



등록특허 10-2623552



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년01월11일  
(11) 등록번호 10-2623552  
(24) 등록일자 2024년01월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C22C 21/02* (2006.01) *C22F 1/043* (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
*C22C 21/02* (2013.01)  
*C22F 1/043* (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0154543  
(22) 출원일자 2019년11월27일  
심사청구일자 2021년11월11일  
(65) 공개번호 10-2021-0065598  
(43) 공개일자 2021년06월04일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP11286758 A\*  
JP2017508065 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
동양파스톤 주식회사  
경기도 안산시 단원구 해봉로255번길 16 (신길동)  
(72) 발명자  
양준규  
서울특별시 강남구 언주로30길 57, E동 2606호  
류관호  
경기도 안산시 상록구 감골로 83, 611동 303호  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
이인행, 김남식

전체 청구항 수 : 총 1 항

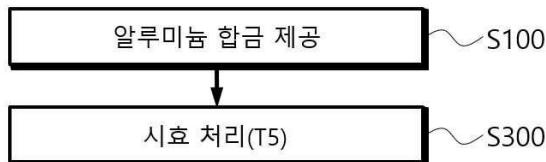
심사관 : 이상훈

(54) 발명의 명칭 수소차량 부품용 알루미늄 합금

**(57) 요 약**

본 발명의 일 실시예에 따른 수소차량 부품용 알루미늄 합금은 실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.10 ~ 0.15중량% 및 나머지 알루미늄(Al)과 기타 불가피한 불순물로 이루어진다.

**대 표 도** - 도1



(72) 발명자

선주현

인천광역시 연수구 새말로 6, 102동 1034호

이정근

경기도 고양시 일산서구 송포로 207, 702동 1204호

윤동춘

경기도 안산시 단원구 광덕2로 32, 1413동 405호

지이철

경기도 안산시 단원구 선부광장로 77, 720호

이) 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R0006472

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술진흥원

연구사업명 수소연료전지차 부품 실용화 산업기반육성

연구과제명 대량 생산형 연료전지 분리판 및 BOS 부품 소형화 개발

기여율 1/1

과제수행기관명 (주)넥스플러스

연구기간 2017.06.01 ~ 2021.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

삭제

#### 청구항 2

알루미늄 합금의 주조 후 용체화 처리를 수행하지 않고 160 ~ 200°C에서 3 ~ 5시간동안 시효 처리를 수행하여 구현된 수소차량 부품용 알루미늄 합금이며,

실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.10 ~ 0.15중량%, 크롬(Cr): 0.14 ~ 0.16중량% 및 나머지 알루미늄(Al)과 기타 불가피한 불순물로 이루어지며,

경도는 100 ~ 110HB이고 인장강도는 260 ~ 290MPa이며,

최종 미세조직은 알루미늄 합금 기지 내에 공정 실리콘의 분율이 10 ~ 15중량%이고 금속간화합물의 분율이 0.5 ~ 5중량%인 것을 특징으로 하는,

수소차량 부품용 알루미늄 합금.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

## 발명의 설명

### 기술분야

[0001] 본 발명은 알루미늄 합금에 관한 것으로, 보다 상세하게는 수소차량 부품용 알루미늄 합금에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 수소차량 부품 중 인클로저를 구현하기 위한 알루미늄 합금 개발이 연구되고 있다. 알루미늄 합금의 경도가 낮아서 볼트 체결시 나사산이 변형되고 마모되는 문제를 해결하기 위하여 용체화 처리 및 시효 처리를 순차적으로 수행하는 T6 열처리를 수행할 수 있다. 그러나 상기 T6 열처리 후 알루미늄 합금이 변형되는 문제가 발생하여 교정 공정이 필수적으로 추가되어야 하므로 공정 비용이 증가하고 생산성이 저하된다.

[0003] 관련 선행기술로는 대한민국 공개특허공보 제KR20100130175A호가 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 공정을 단순화하면서도 기계적 물성을 확보할 수 있는 수소차량 부품용 알루미늄 합금을 제공하는 것이다.

## 과제의 해결 수단

- [0005] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 수소차량 부품용 알루미늄 합금은 실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.10 ~ 0.15중량% 및 나머지 알루미늄(Al)과 기타 불가피한 불순물로 이루어진다.
- [0006] 상기 수소차량 부품용 알루미늄 합금에서, 최종 미세조직은 알루미늄 합금 기지 내에 공정 실리콘의 분율이 10 ~ 15중량%이고 금속간화합물의 분율이 0.5 ~ 5중량%일 수 있다.
- [0007] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 수소차량 부품용 알루미늄 합금은 실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.10 ~ 0.15중량%, 크롬(Cr): 0.14 ~ 0.16중량% 및 나머지 알루미늄(Al)과 기타 불가피한 불순물로 이루어진다.

