



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0126474

(43) 공개일자 2015년11월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C22C 21/02 (2006.01) C22C 1/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0053361

(22) 출원일자 2014년05월02일

심사청구일자 2014년05월02일

(71) 출원인

현대자동차주식회사

서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)

(72) 발명자

이경문

경기 의왕시 내손순환로 7, 307동 701호 (내손동, 래미안에버하임)

(74) 대리인

특허법인 신세기

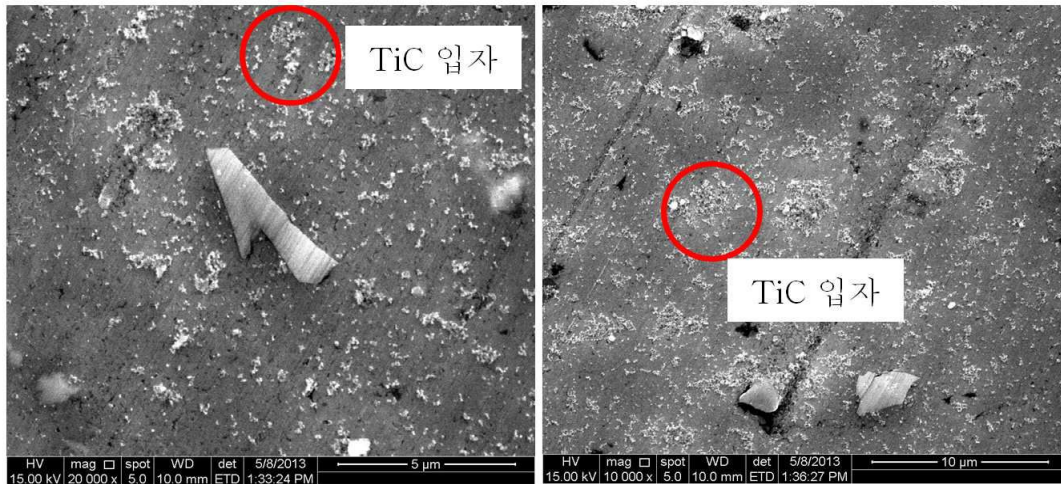
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 고탄성 알루미늄 합금 및 그의 제조방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 고탄성 알루미늄의 제조방법은, 순수 알루미늄 및 Al-5B 모합금을 용해로에 장입하여 1차 용탕을 형성하는 1차 용탕 형성 단계, 상기 1차 용탕에 Al-7Ti 모합금을 장입하여 2차 용탕을 형성하는 2차 용탕 형성 단계, 상기 2차 용탕에 실리콘(Si) 원소를 장입하여 3차 용탕을 형성하는 3차 용탕 형성 단계 및 상기 3차 용탕을 주조하는 주조단계를 포함한다.

대표도 - 도2



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

티타늄(Ti) 및 보론(B)이 첨가되어 형성되는 고탄성 알루미늄 합금에 있어서,  
내부 조직에 탄화물(Carbide)을 포함하며 상기 탄화물의 탄소 함유량이 중량%로 0.3~0.5%인 것을 특징으로 하는 고탄성 알루미늄 합금

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,  
상기 탄화물은 TiC 또는 SiC인 것을 특징으로 하는 고탄성 알루미늄 합금.

#### 청구항 3

청구항1에 있어서,  
상기 합금은 중량%로 티타늄(Ti): 4~6%, 보론(B): 0.5~1.5%, 규소(Si): 10~12% 및 잔부 알루미늄과 불가피한 불순물을 포함하는 고탄성 알루미늄 합금.

#### 청구항 4

순수 알루미늄 및 Al-5B 모합금을 용해로에 장입하여 1차 용탕을 형성하는 1차 용탕 형성 단계;  
상기 1차 용탕에 Al-10Ti 모합금을 장입하여 2차 용탕을 형성하는 2차 용탕 형성 단계;  
상기 2차 용탕에 규소(Si) 원소를 장입하여 3차 용탕을 형성하는 3차 용탕 형성 단계;  
상기 3차 용탕에 탄소(C)를 첨가하는 4차 용탕 형성 단계; 및  
상기 4차 용탕을 금형으로 출탕하는 주조단계를 포함하는 고탄성 알루미늄의 제조방법.

