(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0101744
(43) 공개일자 2015년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22F 1/04 (2006.01) *C22C 21/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0023399
(22) 출원일자 2014년02월27일
심사청구일자 2014년02월27일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
김정석
광주 동구 필문대로 309, 공대2공학관 3227호 (서석동, 조선대학교)
(74) 대리인
신용현

전체 청구항 수 : 총 12 항

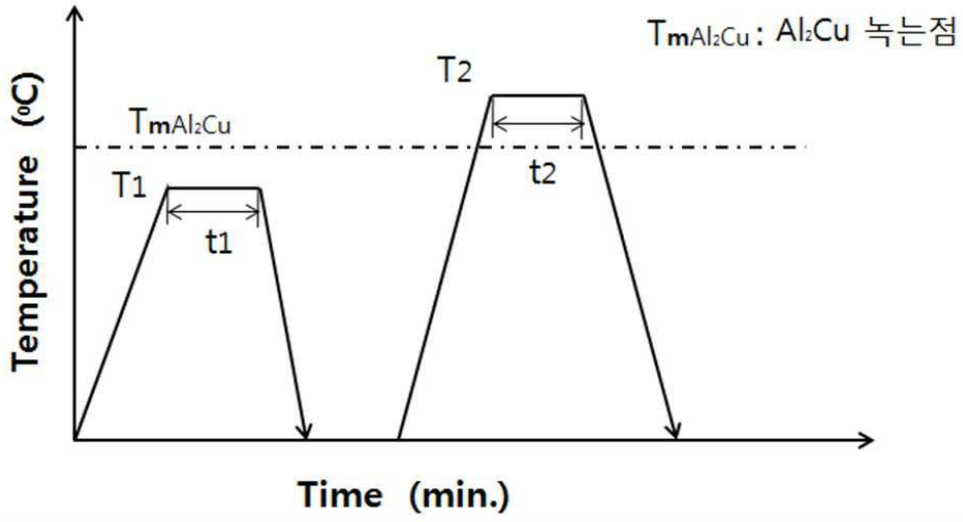
(54) 발명의 명칭 **알루미늄 합금의 2단 열처리 방법**

(57) 요 약

본 발명은 기존의 319 계열의 알루미늄 합금에 포함되는 합금 원소의 함량을 조절하고 새로운 2단계의 열처리 과정을 적용함으로써, 강도 및 연성 면에서 향상된 기계적 특성을 나타낼 수 있도록 해주는 알루미늄 합금의 열처리 방법을 제공하는데 그 주된 목적이 있다.

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 열처리 방법은, 알루미늄(Al)을 주성분으로 하고, 규소(Si): 5.5 ~ 6.5 중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0 중량% 를 포함하는 알루미늄 합금을 480 ~ 500℃ 에서 1차 열처리를 하는 단계; 상기 1차 열처리된 알루미늄 합금을 상온으로 급냉하는 단계; 상기 급냉한 알루미늄 합금을 525 ~ 535℃ 에서 2차 열처리를 하는 단계; 및 상기 2차 열처리된 알루미늄 합금을 상온으로 급냉하는 단계;를 포함한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 LINC-2012-21
부처명 교육과학기술부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 산학협력 선도대학 육성사업 기술개발과제
연구과제명 차세대 자동차 엔진마운팅 브래킷용 고강도 알루미늄합금 개발
기 여 율 1/1
주관기관 조선대학교산학협력단
연구기간 2013.04.01 ~ 2014.01.31

특허청구의 범위

청구항 1

알루미늄(Al)을 주성분으로 하고, 규소(Si): 5.5 ~ 6.5 중량%, 구리(Cu): 1.5 ~ 3.0 중량% 를 포함하는 알루미늄 합금을 480 ~ 500℃ 에서 1차 열처리를 하는 단계;

상기 1차 열처리된 알루미늄 합금을 상온으로 급냉하는 단계;

상기 급냉한 알루미늄 합금을 525 ~ 535℃ 에서 2차 열처리를 하는 단계; 및

상기 2차 열처리된 알루미늄 합금을 상온으로 급냉하는 단계;를 포함하는 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 1차 열처리 단계는 2 ~ 5시간 동안 이루어지는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 1차 열처리 단계 후에 이루어지는 급냉은 0.8 ~ 1.5 ℃/s의 냉각속도로 이루어지는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 2차 열처리 단계는 2 ~ 5시간 동안 이루어지는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 2차 열처리 단계 후에 이루어지는 급냉은 0.8 ~ 1.5 ℃/s의 냉각속도로 이루어지는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법.

