 상기 분말 중 어느 하나 이상에 소성가공을 인가하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 관점에 의하면, 알루미늄 분말, 붕소 화합물 분말 및 산화 티타늄 분말이 혼합된 전구체를 준비하는 단계; 상기 전구체를 알루미늄 용탕에 첨가하는 단계; 및 상기 용탕을 주조하는 단계; 를 포함하며, 상기 분말 중 어느 하나 이상은 소성가공을 인가받은 것인, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법이 제공된다.

[0016] 상술한 알루미늄 기지 복합재료의 제조방법에 이용되는 전구체는 기계적 가압으로 성형하여 제조한 펠렛 또는 상기 펠렛을 파쇄한 것을 포함할 수 있다.

[0017] 한편 본 발명을 따르는 알루미늄 기지 복합재료의 제조방법에 의할 시 알루미늄 용탕의 온도는 알루미늄의 융점 이상 950℃이하의 범위를 가질 수 있다.

[0018] 또한 상기 알루미늄 용탕은 순수 알루미늄 용탕 또는 1종 이상의 합금원소를 포함하는 알루미늄 합금 용탕을 포함할 수 있다. 이때 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.

[0019] 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 포함하는, 알루미늄 기지 복합재료 제조방법이 제공된다.

[0020] 본 발명의 또 다른 관점에 의하면, 알루미늄 기지; 및 상기 알루미늄 기지 상에 분포하는 알루미나 및 붕화 티타늄 입자;를 포함하며, 상기 알루미나 및 붕화 티타늄 입자는 알루미늄 분말, 붕소 화합물 분말, 산화 티타늄 분말 및 활성화 물질이 혼합된 전구체로부터 형성된 것인, 알루미늄 기지 복합재료가 제공된다.

[0021] 본 발명의 또 다른 관점에 의하면, 알루미늄 기지; 상기 알루미늄 기지 상에 분포하는 알루미나 및 붕화 티타늄 입자;를 포함하며, 상기 알루미나 및 붕화 티타늄은 알루미늄 분말, 붕소 화합물 분말 및 산화 티타늄 분말이 혼합된 전구체로부터 형성된 것이며, 상기 알루미늄 분말, 붕소 화합물 분말 및 산화 티타늄 분말 중 어느 하나 이상은 소성가공을 인가받은 것인, 알루미늄 기지 복합재료가 제공된다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 실시예들을 따르는 알루미늄 기지 복합재료의 제조방법은 종래의 제조방법에 비하여 반응합성이 가능하고, 반응이 촉진되어 제조공정 시간을 단축시킬 수 있다. 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 단열온도를 계산한 결과로, A는 반응식 2에 의한 단열온도이며, B는 반응식 3에 의한 단열온도이며, C는 산화 구리가 첨가된 경우에 있어, 반응식 2에 의한 단열온도를 계산한 것이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 미세조직을 관찰한 결과이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.

도 4는 비교예에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 미세조직을 관찰한 결과이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따라 제조된 알루미늄 기지 복합재료의 X-선 회절분석결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 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.

[0025] 본 명세서 및 특허청구범위에서는 순수 알루미늄을 용해한 용탕 또는 1종 이상의 합금원소를 포함하는 알루미늄 합금 용탕을 모두 알루미늄 용탕으로 지칭한다.

[0026] 알루미늄 기지 복합재료를 제조하기 위해, 우선 알루미늄 기지에 분포시킬 강화상을 형성하기 위한 전구체가 제공된다. 여기서 전구체는 알루미늄 용탕 내에서 서로 반응하여 알루미나를 생성할 수 있는 반응물질들이 혼합되어 있는 혼합체를 의미한다. 이때 상기 전구체는 알루미늄 분말, 붕소 화합물 분말 및 산화 티타늄 분말이 혼합되어 있는 혼합체 일 수 있다.

[0027] 알루미나와 붕화 티타늄을 형성하기 위하여 알루미늄(Al) 분말, 붕소(B) 분말 및 산화 티타늄(TiO_2) 간에는 아래의 반응식 1과 같은 반응이 일어나게 된다.