#### 청구항 5

청구항1에 있어서,  
상기 4차 용탕 형성단계에서 첨가되는 탄소(C)의 함량은 0.3~0.5 중량%인 것을 특징으로 하는 고탄성 알루미늄 합금의 제조방법.

## 발명의 설명

### 기술분야

본 발명은 고탄성 알루미늄 합금 및 그의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 알루미늄 합금 내에 탄화물을 형성하여 신율을 향상시킨 고탄성 알루미늄 합금에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

- [0002] 최근에 환경 및 연비 규제가 엄격해짐에 따라 차량 경량화의 필요성이 증대되어 알루미늄 합금과 같은 경량 금속 합금이 차량에 확대 적용되고 있다.
- [0003] 종래 알루미늄 합금이 적용되는 차량용 부품은 파괴서점의 물성지표인 인장강도 향상에 초점을 맞춘 고강도 및 부품 생산품질의 안정화 공정 개발 위주로 진행되었기 때문에, 경량화가 진행됨에 따라 내구성과 주행 소음 및 진동(Noise Vibration Harshness, NVH)이 악화되는 문제가 있었다.
- [0004] 따라서, 차량의 내구성 및 NVH 향상을 위한 고탄성 알루미늄 합금의 개발이 시급하며, 최근에서 알루미늄 합금의 탄성계수를 증가시키기 위해 붕화물을 이용하는 연구가 진행 중이다.
- [0005] 여기서 붕화물(Boride)은 붕소(B)보다 전기 음성도가 낮은 원소가 보론(B)과 결합한 화합물인데, 알루미늄(Al) 합금 용탕에 첨가된 티타늄(Ti) 및 보론(B) 등에 의해 생성되는  $TiB_2$ ,  $AlB_2$  등을 의미한다.
- [0006] 이와 관련하여 종래기술을 살펴보면, 미국공개특허 제2010-200454호에서는 8.0~11.5 중량%의 규소, 망간, 마그네슘, 철, 구리, 아연, 티타늄, 몰리브덴, 지르코늄, 스트론튬 또는 나트륨, 칼슘, 갈륨인화물, 인듐인화물과 1~2 중량%의 티타늄 및 1~2 중량%의 붕소를 알루미늄 모합금에 첨가되는 알루미늄 주조재에 대해 기재하고 있다. 또한 미국공개특허 제2004-115515호에서는 규소를 12~15 중량% 함유하며, 티타늄이  $TiB_2$  형태로 0.1 중량% 이하 함유된 알루미늄 주조재를 제시하고 있다.
- [0007] 차량의 강성 및 NVH 향상을 위해 기존 알루미늄 합금에 Ti, B 합금 원소를 첨가한 고탄성 알루미늄 합금의 개발이 이루어지고 있다. Ti, B 원소 첨가 시  $TiB_2$ ,  $AlB_2$ ,  $Al_3Ti$ 의 강화 입자가 생성되어 소재의 탄성계수를 기존 78 GPa(ADC 12 기준)에서 90 GPa 수준까지 향상시킬 수 있다. 이를 통하여 합금의 강성 및 NVH를 향상할 수 있지만, 침상형의  $Al_3Ti$  강화상으로 인하여 소재의 연신율이 저하되는 문제점이 존재하고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0008] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제1316068호(2013.10.11.)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0009] 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 Ti, B 첨가 알루미늄 합금의 주요 강화상 중 기존 강성을 유지하면서 신율을 향상시킨 고탄성 알루미늄 합금을 제공하는 데 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0010] 위 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 고탄성 알루미늄 합금은 티타늄(Ti) 및 보론(B)이 첨가되어 형성되는 고탄성 알루미늄 합금에 있어서, 내부 조직에 탄화물(Carbide)을 포함하며 상기 탄화물의 탄소 함유량이 중량%로 0.3~0.5%인 것을 특징으로 한다.
- [0011] 상기 탄화물은  $TiC$  또는  $SiC$ 일 수 있다.
- [0012] 상기 합금은 중량%로 티타늄(Ti): 4~6%, 보론(B): 0.5~1.5%, 규소(Si): 10~12% 및 잔부 알루미늄과 불가피한 불순물을 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 고탄성 알루미늄 합금의 제조방법은 순수 알루미늄 및 Al-5B 모합금을 용해로에 장입하여 1차 용탕을 형성하는 1차 용탕 형성 단계; 상기 1차 용탕에 Al-10Ti 모합금을 장입하여 2차 용탕을 형성하는 2차 용탕 형성 단계; 상기 2차 용탕에 규소(Si) 원소를 장입하여 3차 용탕을 형성하는 3차 용탕 형

성 단계; 상기 3차 용탕에 탄소(C)를 첨가하는 4차 용탕 형성 단계; 및 상기 4차 용탕을 금형으로 출탕하는 주조단계를 포함한다.