청구항 6

알루미늄(Al)을 주성분으로 하고, 규소(Si): 5.5 ~ 6.5 중량%, 구리(Cu): 1.5 ~ 3.0 중량%, 철(Fe): 1.2 중량% 이하(0은 불포함), 망간(Mn): 0.5 중량% 이하(0은 불포함), 마그네슘(Mg): 0.15 중량% 이하(0은 불포함), 아연(Zn): 1.2 중량% 이하(0은 불포함) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 알루미늄 합금을 480 ~ 500℃ 에서 1차 열처리를 하는 단계;

상기 1차 열처리된 알루미늄 합금을 상온으로 급냉하는 단계;

상기 급냉한 알루미늄 합금을 525 ~ 535℃ 에서 2차 열처리를 하는 단계; 및

상기 2차 열처리된 알루미늄 합금을 상온으로 급냉하는 단계;를 포함하는 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 1차 열처리 단계는 2 ~ 5시간 동안 이루어지는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 1차 열처리 단계 후에 이루어지는 급냉은 0.8 ~ 1.5 ℃/s의 냉각속도로 이루어지는 것을 특징으로 하는 알

루미늄 합금의 2단 열처리 방법.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 2차 열처리 단계는 2 ~ 5시간 동안 이루어지는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법.

청구항 10

청구항 6에 있어서,

상기 2차 열처리 단계 후에 이루어지는 급냉은 0.8 ~ 1.5 ℃/s의 냉각속도로 이루어지는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법.

청구항 11

청구항 1에 의한 열처리 방법에 의해 제조된 알루미늄 합금으로서, 조직 내에 공정 규소(Eutectic Si) 상의 구상화 비율이 40% 이상인 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금.

청구항 12

청구항 6에 의한 열처리 방법에 의해 제조된 알루미늄 합금으로서, 조직 내에 공정 규소 상(Eutectic Si phase)의 구상화 비율이 40% 이상인 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 알루미늄-규소-구리 합금에 있어서 2단 열처리를 통해 강도와 연성을 동시에 향상시키는 열처리 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 오늘날 수송기기 산업을 둘러싼 환경변화는 지구의 공해방지 관련법 및 수요자의 다양한 요구에 부응하고 세계 수출 시장에서의 경쟁력 확보가 관건이 되고 있다. 특히 자동차 산업에서는 에너지 절약 및 공해방지책으로 연비절감 방안에 자동차 메이커뿐만 아니라 소재 업체에서도 관심을 집중시키고 있다. 연비를 개선하는 방안으로는 엔진의 효율 향상, 주행 저항 감소, 차체 경량화 방안 등을 들 수 있으나, 이중에서도 가장 효과적인 방법은 차체 경량화이며 이를 통해 연비 향상의 효과를 달성할 수 있다.

[0003] 이와 같은 이유로 선진국에서는 자동차에서 종래의 철강재를 가볍우면서도 강도가 높은 알루미늄 합금으로 대체하고자 하는 연구가 많이 이루어졌고, 그 결과 현재 다양한 종류의 알루미늄 부품이 사용되고 있다. 그러나, 아직도 철강제를 알루미늄 합금으로 대체하는 데에는 재료 자체의 낮은 강도와 인성 그리고 진동감쇠능 등의 많은 기계적 특성의 한계가 문제가 되고 있다. 따라서, 근본적인 문제 해결을 위해서 기존의 기계적 특성을 개선시킨 고강도 알루미늄 합금 공정기술이 요구된다.

[0004] 알루미늄 강재에 투입되는 합금 원소의 함량을 조절하는 것과 더불어 알루미늄 합금의 기계적 특성을 제어하는 가장 중요한 기술 중 하나가 주조된 알루미늄 합금을 열처리하는 방법을 변화시키는 것이다.

[0005] 319 계열의 알루미늄-구리 합금은 구리 함량이 높은 공정 조직의 특성을 제어하기 위해 스트론튬(Sr)을 18 중량% 정도 투입한 후 495℃ 온도에서 8시간 동안 용체화 처리하는 1단계 열처리 방법이 전통적으로 사용되어 왔다. 그러나, 이 1단계 열처리 방법은 구리 함량이 높은 석출물이 충분히 용해되지 못할 뿐만 아니라 공정 규소 상(Eutectic Si phase)의 형태도 충분히 구상화되지 못해 최적의 기계적 특성을 가지지 못하는 문제점이 있었다.