[0028] $$4Al + 3TiO_2 + 6B \rightarrow 2Al_2O_3 + 3TiB_2 \qquad [반응식\ 1]$$

[0029] 이때 [반응식 1]의 붕소 대신 붕소 화합물을 이용할 수 있으며, 이러한 붕소 화합물은 예를 들어, 산화 붕소(B_2O_3) 또는 지르코늄 붕화물(ZrB_{12})일 수 있다. 붕소 화합물로서 산화 붕소를 사용하는 경우, 아래 반응식 2에 의해 알루미나 및 붕화 티타늄이 형성될 수 있다.

[0030] $$10Al + 3TiO_2 + 3B_2O_3 \rightarrow 5Al_2O_3 + 3TiB_2 \qquad [반응식\ 2]$$

[0031] 이때 상기 반응은 발열반응이며, 일단 반응이 시작되면 자발적으로 반응이 일어난다. 이러한 자발반응을 이용한 자전연소반응에 의할 경우, 자체 반응에 의해 생성된 반응열에 의해 자발적으로 반응이 전파되면서 지속되게 된다. 따라서 알루미늄, 산화붕소 및 산화 티타늄으로 이루어진 전구체를 고온의 알루미늄 용탕에 첨가하는 경우, 반응식 2의 반응이 자발적으로 일어나면서 알루미나와 붕화 티타늄이 생성되게 된다.

[0032] 알루미늄의 주조에 있어서, 알루미늄 용탕의 온도는 가능하면 낮게 유지하는 것이 소재의 제조 측면에서 유리하다. 즉, 용탕의 온도를 1000℃ 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 수소 농도가 증가할 수 있다.

[0033] 따라서 위 반응식 2도 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.

[0034] 여기서 활성화 물질은 일 예로서, 상기 분말들 중 어느 하나 이상과 발열반응을 일으키는 것일 수 있다. 이러한 활성화 물질은 상기 분말들 중 어느 하나 이상과의 반응을 통해 반응열을 생성하여 반응식 2에 의해 발생되는 반응열에 추가적으로 반응을 위한 열량을 공급할 수 있다.

[0035] 이러한 활성화 물질은 알루미늄과 반응하여 발열반응을 일으키는 물질일 수 있으며, 이러한 물질은 산화 구리(CuO), 산화 코발트(CoO), 산화 망간(MnO), 산화 니켈(NiO), 산화 철(Fe_2O_3), 산화 바나늄(V_2O_3), 산화 크롬(Cr_2O_3) 및 산화 텅스텐(WO) 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0036] 예를 들어 산화 구리는 반응식 3과 같이 알루미늄과 반응하여 큰 반응열을 생성하게 된다.

[0037] $$2Al + 3CuO \rightarrow Al_2O_3 + 3Cu \qquad [반응식\ 3]$$

[0038] 도 1에는 각각 반응식 2 및 3의 반응으로 발생하는 열에 의한 단열온도(adiabatic temperature)를 계산한 결과

를 나타내었다. 도 1의 A는 반응식 2의 단열온도 값이며, B는 반응식 3의 단열온도 값이다. 도 1을 참조하면, 반응식 2에 의한 단열온도는 약 2682K임에 비해, 반응식 3에 의한 단열온도는 3044K에 이른다. 따라서 반응식 3에 의해 생성되는 열량에 의해 반응식 2의 반응이 촉진될 수 있으며, 이에 대응하여 반응식 2가 자발적으로 반응하게 하기 위한 알루미늄 용탕의 최소 온도를 감소시킬 수 있게 된다.

[0039] 도 1의 C에는 산화 구리를 첨가하였을 경우의 반응식 2의 단열온도를 계산한 결과이며, 이를 참조하면 단열온도가 2833K까지 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 단열온도의 증가는 실제 반응식 2를 일으키기 위한 용탕의 온도가 그만큼 감소된다는 것을 의미한다.