## 발명의 효과

- [0008] 본 발명의 실시예에 따르면, 공정을 단순화하면서도 경도 등의 기계적 물성을 확보할 수 있는 수소차량 부품용 알루미늄 합금 및 그 제조방법을 구현할 수 있다. 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

## 도면의 간단한 설명

- [0009] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법에서 열처리 공정을 시간과 온도에 따른 그래프로 도해한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 변형된 일 실시예에 따른 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.
- 도 4는 본 발명의 실험예에 따른 시편의 주조성을 비교한 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 실험예에 따른 시편의 주조 결함 수준을 비교한 사진들이다.
- 도 6은 본 발명의 실험예에 따른 시편에 대하여 주조 후 용체화 처리를 생략하고 시효 처리를 수행한 경우 시효 처리 시간에 따른 경도값을 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 실험예에 따른 시편에 대하여 공정 조건에 따른 최대 피크 경도값을 나타낸 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 실험예에 따른 시편에 대하여 공정 조건에 따른 인장강도값을 비교하여 나타낸 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 실험예에 따른 시편에 대하여 공정 조건에 따른 연신율을 비교하여 나타낸 그래프이다.
- 도 10은 본 발명의 실험예에 따른 시편에서 용체화 처리 전후의 변형량을 측정한 위치를 도해하는 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 실험예에 따른 시편에서 용체화 처리 전후의 변형량을 비교한 그래프이다.
- 도 12는 본 발명의 실험예에 따른 시편의 최종 미세조직을 이미지 보정하여 촬영한 사진이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 수소차량 부품용 알루미늄 합금을 상세하게 설명한다. 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 적절하게 선택된 용어들로서, 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

## 수소차량 부품용 알루미늄 합금

- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소차량 부품용 알루미늄 합금은 실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.10 ~ 0.15중량% 및 나머지 알루미늄(Al)과 기타 불가피한 불순물로 이루어진다.