[0006] 이러한 열처리 문제점을 해결하기 위하여 다단계의 열처리 방법이 사용되기도 하였다. 이 다단계 열처리 방법은 1단계로 스트론튬이 18 중량% 포함된 알루미늄-구리 합금을 495℃에서 2시간 동안 용체화 처리하고, 2단계로 515℃에서 4시간 동안 용체화 처리를 한다. 3단계로 석출 경화 효과를 얻기 위하여 74℃까지 수냉시킨 알루미늄 합금을 다시 250℃로 가열한 후 3시간 동안 시효 처리를 한다. 이 때, 스트론튬은 공정 반응 온도를 높여주는 효과를 나타내고, 그 결과 3단계 열처리 방법은 종래의 1단계 열처리보다 충격 인성치가 향상되는 등 주조용 알

루미늄 합금에 적합한 향상된 기계적 특성을 나타낸다.

[0007] 그러나, 이 다단계 열처리 방법은 상술한 바와 같이 1,2 단계 용체화 처리 -> 수냉 -> 3단계 시효 처리와 같은 복잡한 열처리 공정을 거쳐야 하는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 개발된 방법으로서, 기존의 319 계열의 알루미늄 합금에 포함되는 합금 원소의 함량을 조절하고 새로운 2단계의 열처리 과정을 적용함으로써, 강도 및 연성 면에서 향상된 기계적 특성을 나타낼 수 있도록 해주는 알루미늄 합금의 열처리 방법을 제공하는데 그 주된 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 열처리 방법은, 알루미늄(Al)을 주성분으로 하고, 규소(Si): 5.5 ~ 6.5 중량%, 구리(Cu): 1.5 ~ 3.0 중량% 를 포함하는 알루미늄 합금을 480 ~ 500℃ 에서 1차 열처리를 하는 단계; 상기 1차 열처리된 알루미늄 합금을 상온으로 급냉하는 단계; 상기 급냉한 알루미늄 합금을 525 ~ 535℃ 에서 2차 열처리를 하는 단계; 및 상기 2차 열처리된 알루미늄 합금을 상온으로 급냉하는 단계;를 포함한다.

[0010] 또한, 상기 1차 열처리 단계는 2 ~ 5시간 동안 이루어지고, 상기 1차 열처리 단계 후에 시행되는 급냉 공정은 0.8 ~ 1.5 ℃/s의 냉각속도로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0011] 또한, 상기 2차 열처리 단계는 2 ~ 5시간 동안 이루어지고, 상기 2차 열처리 단계 후에 시행되는 급냉 공정은 0.8 ~ 1.5 ℃/s의 냉각속도로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0012] 한편, 본 발명에 따른 또 다른 실시예의 열처리 방법은, 알루미늄(Al)을 주성분으로 하고, 규소(Si): 5.5 ~ 6.5 중량%, 구리(Cu): 1.5 ~ 3.0 중량%, 철(Fe): 1.2 중량% 이하(0은 불포함), 망간(Mn): 0.5 중량% 이하(0은 불포함), 마그네슘(Mg): 0.15 중량% 이하(0은 불포함), 아연(Zn): 1.2 중량% 이하(0은 불포함) 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 알루미늄 합금을 480 ~ 500℃ 에서 1차 열처리를 하는 단계; 상기 1차 열처리된 알루미늄 합금을 상온으로 급냉하는 단계; 상기 급냉한 알루미늄 합금을 525 ~ 535℃ 에서 2차 열처리를 하는 단계; 및 상기 2차 열처리된 알루미늄 합금을 상온으로 급냉하는 단계;를 포함한다.

[0013] 또한, 상기 1차 열처리 단계는 2 ~ 5시간 동안 이루어지고, 상기 1차 열처리 단계 후에 시행되는 급냉 공정은 0.8 ~ 1.5 ℃/s의 냉각속도로 이루어진다.

[0014] 또한, 상기 2차 열처리 단계는 2 ~ 5시간 동안 이루어지고, 상기 2차 열처리 단계 후에 시행되는 급냉 공정은 0.8 ~ 1.5 ℃/s의 냉각속도로 이루어진다.

[0015] 한편, 본 발명의 상기 2단 열처리 방법에 의해 제조된 알루미늄 합금은 조직 내에 공정 규소 상(Eutectic Si phase)의 구상화 비율이 40% 이상인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0016] 이와 같이 구성된 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법에 따르면, 스트론튬과 같은 합금 원소를 추가함이 없이 주조용 알루미늄 합금의 기계적 특성을 향상시킬 수 있다.