[0040] 다른 예로서 산화 니켈의 경우에는 알루미늄과의 반응시 단열온도가 3183K, 산화철의 경우에는 3133K로 계산되었으며, 위 산화 구리와 같은 효과를 나타낼 수 있다.

[0041] 한편, 상기 활성화 물질의 다른 예로서, 상기 전구체를 이루는 산화 티타늄의 분해를 촉진시키는 물질일 수 있다. 즉, 반응식 2의 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 2의 반응이 촉진 될 수 있다.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] 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 활성화 시킬 수 있다. 이와 같이 소성가공을 인가받은 분말들을 혼합 후 펠렛으로 성형함으로써 알루미늄 용탕에 투입되는 전구체를 제조할 수 있다.

[0045] 이러한 방법에 의할 경우 소성가공에 의해 분말들의 활성화가 이루어짐에 따라, 반응식 2의 반응이 촉진되게 되며, 결과적으로 더 낮은 알루미늄 용탕 온도에서도 반응식 2가 자발적으로 일어날 수 있게 된다.

[0046] 이상과 같이 예시된 전구체를 구성하는 분말들의 반응을 촉진하는 방법들은 서로 선택적으로 2 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.

[0047] 이때 알루미늄과의 반응을 통해 단열온도를 향상시키기 위해 첨가되는 활성화 물질의 조성비는 전구체 내에서 3중량% 내지 40중량%의 범위에서 첨가될 수 있다. 3중량% 이하에서는 이러한 단열온도 상승의 효과가 미미하게 되며, 40중량% 이상에서는 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 있다.

[0048] 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.

[0049] 이와 같이 활성화 물질을 첨가하거나 또는 소성가공을 부여하여 제조한 전구체들을 상술한 방법으로 펠렛으로 형성할 수 있다. 이때 펠렛은 직접 알루미늄 용탕에 투입되거나 혹은 소정의 크기로 파쇄 되어 투입될 수 있다. 이러한 전구체를 알루미늄 용탕 내에 투입하고 소정 시간 유지한 후 이를 주조함으로써 알루미나가 강화상으로 분포하는 알루미늄 기지 복합재료를 제조할 수 있다. 이때 용탕의 온도가 950℃ 이하의 온도로 유지하는 것이 가능하다.

[0050] 위 실시예들에서는 붕소 화합물로서 산화 붕소(B_2O_3)를 이용하였으나, 산화붕소 대신 지르코늄 붕화물(ZrB_{12})을 이용하는 경우도 위 실시예들과 같은 방법을 적용함으로써 낮은 알루미늄 용탕 온도에서도 안정적으로 알루미늄 기지 복합재료를 제조할 수 있다.

[0051] 한편 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.

[0052] 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 알루미나를 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.

[0053] 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.

[0054] 표 1에는 실험예 및 비교예의 알루미늄 기지 복합재료를 제조하기 위해 사용한 전구체의 조성 및 반응이 일어난 용탕의 온도가 나타나 있다.

표 1

[0055]

시편	기지합금	펠렛의 조성 (wt.%)							용탕온도 ( )	반응여부
		CuO	TiO_2	B_2O_3	ZrB_{12}	CaO	SrO_2	Al		
실험예1	순알루미늄	20.7	20.9	18.3	-	-	-	Bal.	880	반응
실험예2	순알루미늄	11.8	24.0	21.0	-	-	-	Bal.	900	반응
실험예3	A356	11.8	24.0	21.0	-	-	-	Bal.	890	반응
실험예4	A6061	11.8	24.0	21.0	-	-	-	Bal.	895	반응
실험예5	순알루미늄	6.3	25.7	22.5	-	0.6	-	Bal.	900	반응
실험예6	순알루미늄	6.3	25.7	22.5	-	-	0.6	Bal.	900	반응
실험예7	순알루미늄	17.6	35.7	-	16.5	-	-	Bal.	900	반응
실험예8	순알루미늄	9.9	40.1	-	18.5	-	-	Bal.	910	반응
비교예1	순알루미늄	-	28.1	24.6	-	-	-	Bal.	930	미반응
비교예2	순알루미늄	-	45.6	-	21.0	-	-	Bal.	930	미반응

[0056] 실험예 1 내지 6의 전구체는 알루미늄 분말, 산화 구리 분말, 산화 티타늄 분말 및 산화 붕소 분말을 첨가하여 제조하였다. 실험예 5는 위 분말들에 산화 칼슘(CaO) 추가로 첨가하였으며, 실험예 6은 스트론튬 산화물(SrO_2)을 추가로 첨가하였다.