- [0013] 더욱 염격하게는, 본 발명의 일 실시예에 따르는 수소차량 부품용 알루미늄 합금은 실리콘(Si): 8.7 ~ 8.9중량%, 구리(Cu): 1.6 ~ 1.8중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.17 ~ 0.19중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.11 ~ 0.13중량% 및 나머지 알루미늄(Al)과 기타 불가피한 불순물로 이루어질 수 있다. 이 경우, 용체화 처리를 생략하고 시효 처리만 수행한 T5 열처리를 적용한 경우, 현재 양산합금(실험예1) 수준의 경도값을 구현할 수 있으며, 용체화 처리를 수행한 후 시효 처리를 수행한 T6 열처리를 적용한 경우, 현재 양산합금(실험예1) 대비 T4 처리후 변형량을 약 70% 정도 감소시키면서도 경도는 약 50% 증가하고 인장강도는 약 33% 증가할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 다른 실시예에 따른 수소차량 부품용 알루미늄 합금은 실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.10 ~ 0.15중량%, 크롬(Cr): 0.14 ~ 0.16중량% 및 나머지 알루미늄(Al)과 기타 불가피한 불순물로 이루어진다.
- [0015] 더욱 염격하게는, 본 발명의 다른 실시예에 따르는 수소차량 부품용 알루미늄 합금은 실리콘(Si): 8.7 ~ 8.9중량%, 구리(Cu): 1.6 ~ 1.8중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.17 ~ 0.19중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.11 ~ 0.13중량%, 크롬(Cr): 0.14 ~ 0.16중량% 및 나머지 알루미늄(Al)과 기타 불가피한 불순물로 이루어질 수 있다. 이 경우, 용체화 처리를 생략하고 시효 처리만 수행한 T5 열처리를 적용한 경우, 현재 양산합금(실험예1) 수준의 경도값을 구현할 수 있으며, 용체화 처리를 수행한 후 시효 처리를 수행한 T6 열처리를 적용한 경우, 현재 양산합금(실험예1) 대비 T4 처리후 변형량을 약 70% 정도 감소시키면서도 경도는 약 50% 증가하고 인장강도는 약 33% 증가할 수 있다.
- [0016] 이하에서는, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 수소차량 부품용 알루미늄 합금에 포함되는 각 성분의 역할 및 함량에 대하여 설명한다.
- [0017] **실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%**
- [0018] 실리콘(Si)의 함량 증가시 주조 유동성이 좋고, 주조 수축 및 열간 취성(Hot tearing)을 감소시키는 역할을 한다. 또한, 마그네슘(Mg)과 합금시 열처리에 의한  $Mg_2Si$  석출물이 강도 개선 역할을 한다. 반면, 실리콘(Si)의 함량이 부족할 경우 열간 취성(Hot tearing) 민감도가 상승하며 주조 유동성이 현저히 떨어진다. 본 발명에서, 실리콘(Si)의 함량이 8.5중량% 미만인 경우  $Mg_2Si$ 상이 적게 석출되어 열처리에 의한 경화 효과가 불충분하며, 실리콘(Si)의 함량이 9.1중량%를 초과하면 열간 취성 민감도와 주조 유동성은 향상되나, 강도 및 연신율 측면에서 현저히 떨어지는 경향을 보이므로 함량을 제한할 필요가 있다. 따라서 본 발명에서는 열간취성 민감도, 주조 유동성, 강도 및 연신율 측면을 고려하여 실리콘(Si)의 함량을 8.5 ~ 9.1중량%로 제한한다.
- [0019] **구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%**
- [0020] 구리(Cu)는 시효 강화 특성이 있어 강도 및 경도를 증대시키는데 좋다. 이 때, 구리(Cu)가 부족할 경우에는 기계적 성질이 부족하게 되며, 과잉될 경우에는 주조 유동성 저하, 열간 취성(Hot tearing) 민감도가 크다. 특히 구리(Cu)가 3.0중량%를 초과하여 함유되면 내식성이 매우 나빠지며 응력부식균열이 발생할 수 있는 경향이 있으므로 성분을 제한하여야 한다. 따라서, 본 발명에서는 구리(Cu)의 함량을 1.0 ~ 3.0중량%로 제한한다.
- [0021] **마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%**
- [0022] 마그네슘(Mg)은 기계적 성질을 향상시키는 역할을 한다. 즉, 마그네슘(Mg)은 실리콘(Si)과 공존하면 열처리에 의해  $Mg_2Si$ 가 석출됨으로써 강도 향상을 도모하며, Si-Zn 공존시 시효강화 특성을 나타낸다. 또한, 마그네슘(Mg) 단독으로도 고용강화 효과를 발휘하여 강도, 연신율을 증가시키는 특징이 있다. 그러나, 주조시 불순물 발생이 크며 유동성이 저하되는 특성을 가지며, 산소와의 결합력이 강해서 산화물 유입의 원인이 될 수 있으므로 주조시 각별한 주위가 필요하다. 한편, 마그네슘(Mg)의 함량이 부족할 경우에는 기계적 성질이 부족하게 되며, 과잉될 경우에는 주조성, 단조성, 응력부식균열, 열간 취성(Hot tearing) 민감도가 크며 연신율이 저하된다. 따라서, 본 발명에서 기계적 성질의 측면에서 마그네슘(Mg)의 함량을 0.3 ~ 0.5중량%로 제한한다.
- [0023] **철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%**
- [0024] 철(Fe)은 알루미늄의 정련 및 주조 과정에서 혼입되기 쉬운 불순물이며, 함유량이 많아지면 기계적 성질을 저하시킬 수 있다. 알루미늄의 정련 및 주조 과정에서의 혼입이 불가피할 경우, 철(Fe)은 0.14 ~ 0.2중량%인 것이 조절하는 것이 바람직하다. 철(Fe)의 함량이 0.2중량%를 초과하는 경우 침상의 Fe계의 금속간 화합물을 정출시켜 연신율이 저하되므로 철(Fe)의 함량을 0.14 ~ 0.2중량%로 규제하는 것이 바람직하다.

**[0025] 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%**

망간(Mn)은 결정립 미세화와 주조 수축을 방지하는 역할을 한다. 구리(Cu) 및 실리콘(Si)이 함유되었을 때에는 고온 강도 개선에 효과가 있으며 적절한 함량이 포함되었을 때 연신율 증가 효과를 얻을 수 있다. 한편, 망간(Mn)이 부족할 경우에는 연신율이 증대되는 효과를 얻을 수 없으며, 과잉의 경우는 Fe와 공존하여 Al-Mn-Fe 생성하여 강도에 역효과가 있다. 특히, 본 발명에서는 망간(Mn) 함량이 0.4중량% 미만일 경우 인장 강도 및 항복 강도는 상당히 높으나 연신율이 현저히 저하되는 것을 알 수 있어, 본 발명에서는 망간(Mn)의 함량을 0.4 ~ 0.6 중량%로 제한한다.