[0017] 특히, 본 발명에 따른 기계적 강도와 연성이 동시에 향상된 알루미늄 합금은 기존의 자동차 부품으로 사용됨에 있어서 차량의 구조적인 설계디자인을 변경하거나 보강재를 사용함이 없이 자동차의 엔진 마운트 브라켓용 알루미늄 합금으로 적합하게 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 열처리 방법을 나타낸 도면.

도 2는 본 발명에 따른 실시예와 비교예의 경도 실험 결과를 나타낸 그래프.

도 3은 본 발명에 따른 실시예와 비교예의 인장강도 실험 결과를 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하에서 첨부된 도면을 참조로 본 발명에 따른 바람직한 일 실시예를 보다 상세히 설명한다.

[0020] 본 발명은 앞서 설명한 다단계 열처리 방법의 문제점을 해결하기 위하여 개발된 것으로서, 크게 합금 원소의 함량 제어와 열처리 공정의 제어로 구성된다.

[0021] 먼저, 합금 원소의 함량 제어 측면을 설명한다. 종래의 다단계 열처리 방법은 319 계열의 알루미늄 합금 조성에 공정 반응 온도를 제어하는 합금 원소로서 스트론튬을 다량으로 포함시킨 강종을 사용하였다. 본 발명자는 주조용 알루미늄-구리 합금에 있어서 조대한 석출물인 Θ-Al_2Cu 상과 취성이 강한 공정 규소 상(Eutectic Si Phase)을 제어하는 것이 알루미늄 합금의 기계적 특성을 향상시키는데 가장 중요하다는 점에 주목하였다.

[0022] 상기 Θ-Al_2Cu 상의 생성을 최대한 억제하기 위하여 주요 합금 원소 중 하나인 구리의 함량을 통상의 319 계열의 알루미늄-구리 합금의 경우보다 더 적게 포함되도록 하였다. 나아가, 종래의 다단계 열처리 방법에서 구리 함량이 높은 쪽의 공정 반응 온도(Characteristic temperature of Eutectic reaction)을 제어하기 위해 다량으로 함유되었던 스트론튬을 사용하지 않음으로써, 불필요한 석출물의 생성을 방지하고 알루미늄 합금의 제조 원가를 낮추어 생산성을 향상시켰다.

[0023] 다음으로, 주조 후 열처리 공정은 본 발명의 가장 중요한 기술적 특징 중 하나로서 Θ-Al_2Cu 상의 녹는 점을 전후로 2단계 고용화 열처리를 함으로써 Θ-Al_2Cu 상이 모상인 알루미늄 조직 내에 충분히 용해됨과 동시에 Θ-Al_2Cu 상의 급격한 용해에 따른 조직 내 기공 발생도 억제함으로써 고용 강화 효과와 및 치밀한 미세조직을 얻을 수 있도록 한 것이다.

[0024] 또한, 종래의 다단계 열처리보다 상대적으로 높은 온도에서의 2단계 열처리를 통해 확산에 필요한 충분한 열 에너지를 공급함으로써 취성이 강한 공정 규소 상의 구상화 분율을 높여준다. 구상화된 공정 규소 상은 알루미늄 합금의 강성을 높여준다.

[0025] 상술한 본 발명의 기술적 구성이 적용될 알루미늄 합금은, 알루미늄(Al)을 주성분으로 하고, 규소(Si): 5.5 ~ 6.5 중량%, 구리(Cu): 1.5 ~ 3.0 중량%, 철(Fe): 1.2 중량% 이하(0은 불포함), 망간(Mn): 0.5 중량% 이하(0은 불포함), 마그네슘(Mg): 0.15 중량% 이하(0은 불포함), 아연(Zn): 1.2 중량% 이하(0은 불포함) 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다. 여기서, 중요한 합금 원소는 Θ-Al_2Cu 상을 형성하는 구리(Cu)와 취성이 강한 공정 규소 상(Eutectic Si Phase)을 형성하는 규소(Si)이다.

[0026] 규소(Si): 5.5 ~ 6.5 중량%

[0027] 규소는 알루미늄 합금의 주조성을 제어하는 중요한 합금 원소이다. 따라서, 규소가 5.5 중량% 미만이면 복잡한 형상의 자동차 부품을 주조하기 어렵고, 6.5 중량%를 초과하면 취성이 높은 규소 상이 다량으로 생성되어 연성을 저하시킨다. 이러한 점을 고려하여 본 발명에서는 규소의 함량을 5.5 ~ 6.5 중량%로 제어한다.