[0057] 위 실험예와 비교예에서 실험예 3과 4를 제외한 나머지의 용탕에는 순수 알루미늄 주괴를 절단하여 용해로에서 완전히 용해하여 형성하였으며, 실험예 3 및 4는 각각 상용 알루미늄 합금인 A356 합금 및 A6061 합금을 이용하여 용탕을 형성하였다.

[0058] 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.

[0059] 표 1을 참조하면, 실험예 1 내지 6은 모두 용탕의 온도가 900℃ 이하의 온도에서 모두 알루미나 및 붕화 티타늄이 생성되었음을 확인할 수 있었다. 도 2는 실험예 2의 미세조직을 관찰한 결과로서, 미세한 붕화 티타늄(회색 입자) 및 알루미나 입자(흑색 입자)가 기지에 생성된 것을 볼 수 있었으며, 이는 도 3의 X-선 회절 분석 결과를 통해 확인할 수 있었다.

[0060] 이에 비해 비교예 1은 전구체로 알루미늄 분말, 산화 티타늄 분말 및 산화 붕소 분말을 첨가하였고, 산화 구리 분말은 첨가하지 않고 제조하였다. 이를 930℃의 온도로 유지되는 용탕에 투입하였는데, 투입 후 10분을 유지하여도 반응이 일어나지 않았다. 이를 주조한 후 X-선 회절 분석한 경우에도 붕화 티타늄 또는 알루미나의 회절 피크를 발견할 수 없었다(도 4).

[0061] 실험예 7, 8의 전구체는 알루미늄 분말, 산화 구리 분말, 산화 티타늄 분말 및 지르코늄 붕화물 분말을 첨가하여 제조하였다. 표 1을 참조하면 용탕의 온도가 910℃ 이하의 온도에서 모두 알루미나 및 붕화 티타늄이 생성되었음을 확인할 수 있었다. 도 5는 실험예 7의 미세조직을 관찰한 결과로서, 미세한 붕화 티타늄 입자(회색 입

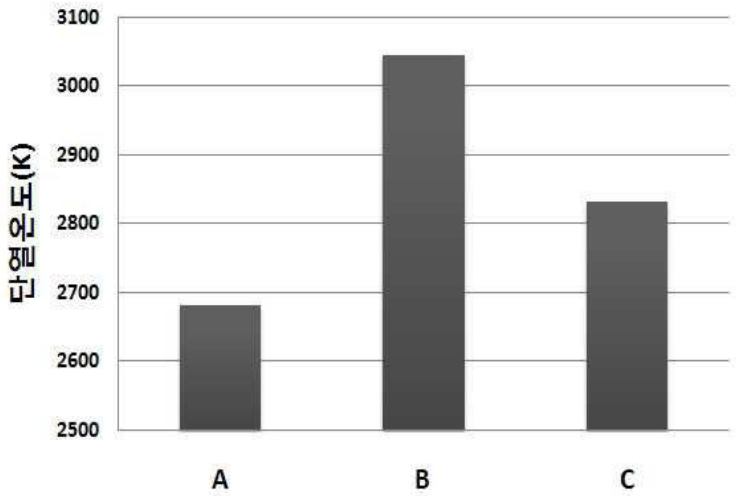
자) 및 알루미나 입자(검은색 입자)가 기지에 생성된 것을 볼 수 있었으며, 이는 도 6의 X-선 회절 분석 결과를 통해 확인할 수 있었다.