**[0027] 티타늄(Ti): 0.10 ~ 0.15중량%**

티타늄(Ti)은 알루미늄 합금의 주조 조직을 미세화하는 역할을 하는데, 함량이 많을 경우는 개재물의 석출물이 증가하여 기계적 성질을 저하시킨다. 따라서, 본 발명에서는 티타늄(Ti)의 함유량을 0.10 ~ 0.15중량%로 제한한다.

**[0029] 크롬(Cr): 0.14 ~ 0.16중량%**

크롬(Cr)은 가공시 알루미늄 합금의 재결정을 방해하는 유효한 원소인데, 다량 함유되었을 때는 기지조직(Matrix)의 경화가 증가되어 가공성이 저하되므로, 본 발명에서는 크롬(Cr)의 함량을 0.14 ~ 0.16중량%로 제한한다.

상술한 바와 같은, 합금 원소 조성을 가지는 본 발명의 실시예에 따른 수소차량 부품용 알루미늄 합금은 알루미늄 합금 기지 내에 공정 실리콘의 분율이 10 ~ 15중량%이고 금속간화합물의 분율이 0.5 ~ 5중량%인 최종 미세조직을 가질 수 있다.

[0032] 이하에서는 상술한 합금 원소 조성을 가지는 본 발명의 실시예에 따른 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법을 설명한다.

**[0033] 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법**

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따르는 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다. 도 2는 본 발명의 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법에서 열처리 공정을 시간과 온도에 따른 그래프로 도해한 도면이다.

도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따르는 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법은 실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.10 ~ 0.15중량% 및 나머지 알루미늄(Al)과 기타 불가피한 불순물로 이루어진 알루미늄 합금을 준비하는 단계(S100); 및 상기 알루미늄 합금에 대하여 용체화 처리를 수행하지 않고 160 ~ 200°C에서 3 ~ 5시간동안 수행하는 시효 처리를 수행하는 단계(S300);를 포함한다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 따르는 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법에서는 용체화 처리를 수행하는 단계(S200)를 수행하지 않고 시효 처리를 수행하는 단계(S300)를 바로 수행하는 것을 특징으로 한다. 상기 단계(S300)를 수행한 후의 경도는 100 ~ 110HB이고 인장강도는 260 ~ 290MPa일 수 있다.

[0037] 도 3은 본 발명의 변형된 일 실시예에 따르는 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.

도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 변형된 일 실시예에 따르는 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법은 실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.10 ~ 0.15중량% 및 나머지 알루미늄(Al)과 기타 불가피한 불순물로 이루어진 알루미늄 합금을 준비하는 단계(S100); 상기 알루미늄 합금에 대하여 500 ~ 560°C에서 7 ~ 9시간동안 수행하는 용체화 처리를 수행하는 단계(S200); 및 상기 용체화 처리를 수행한 후에 상기 알루미늄 합금에 대하여 160 ~ 200°C에서 3 ~ 5시간동안 수행하는 시효 처리를 수행하는 단계(S300);를 포함한다.

[0039] 본 발명의 변형된 일 실시예에 따르는 수소차량 부품용 알루미늄 합금의 제조방법에서는 용체화 처리를 수행하는 단계(S200)를 수행한 후에 시효 처리를 수행하는 단계(S300)를 수행하는 것을 특징으로 한다. 상기 단계(S300)를 수행한 후의 경도는 145 ~ 155HB이고 인장강도는 370 ~ 390MPa일 수 있다.

**[0040] 실현예**

[0041] 이하 본 발명의 이해를 돋기 위해 바람직한 실험예를 제시한다. 다만, 하기의 실험예는 본 발명의 이해를 돋기 위한 것일 뿐, 본 발명이 하기의 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0042] 표 1은 본 실험예의 주요 합금 원소 조성(단위: 중량%)을 나타낸 것이다.

### 표 1

구분	Si	Cu	Mg	Fe	Mn	Cr	Ti	Al
실험예1	7.0	-	0.38	0.12	-	-	0.12	Bal.
실험예2	8.5	3.0	0.45	0.12	-	-	0.12	Bal.
실험예3	8.8	1.7	0.40	0.18	0.5	-	0.12	Bal.
실험예4	8.8	1.7	0.40	0.18	0.5	0.15	0.12	Bal.