[0028] 구리(Cu): 1.5 ~ 3.0 중량%

[0029] 구리는 알루미늄 합금 강재의 주된 강화기구이므로, 구리의 함량이 1.5 중량% 미만이면 자동차 부품 재료로서 요구되는 강도를 얻기 어렵고, 3.0 중량%를 초과하면 주조시에 열간 취성이 발생할 수 있다. 특히, 본 발명에서는 319 계열의 알루미늄-구리 합금에서 통상의 구리 함량인 3.0 ~ 4.0 중량% 보다 적은 함량의 구리를 포함함으로써 조대 석출물인 Θ-Al_2Cu 상을 제어하는데 초점을 두고 있다. 이러한 점을 고려하여 본 발명에서는 구리의 함량을 1.5 ~ 3.0 중량%로 제어한다.

[0030] 철(Fe): 1.2 중량% 이하(0은 불포함)

[0031] 철은 함량 과다시에 취성 화합물이 생성되어 강종의 연성에 악영향을 미치므로 1.2 중량%를 초과하지 않는 범위 내에서 첨가하는 것이 바람직하다.

[0032] 망간(Mn): 0.5 중량% 이하(0은 불포함)

[0033] 망간은 별도의 열처리 없이도 응고 중에 조직 내부에 미세 분산상(dispersion)을 형성하여 강도 증가에 기여하나, 입계 편석 등으로 연신율에 악영향을 미치므로 0.5 중량%를 초과하지 않은 범위에서 첨가하는 것이 바람직하다.

[0034] 마그네슘(Mg): 0.15 중량% 이하(0은 불포함)

[0035] 마그네슘은 강도 증가에 기여하는 합금 원소이나 함량 과다시에 주물에 산화물 형성이 많아 주조 품질의 영향과 열처리에 의해 연신율을 저하가 발생하므로 0.15 중량%를 초과하지 않는 범위 내에서 첨가하는 것이 바람직하다.

[0036]

[0037] 아연(Zn): 1.2 중량% 이하(0은 불포함)

[0038] 아연은 함량이 과다한 경우 열전도 및 내식성이 감소하게 되므로 0.1 중량%를 초과하지 않는 범위 내에서 첨가하는 것이 바람직하다.

[0039] 도 1은 상기한 합금 조성을 갖는 알루미늄-규소-구리 합금 강재에 대한 본 발명의 열처리 공정을 나타낸다.

[0040] 본 발명에 따른 2단 열처리 공정은 θ-Al_2Cu 상의 녹는점(520℃)를 전후로 2차례에 걸쳐 고용화 열처리가 이루어진다. 이는 θ-Al_2Cu 상의 용해도를 증가시켜 고용 강화 효과를 높이는 한편, θ-Al_2Cu 상의 급격한 용해를 방지하여 미세 조직 내에 기공 등의 결함이 발생하는 것을 방지하기 위함이다.

[0041] 먼저, 상술한 합금 조성을 갖는 알루미늄 합금을 480 ~ 500℃ 에서 1차 열처리한다. 1차 열처리 단계에서 미세 조직 내에 많은 불순물 원소들이 기지 금속 내로 재고용됨으로써 고용강화 효과에 기여한다. 또한, θ-Al_2Cu 상은 비록 녹는점 온도 이하에서의 열처리이지만 입자의 조대화가 이루어지고 입자의 확산성이 증가하면서 상간 입계면의 경계가 약해진다. 이러한 변화가 후속하는 2차 열처리 동안에 θ-Al_2Cu 상이 기지 조직 내에 특별한 조직 결함을 남기지 아니하고 용해되는데 기여하는 것으로 판단된다.

[0042] 1차 열처리 온도가 480℃ 미만이 되면, 상기한 θ-Al_2Cu 상의 변화를 가져오는데 충분한 열 에너지를 공급하지 못하고, 1차 열처리 온도가 500℃를 초과하면 θ-Al_2Cu 상의 녹는점인 520℃에 근접하여 급격한 θ-Al_2Cu 상 용해가 시작되어 기공과 같은 조직 결함이 발생하기 시작한다. 이러한 점을 고려하여 1차 열처리 온도는 480 ~ 500℃로 제어하는 것이 바람직하다.

[0043] 또한, 상기 1차 열처리 단계는 2 ~ 5 시간 동안 이루어지는 것이 바람직하다. 1차 열처리 시간이 2시간 미만이 되면, θ-Al_2Cu 상의 조직 변화가 충분히 이루어지지 못하여 후속하는 2차 열처리 과정에서 급격한 θ-Al_2Cu 상의 용해가 이루어진다. 반면에 1차 열처리 시간이 5시간을 초과하면 θ-Al_2Cu 상의 조대화가 너무 진행되어 강도를 저하시키게 된다.