[0014] 상기 4차 용탕 형성단계에서 첨가되는 탄소(C)의 함량은 0.3-0.5 중량%일 수 있다.

**발명의 효과**

[0015] 본 발명에 의한 고탄성 알루미늄 합금에 따르면 티타늄(Ti), 보론(B)이 첨가된 고탄성 알루미늄 합금의 강성을 유지하면서 신율이 약 30%정도 향상될 수 있다. 따라서 자동차용 주물재로 사용하는 경우 기존의 상용 제품인 ADC12-5Ti-1B 과 대비하여 강성 및 NVH를 향상 시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0016] 도 1은 종래의 고탄성 알루미늄 합금에 형성된 Al<sub>3</sub>Ti 입자를 나타낸 조직 사진이다.  
 도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 고탄성 알루미늄 합금에 형성된 TiC 입자를 나타낸 조직사진이다.  
 도3은 종래의 ADC12-5Ti-1B 합금과 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 인장강도 및 항복강도를 나타낸 그래프이다.  
 도4는 본 발명의 일 실시예에 따른 고탄성 알루미늄 합금의 Ti, C 함량 변화에 따른 상 분율의 변화를 나타낸 그래프이다.  
 도5는 본 발명의 일 실시예에 따른 고탄성 알루미늄 합금의 Ti, C 함량 변화에 따른 상 분율의 변화를 나타낸 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0017] 여기서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.

[0018] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 고탄성 알루미늄 합금에 대하여 설명하기로 한다.

[0020] 파워트레인 부품에 많이 사용되는 고압주조용 ADC12 소재에 Ti, B 원소를 첨가하는 경우에 생성되는 TiB<sub>2</sub>, Al<sub>3</sub>Ti, AlB<sub>2</sub> 강화상은 열역학적으로 우선 순위가 존재하게 된다.

[0021] 기존의 알려진 문헌과 자체 실험 결과 TiB<sub>2</sub> 강화상이 열역학적으로 가장 안정하며, Al<sub>3</sub>Ti와 AlB<sub>2</sub>는 유사 수준의 열역학적 안정성을 가지고 있다. 5Ti 첨가하는 경우 다량의 Al<sub>3</sub>Ti 상이 생성되어 탄성 증가에는 효과적이거나 침상의 형상으로 인하여 신율 저하가 발생한다.

[0022] 도1은 종래 ADC12-5Ti-1B 합금에서의 Al<sub>3</sub>Ti 입자를 나타낸 사진이다. 도1에 도시된 바와 같이 Al<sub>3</sub>Ti가 조대하고 침상 형상을 띠고 있어 신율이 상용소재(ADC12) 비하여 저하되는 특성이 있다. 따라서 신율을 향상하기 위해서는 Al<sub>3</sub>Ti 상을 최소화하고 Al<sub>3</sub>Ti 상을 대신하여 탄성을 유지할 수 있도록 본 발명에서는 탄소(C) 원소 첨가에 의해 Al<sub>3</sub>Ti상을 최소화하고 강성을 확보하려고 하였다.

[0023] 도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 고탄성 알루미늄 합금에 형성된 TiC 입자를 나타낸 사진이다. 사진에서 보는