[0044] 표 1을 참조하면, 실험예3의 조성은 실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.10 ~ 0.15중량% 및 나머지 알루미늄(Al)으로 이루어진 조성을 만족한다. 실험예4의 조성은 실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%, 마그네슘(Mg): 0.3 ~ 0.5중량%, 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%, 티타늄(Ti): 0.10 ~ 0.15중량%, 크롬(Cr): 0.14 ~ 0.16중량% 및 나머지 알루미늄(Al)으로 이루어진 조성을 만족한다.

[0045] 이에 반하여, 본 발명의 실시예들의 조성과 달리, 실험예1의 조성은 실리콘(Si): 8.5 ~ 9.1중량%, 구리(Cu): 1.0 ~ 3.0중량%, 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%의 조성을 모두 만족하지 못하며, 실험예2의 조성은 철(Fe): 0.14 ~ 0.2중량%, 망간(Mn): 0.4 ~ 0.6중량%의 조성을 모두 만족하지 못한다.

[0046] 도 4는 본 발명의 실험예에 따른 시편의 주조성을 비교한 그래프이다.

[0047] 도 4를 참조하면, 실험예1은 액상선온도와 고상선온도의 차이가 69°C이며, 실험예2는 액상선온도와 고상선온도의 차이가 93°C이며, 실험예3은 액상선온도와 고상선온도의 차이가 89°C이며, 실험예4는 액상선온도와 고상선온도의 차이가 90°C임을 확인할 수 있다. 특히, 실험예2에서 R영역을 살펴보면, 응고 완료 구간에서 상변태 양이 상대적으로 많아 주조성이 양호하지 못함을 이해할 수 있다.

[0048] 도 5는 본 발명의 실험예에 따른 시편의 주조 결함 수준을 비교한 사진들이다.

[0049] 도 5를 참조하면, 실험예1 및 실험예2의 시편은 주조 결함이 상대적으로 불량함에 반하여, 실험예3 및 실험예3의 시편은 주조 결함이 상대적으로 양호함을 확인할 수 있다.

[0050] 도 6은 본 발명의 실험예에 따른 시편에 대하여 주조 후 용체화 처리를 생략하고 시효 처리를 수행한 경우 시효 처리 시간에 따른 경도값을 나타낸 그래프이다. 상기 시효 처리는 200°C의 온도에서 수행하였다. 도 6의 기준값(REF)은 실험예1의 조성을 가지는 시편에 대하여 용체화 처리 및 시효 처리를 모두 수행한 경우의 경도값을 의미하며, 현재 양산 수준에 해당한다.

[0051] 도 6을 참조하면, 실험예1에서는 용체화 처리를 생략한 결과 경도값이 현저하게 낮아짐을 확인할 수 있다. 이에 반하여, 실험예2, 실험예3 및 실험예4는 용체화 처리를 생략하고 시료 처리만 수행하여도 양산 수준의 경도값을 구현할 수 있음을 확인할 수 있다. 즉, 용체화 처리(T4)의 열처리를 생략할 수 있으므로 후속 공정의 교정 공정도 생략할 수 있다는 점에서 생산 공정의 단순화 및 비용 절감을 구현할 수 있다.

[0052] 도 7은 본 발명의 실험예에 따른 시편에 대하여 공정 조건에 따른 최대 피크 경도값을 나타낸 그래프이다. 구체적으로, 좌측의 그래프는 용체화 처리를 생략하고 시효 처리만 수행한 T5 열처리를 적용한 경우(도 1 참조)에 해당하고, 우측의 그래프는 용체화 처리를 수행한 후 시효 처리를 수행한 T6 열처리를 적용한 경우(도 3)에 해당한다. 그래프에서 가로 점선은 실험예1의 조성을 가지는 시편에 대하여 용체화 처리 및 시효 처리를 모두 수행한 경우의 최대 피크 경도값을 의미하며, 현재 양산 수준에 해당한다. 용체화 처리는 530°C에서 8시간동안 수행하였고, 시효 처리는 200°C에서 4시간동안 수행하였다.