[0044] 1차 열처리가 완료된 알루미늄 합금은 수냉을 통해 상온으로 냉각시킨다. 이 때 수냉과 같이 급냉을 시키는 이유는 1차 열처리 과정에서 일어난 조직 변화를 보존된 상태에서 2차 열처리를 할 수 있도록 하기 위함이다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 상기 급냉 공정은 0.8 ~ 1.5 ℃/s의 냉각속도로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0045] 다음으로, 상기 급냉한 알루미늄 합금을 525 ~ 535℃ 에서 2차 열처리를 한다. 이 2차 열처리는 θ-Al_2Cu 상의 녹는점인 520℃ 이상에서 이루어지며, 이를 통해 θ-Al_2Cu 상을 기지 금속 내에 용해시켜 고용 강화 효과를 얻는다.

[0046] 통상 Θ-Al_2Cu 상이 석출된 알루미늄 합금을 곧바로 520℃ 이상으로 가열하여 열처리하면 Θ-Al_2Cu 상이 조대화와 용해가 동시에 급격하게 진행되면서 Θ-Al_2Cu 상이 존재하는 위치에 기공과 같은 조직 결함이 남게 된다. 이 조직 결함은 알루미늄 합금의 강도와 연성을 동시에 저하시키는 원인으로 지적되어 왔다. 본 발명은 이러한 종래의 열처리 상의 문제점을 Θ-Al_2Cu 상의 녹는점 전후에서의 2단계 열처리 방법을 통해 해결한 것이다. 즉, 본 발명에서의 2차 열처리 과정에서는 Θ-Al_2Cu 상이 기지 금속 내에 완전히 용해되면서 기공과 같은 조직 결함이 크게 감소하였다.

[0047] 또한, 본 발명의 2차 열처리는 종래의 열처리 방법보다 상대적으로 높은 온도 범위에서 이루어지며, 이 과정에서 취성이 높은 공정 규소 상(Eutectic Si phase)의 입계면에서 확산이 증가하여 입자가 구상화된다. 이와 같이 구상화된 공정 규소 상은 조직의 강성 증가에 기여하게 된다.

[0048] 2차 열처리 온도가 525℃ 미만이 되면, 상기한 Θ-Al_2Cu 상의 용해 속도가 저하되어 원하는 고용 강화 효과를 얻을 수 없을 뿐만 아니라, 공정 규소 상의 구상화 효과도 충분히 얻어지지 않는다. 반면에 2차 열처리 온도가 535℃를 초과하면 Θ-Al_2Cu 상의 급격한 용해로 인해 기공과 같은 미세 조직 결함이 증가하게 된다. 이러한 점을 고려할 때 본 발명에 따른 2차 열처리 온도는 525 ~ 535℃로 제어하는 것이 바람직하다.

[0049] 또한, 상기 2차 열처리 단계는 2 ~ 5 시간 동안 이루어지는 것이 바람직하다. 2차 열처리 시간이 2시간 미만이 되면, Θ-Al_2Cu 상의 용해가 충분히 이루어지지 못하고, 반면에 2차 열처리 시간이 5시간을 초과하면 Θ-Al_2Cu 상의 용해 이외에도 조직의 연화가 진행되어 강도를 저하시킨다.

[0050] 2차 열처리가 완료된 알루미늄 합금은 수냉을 통해 상온으로 냉각시킨다. 이 때 수냉과 같이 급냉을 시키는 이유는 2차 열처리 과정에서 일어난 조직 변화를 보존하여 Θ-Al_2Cu 상의 용해에 따른 고용 강화 및 공정 규소 상의 구상화에 따른 연성 증가 효과를 유지하기 위함이다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 상기 급냉 공정은 0.8 ~ 1.5 ℃/s의 냉각속도로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0051] (실시예)

[0052] 상술한 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 2단 열처리 방법의 효과를 알아보기 위해 다음과 같은 실험을 실시하였다.

[0053] 알루미늄 합금의 열처리 전과 후의 미세조직과 기계적 특성을 평가하기 위하여 잉곳(ingot, 670mm X 100mm X 40mm) 으로 중력주조 하였고, 합금의 조성은 유도결합 플라즈마 질량 분석기(ICP-MS, Perkin Elmer사 OPTIMA 4300 DV)를 사용하여 분석하였고 결과는 아래 표 1과 같다.

표 1

[0054]

합금원소	Si	Cu	Fe	Mn	Mg	Zn	Al
함량(중량%)	6.01	2.09	1.03	0.19	0.12	0.3	Bal.