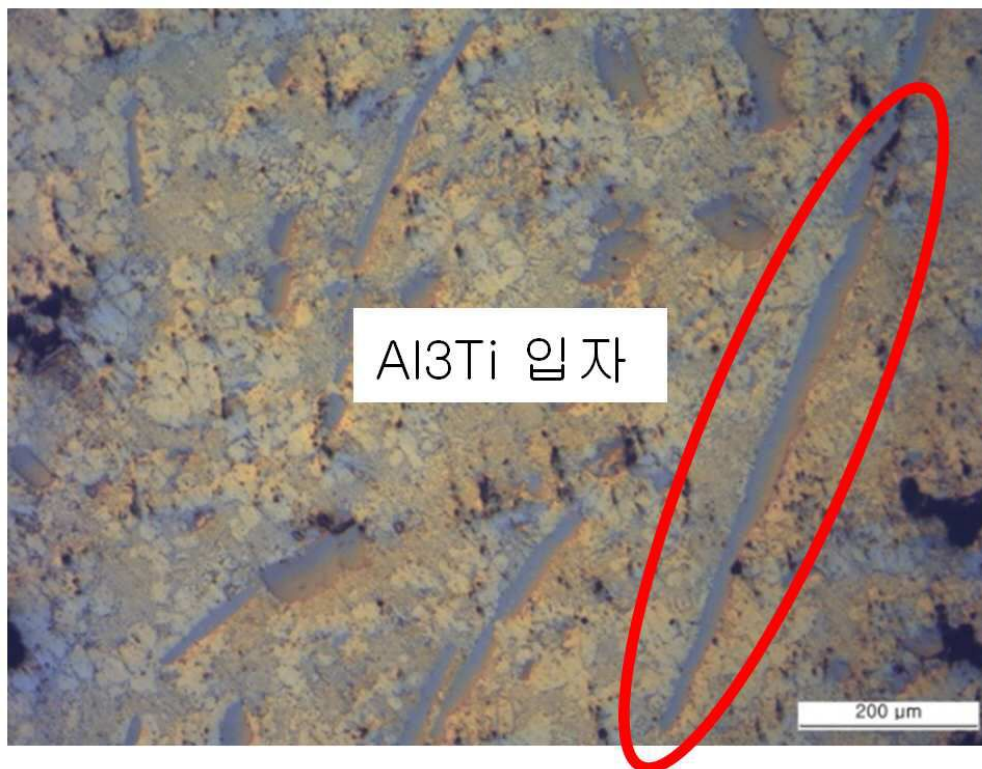
바와 같이 서브 마이크로 수준의 TiC가 형성되어 있는 것을 확인할 수 있으며, Al<sub>3</sub>Ti 입자와 비교하여 볼 때, 침상형의 형태가 아니며, 미세한 것을 알 수 있다. 이러한 TiC 상에 의해 알루미늄 합금의 신율이 향상될 수 있다.

- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 고탄성 알루미늄 합금은 티타늄(Ti) 및 보론(B)이 첨가되어 형성되는 고탄성 알루미늄 합금으로서, 내부 조직에 탄화물이 포함되며, 이때 조직 내에 포함되는 탄소 함유량은 0.3~0.5인 것을 특징으로 한다.
- [0025] 여기서 생성되는 탄화물은 TiC 또는 SiC 일 수 있다. 이때 생성되는 TiC가 생성됨에 따라 알루미늄 합금 내에 존재하는 침상형의 Al<sub>3</sub>Ti의 분율이 감소하게 되고 다각형의 TiC 강화상이 형성되게 된다. 이러한 TiC 입자는 약 서브 마이크로 수준으로 미세하고 기지인 Al과의 젖음성이 우수하여 TiB<sub>2</sub> 대비 침강 현상이 개선된다.
- [0026] 이 때 첨가되는 탄소(C)의 함량은 중량%으로 0.3~0.5 %인 것이 바람직하다. C는 알루미늄 합금내의 Ti와 Si와 반응하여 탄화물을 형성하게 된다. C의 함량이 0.3% 미만의 경우에는 신율 향상을 위한 탄화물 생성이 충분이 이루어 지지 않아 알루미늄 합금의 신율이 향상되지 않으며, C의 함량이 0.5% 초과인 경우에는 TiC의 생성량은 증가하지 않는 반면에 신율에 나쁜 영향을 줄 수 있는 SiC의 생성량이 증가할 수 있기 때문에 상기 범위와 같이 한정한다.
- [0027] 또한, 상기 알루미늄 합금내의 첨가하는 다른 원소의 함량은 중량%로 티타늄(Ti): 4~6%, 보론(B): 0.5~1.5%, 규소(Si): 10~12% 인 것이 바람직하다.
- [0028] 티타늄(Ti)은 TiC 생성에 참여하는 원소로서 Ti 함량이 증가한다고 하더라도 알루미늄 합금 내에 존재하는 TiC의 함량이 더 이상 증가하지 않으며, Ti 함량이 감소할수록 Ti가 TiB<sub>2</sub> 생성에 소모되어 TiC가 충분하게 생성되기 어려워 상기 범위가 바람직하다.
- [0029] 보론(B)은 알루미늄 합금의 고탄성을 유지하기 위한 것으로서 B의 함량이 낮을수록 B첨가에 의한 탄성 향상이 충분히 이루어지지 않으며, B의 함량이 증가하게 되면 과도하게 석출강화상이 형성되어 신율이 나빠지므로 상기 범위가 바람직하다.
- [0030] 규소(Si)는 강도와 주조성에 주요한 역할을 하는데, Si함량이 10% 미만인 경우 충분한 강화효과와 주조성에 문제가 있을 수 있으며, Si 함량이 12% 초과하는 경우 조대 규소 입자가 형성되어 성형성과 가공성에 문제를 발생시킬 수 있으므로 상기 범위로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0031] 상기 알루미늄 합금에서 상기 첨가원소 이외에 철(Fe), 구리(Cu), 망간(Mn), 마그네슘(Mg), 니켈(Ni), 아연(Zn) 등의 물질이 강도, 신율 피로, 내식성 등 다양한 구조재료로서의 특성 향상 목적을 위해 추가로 포함될 수 있다.
- [0032] 본 발명에 따른 고탄성 알루미늄 합금의 제조방법은 순수 알루미늄 및 Al-5B 모합금을 용해로에 장입하여 1차 용탕을 형성하는 1차 용탕 형성 단계, 상기 1차 용탕에 Al-10Ti 모합금을 장입하여 2차 용탕을 형성하는 2차 용탕 형성 단계, 상기 2차 용탕에 규소(Si) 원소를 장입하여 3차 용탕을 형성하는 3차 용탕 형성 단계, 상기 3차 용탕에 탄소(C)를 첨가하는 4차 용탕 형성 단계 및 상기 4차 용탕을 금형으로 출탕하는 주조단계를 포함한다.
- [0033] 1차 용탕은 순수 알루미늄과 Al-5B 모합금을 용해로에 장입하여 형성된다. 보론(B)을 첨가하는 방법은 분말형태로 투입하는 것도 가능하나, 균일한 TiB<sub>2</sub> 입자가 형성되기 위해서는 Al-5B 모합금의 형태로 투입하는 것이 바람직하다. 1차 용탕은 약 800℃에서 약 30분간 유지시켜 형성한다.
- [0034] 2차 용탕은 상기 1차 용탕에 Al-10Ti 모합금을 장입하여 형성된다. 티타늄(Ti)을 첨가하기 위한 과정으로서 균일하게 석출물을 형성하기 위해 Al-10Ti 모합금의 형태로 투입하는 것이 바람직하다. 2차 용탕은 약 800℃에서 20분간 유지 한다.
- [0035] 3차 용탕은 상기 2차 용탕에 규소(Si) 원소를 장입하여 형성한다. Si를 장입한 이후에 약 1000℃로 상승시킨 후 약 30분간 유지한다.
- [0036] 4차 용탕은 상기 3차 용탕에 탄소(C)를 첨가하여 형성한다. 이 때 첨가되는 탄소에 의한 합금 내부에 탄화물이 형성된다. 특히 TiC의 형성에 의해 알루미늄 합금 내에 Al<sub>3</sub>Ti 분율이 줄어들어 알루미늄 합금의 신율이 향상되게 된다. 이때 첨가되는 양은 중량% 0.3~0.5%가 바람직하다. 탄소를 첨가한 후에 약 1000℃에서 10분간 유지한다.
- [0037] 상기 4차 용탕을 금형 내로 출탕하게 원하는 형상으로 주조하게 된다.