[0062] 한편, 비교예 10의 경우에는 실험예 8과 비교해서 전구체로서 산화 구리 분말을 첨가하지 않았으며, 930℃로 유지되는 용탕에 투입하고 10분을 유지하여도 반응이 일어나지 않았다. 비교예 9의 경우와 마찬가지로 붕화 티타늄 및 알루미나로 강화된 알루미늄 복합재료를 제조하지 못함을 확인하였다.

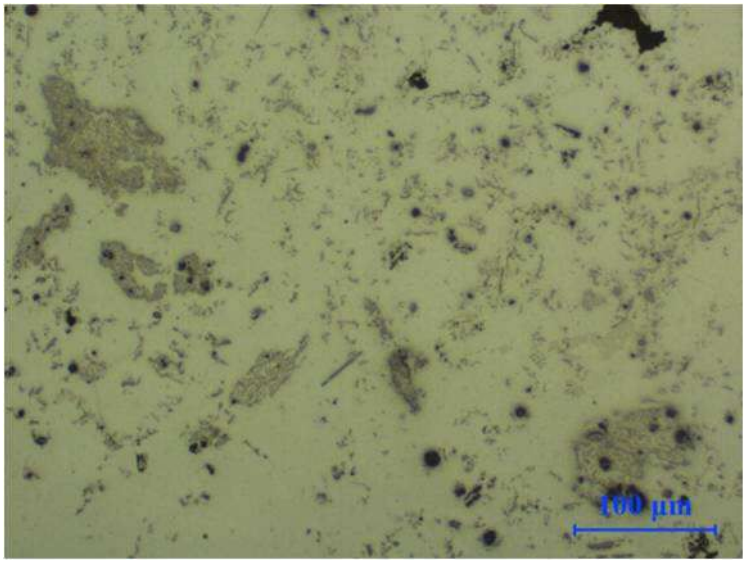
[0063] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면