[0055] 표 1과 같은 합금 조성을 갖는 알루미늄 합금을 이용하여 여러 가지 형태의 열처리를 실시하였는 바, 그 내용을 정리하면 아래 표 2와 같다.

표 2

[0056]

	1차 열처리			2차 열처리		
	온도(℃)	시간(h)	냉각속도(℃/s)	온도(℃)	시간(h)	냉각속도(℃/s)
비교예1	-	-	-	-	-	-
비교예2	485	2	수냉(0.22)	-	-	수냉(0.22)
비교예3	485	2	수냉(0.22)	515	4	수냉(0.22)

발명예1	485	2	수냉(0.22)	525	4	수냉(0.22)
비교예4	495	2	수냉(0.22)	-	-	수냉(0.22)
비교예5	495	2	수냉(0.22)	515	4	수냉(0.22)
발명예2	495	2	수냉(0.22)	525	4	수냉(0.22)

[0057] 표 2에서 보는 바와 같이, 비교예 1은 주조가 완료된 알루미늄 합금(As-Cast)으로서 아무런 열처리를 하지 않은 것이고, 비교예 2와 비교예 4는 2차 열처리를 하지 않은 것이며, 비교예 3과 비교예 5는 2차 열처리 온도 범위가 본 발명보다 낮은 것이다. 발명예 1 및 2는 앞서 설명한 본 발명에 따른 2단 열처리 공정에 따라 실시된 것이다.

[0058] 아래 표 3은 고용화 처리 공정 규소 상의 면적과 구상화 정도를 측정한 것이다.

표 3

[0059]

	비교예1	비교예2	비교예3	발명예1	비교예4	비교예5	발명예2
면적 (Mean area, μm^2)	47.1	31.4	29.6	26.1	31.7	25.8	20.6
구상화 분율(%)	0.16	0.27	0.39	0.40	0.32	0.37	0.44

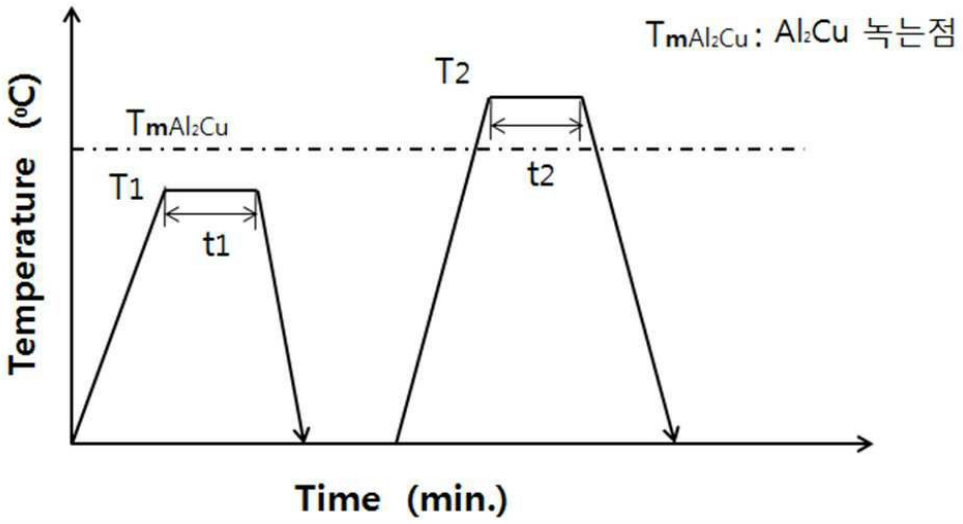
[0060] 위 표 3에서 보듯이 발명예1, 2의 알루미늄 합금은 취성이 높은 공정 규소 상의 비율이 크게 감소하였을 뿐만 아니라, 구상화 비율도 최소 40% 이상으로 높아졌다. 이러한 40% 이상의 높은 구상화 비율은 알루미늄 합금의 강성 증가에 크게 기여하게 된다.

[0061] 마지막으로, 도 2는 각각의 고용화 열처리 조건에 따른 미소 경도의 변화를 나타낸 것이고, 도 3은 인장시험 결과를 나타내었다. 고용화처리 후 경도는 각각의 1단 혹은 2단 고용화 조건에 무관하게 전체적으로 약 30% 증가하였다. 인장시험 결과 인장 및 항복 강도는 2단 고용화 처리 후 33%, 30% 각각 증가하였다. 또한, 연신율은 최대 42% 이상 증가하였다. 특히, 합금의 기계적 특성은 495℃에서 2시간의 고용화 처리 후에 525℃에서 4시간의 고용화 처리를 한 발명예2에서 인장강도, 항복강도 그리고 연신율이 각각 43%, 28%, 42% 증가하여 실험 합금 중에서 가장 최적의 기계적 특성을 나타내었다.