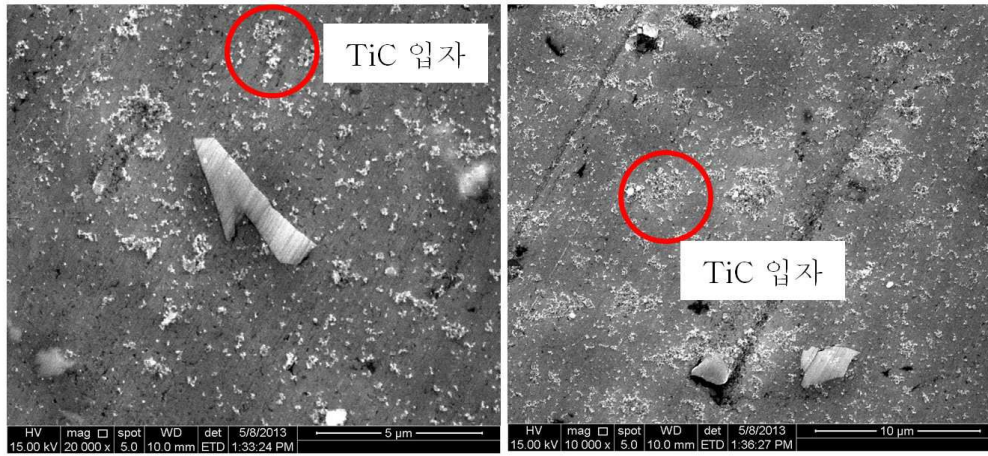
- [0038] 도3은 종래의 ADC12-5Ti-1B 합금과 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 인장강도 및 항복강도를 나타낸 그래프이다. 각각 신율을 측정된 결과 ADC12-5Ti-1B의 경우 신율이 0.5%를 나타낸 반면에 ADC12-5Ti-1B-0.3C는 0.8%, ADC12-5Ti-1B-0.5C는 0.7% 신율이 향상된 반면에 인장강도와 항복강도는 저하 없이 유지 되었음을 알 수 있다.
- [0039] 도4는 본 발명의 일 실시예에 따른 고탄성 알루미늄 합금의 Ti, C 함량 변화에 따른 상 분율의 변화를 나타낸 그래프이다. TiC 및 SiC 생성량 및 생성 온도는 Ti 및 C의 함량에 따라 변화한다. Ti 함량이 증가할수록 TiC 생성 온도가 저감되나 생성량은 약 1.5중량%로 동이하며, Ti 함량이 감소할수록 Ti가 TiB<sub>2</sub> 생성에 소모되어 TiC 생성이 어려워지며, 투입된 C는 SiC 입자를 생성하게 된다. C함량이 증가할수록 TiC 생성량은 증가되나, 신율 저감에 기여하는 SiC 생성량도 동시에 증가되어 C의 함량은 0.5% 미만이 적합하다.
- [0040] 도5는 본 발명의 일 실시예에 따른 고탄성 알루미늄 합금의 Ti, C 함량 변화에 따른 상 분율의 변화를 나타낸 그래프이다. 도4와 비교하면, Si 함량의 변화는 TiC 보다는 SiC 생성량에 큰 영향을 주며, Si 함량 감소시 TiC 생성량은 Ti 함량 변화와 큰 차이가 없으나, SiC 생성량이 감소함을 확인 할 수 있다.
- [0041] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0042] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변경된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