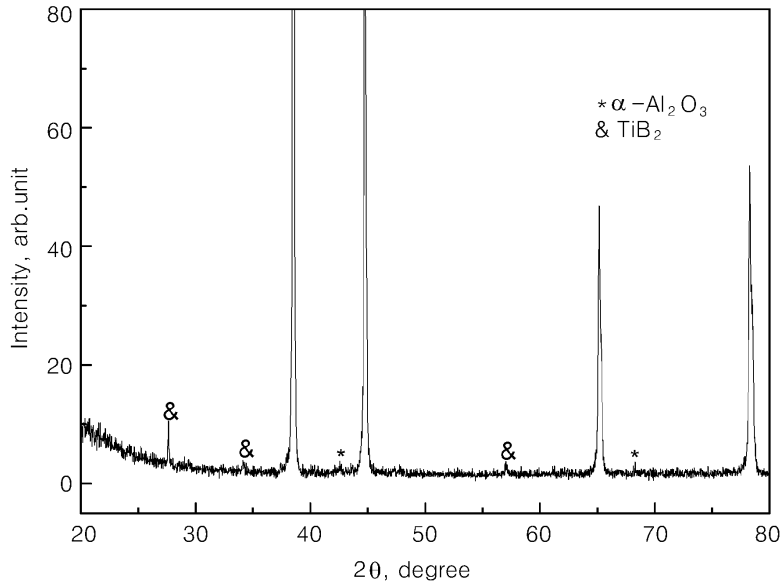
도면1



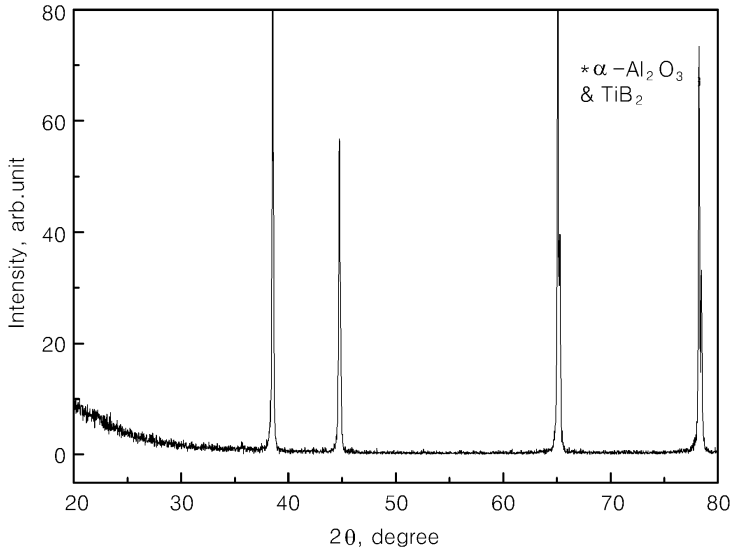
도면2



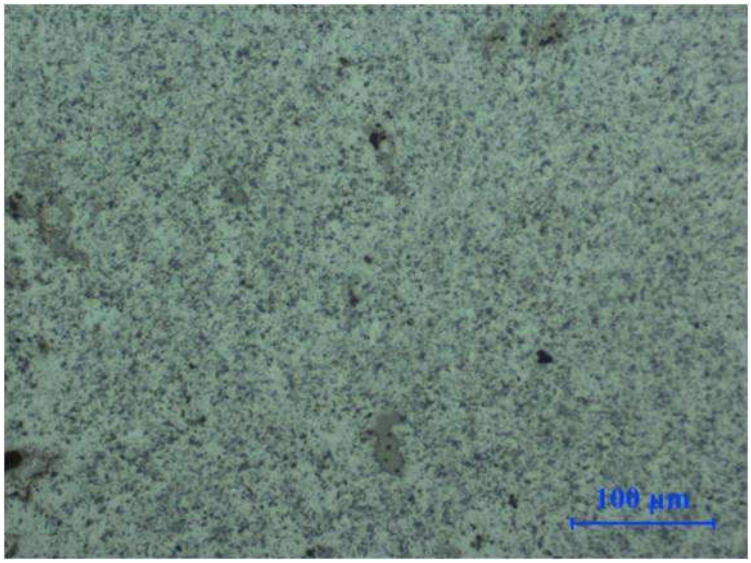
도면3


*α-Al2O3
& TiB2
Intensity, arb.unit
2θ, degree
0
20
40
60
80
20
30
40
50
60
70
80
&
&
*
&
*

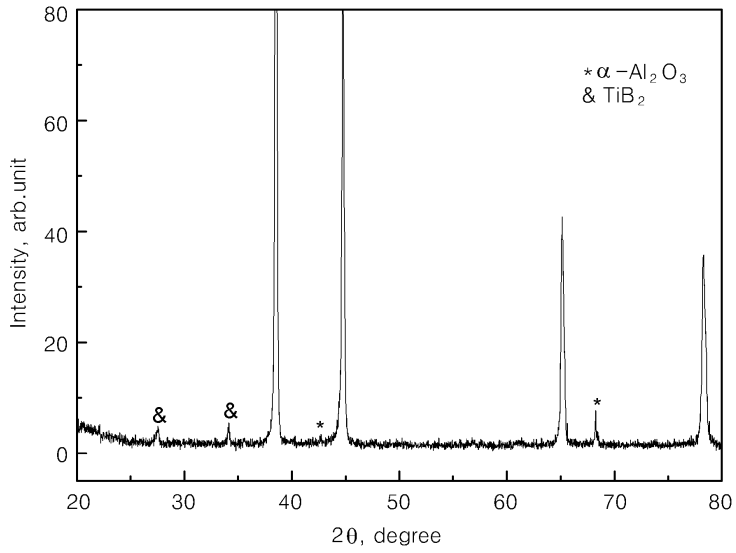
도면4


*α-Al2O3
& TiB2
Intensity, arb.unit
2θ, degree
0
20
40
60
80
20
30
40
50
60
70
80

도면5


100 μm

도면6


80
60
40
20
0
Intensity, arb.unit
20
30
40
50
60
70
80
2θ, degree
*α-Al2O3
& TiB2
&
&
*
*