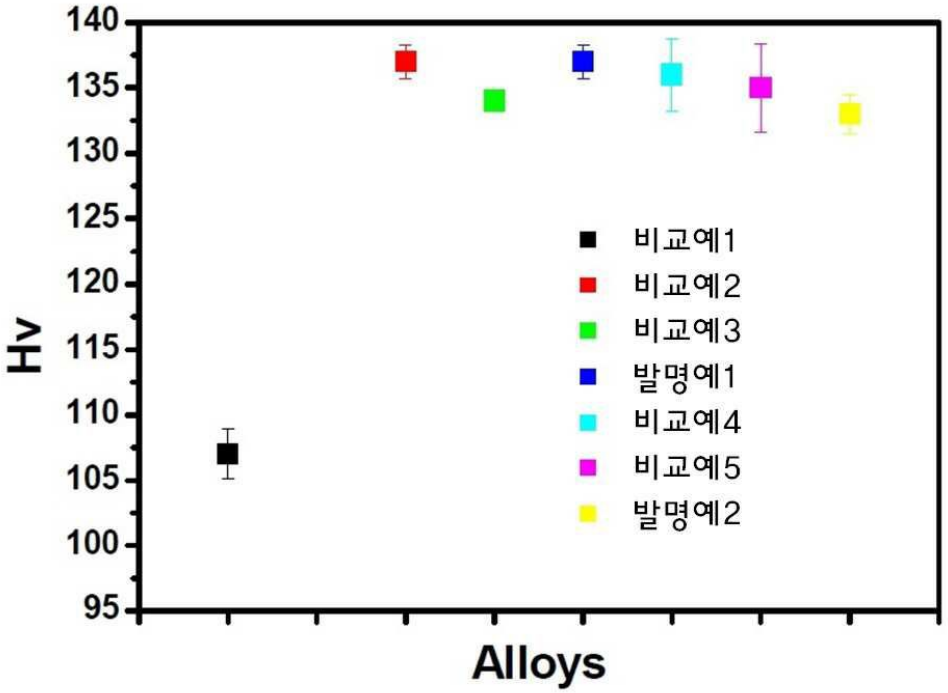
[0062] 이상 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

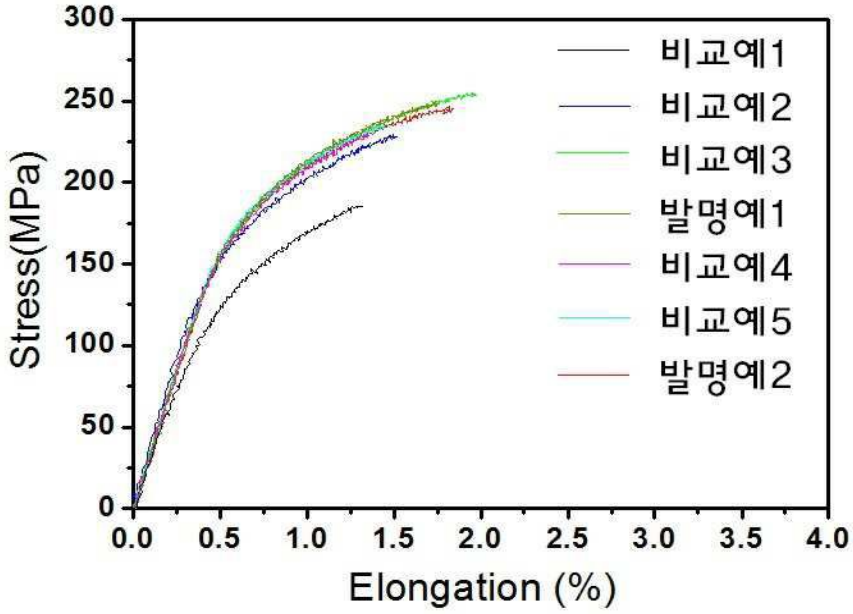
도면1


TmAl2Cu : Al2Cu 녹는점
T2
TmAl2Cu
T1
t2
t1
Temperature (°C)
Time (min.)

도면2


140
135
130
125
120
115
110
105
100
95
Hv
Alloys
비교예1
비교예2
비교예3
발명예1
비교예4
비교예5
발명예2

도면3


300
250
200
150
100
50
0
Stress(MPa)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Elongation (%)
비교예1
비교예2
비교예3
발명예1
비교예4
비교예5
발명예2