**도면**

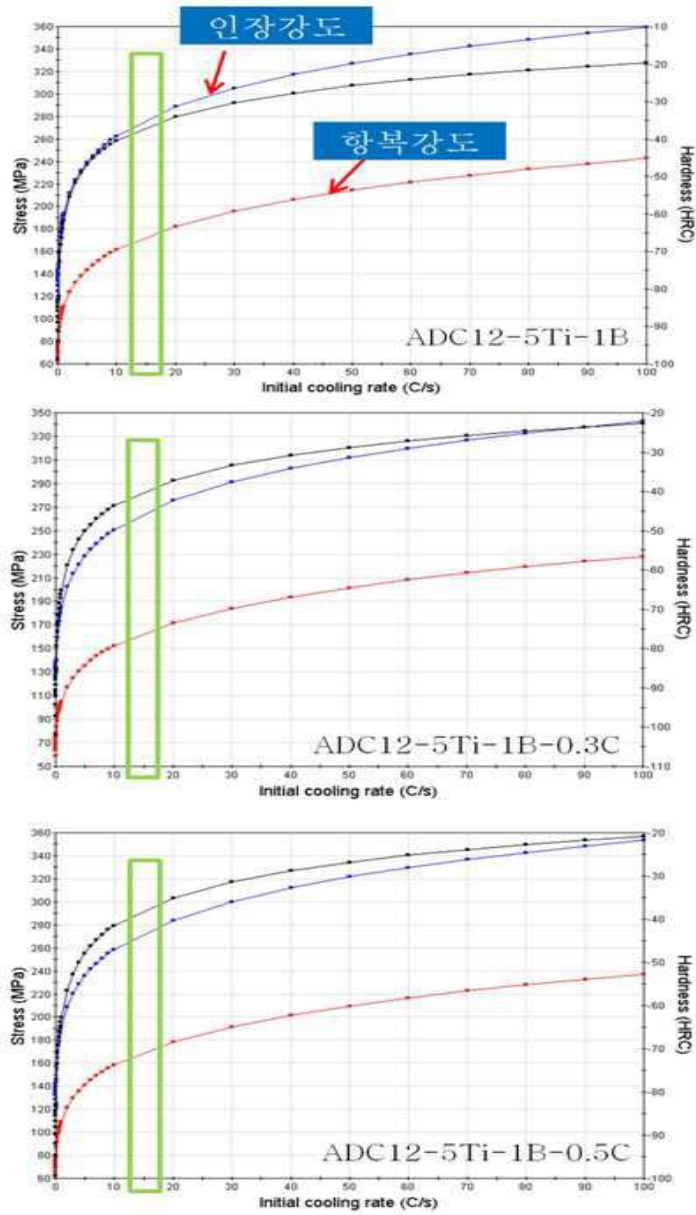
**도면1**



도면2

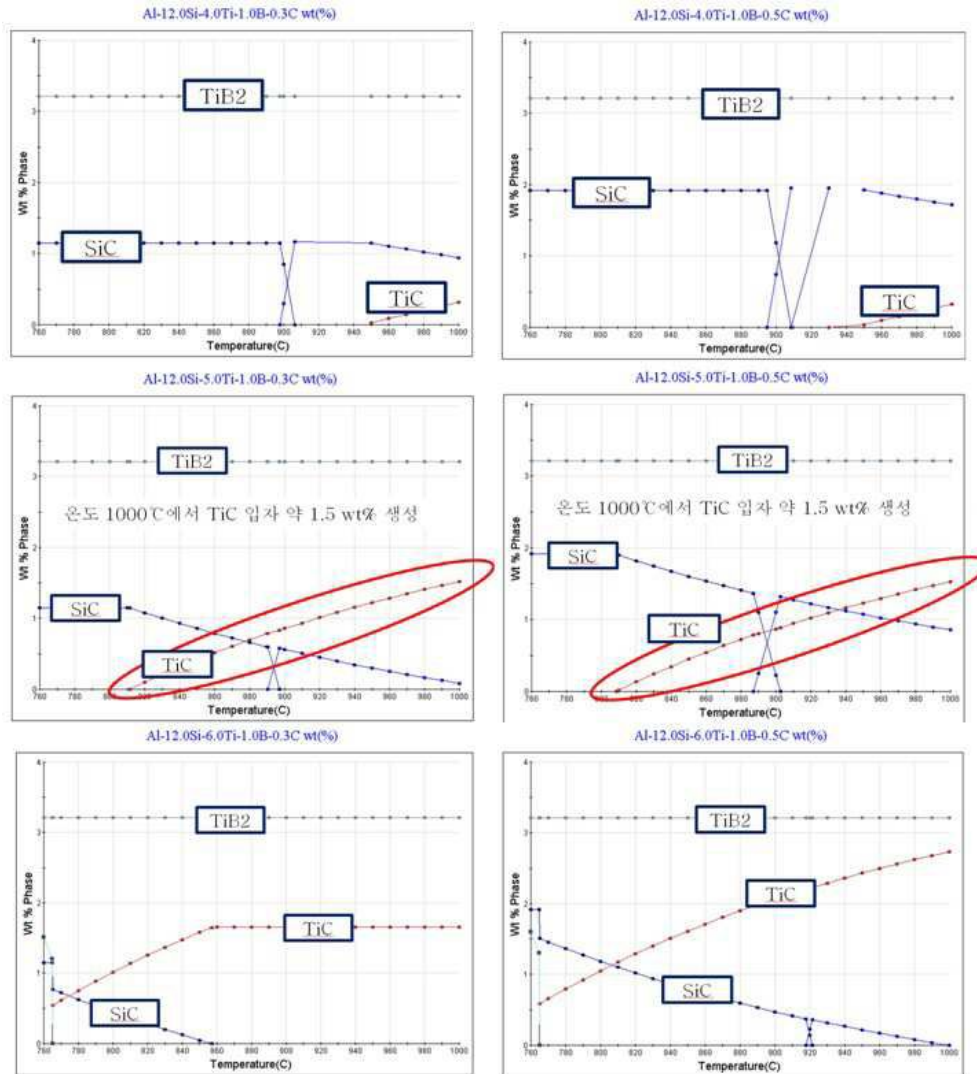


도면3





도면4



도면5