[0053] 도 7의 좌측 그래프를 참조하면, 실험예2, 실험예3 및 실험예4는 용체화 처리를 생략하고 시료 처리만 수행하여도 양산 수준의 경도값과 비슷한 수준의 경도값(100 ~ 110HB)을 구현할 수 있음을 확인할 수 있다. 이에 따르면, 용체화 처리(T4)의 열처리를 생략할 수 있으므로 후속 공정의 교정 공정도 생략할 수 있다는 점에서 생산 공정의 단순화 및 비용 절감을 구현할 수 있다.

[0054] 한편, 도 7의 우측 그래프를 참조하면, 실험예2, 실험예3 및 실험예4는 용체화 처리 및 시효 처리를 모두 수행

할 경우, 양산 수준 보다 약 50% 향상된 경도값(145 ~ 155HB)을 구현할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0055] 도 8은 본 발명의 실험예에 따른 시편에 대하여 공정 조건에 따른 인장강도값을 비교하여 나타낸 그래프이다. 구체적으로, 좌측의 그래프는 용체화 처리를 생략하고 시효 처리만 수행한 T5 열처리를 적용한 경우(도 1 참조)에 해당하고, 우측의 그래프는 용체화 처리를 수행한 후 시효 처리를 수행한 T6 열처리를 적용한 경우(도 3)에 해당한다. 그래프에서 가로 점선은 실험예1의 조성을 가지는 시편에 대하여 용체화 처리 및 시효 처리를 모두 수행한 경우의 인장강도값을 의미한다. 용체화 처리는 530°C에서 8시간동안 수행하였고, 시효 처리는 200°C에서 4시간동안 수행하였다.

[0056] 도 8의 좌측 그래프를 참조하면, 실험예2, 실험예3 및 실험예4는 용체화 처리를 생략하고 시효 처리만 수행하여도 양산 수준의 인장강도값과 거의 대등한 수준의 경도값(260 ~ 290MPa)을 구현할 수 있음을 확인할 수 있다. 이에 따르면, 용체화 처리(T4)의 열처리를 생략할 수 있으므로 후속 공정의 교정 공정도 생략할 수 있다는 점에서 생산 공정의 단순화 및 비용 절감을 구현할 수 있다.

[0057] 한편, 도 8의 우측 그래프를 참조하면, 실험예2, 실험예3 및 실험예4는 용체화 처리 및 시효 처리를 모두 수행할 경우, 양산 수준 보다 약 33% 향상된 인장강도값(370 ~ 390MPa)을 구현할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0058] 도 9는 본 발명의 실험예에 따른 시편에 대하여 공정 조건에 따른 연신율을 비교하여 나타낸 그래프이다. 구체적으로, 좌측의 그래프는 용체화 처리를 생략하고 시효 처리만 수행한 T5 열처리를 적용한 경우(도 1 참조)에 해당하고, 우측의 그래프는 용체화 처리를 수행한 후 시효 처리를 수행한 T6 열처리를 적용한 경우(도 3)에 해당한다. 용체화 처리는 530°C에서 8시간동안 수행하였고, 시효 처리는 200°C에서 4시간동안 수행하였다.

[0059] 도 9의 좌측 그래프를 참조하면, 용체화 처리를 생략하고 시효 처리만 수행한 경우, 실험예1, 실험예2, 실험예3 및 실험예4의 연신율은 각각 2.2, 0.6, 0.8 및 0.6임을 확인할 수 있다.

[0060] 한편, 도 9의 우측 그래프를 참조하면, 용체화 처리를 수행한 후 시효 처리를 수행한 경우, 실험예1, 실험예2, 실험예3 및 실험예4의 연신율은 각각 3.6, 0.6, 1.2 및 1.3임을 확인할 수 있다.

[0061] 도 10은 본 발명의 실험예에 따른 시편에서 용체화 처리 전후의 변형량을 측정한 위치를 도해하는 도면이고, 도 11은 본 발명의 실험예에 따른 시편에서 용체화 처리 전후의 변형량을 비교한 그래프이다. 도 11에서 온도는 용체화 처리를 수행하는 온도에 해당한다.

[0062] 도 10 및 도 11을 참조하면, 실험예1 및 실험예2에서는 용체화 처리 전후의 최대 변형량이 0.10 내지 0.15로 상대적으로 높음을 확인할 수 있으며, 시편의 위치(1번 내지 4번 위치)에 따라 변형량의 편차가 상대적으로 큼을 확인할 수 있다.

[0063] 이에 반하여, 실험예3 및 실험예4에서는 용체화 처리 전후의 최대 변형량이 0.05 미만으로 상대적으로 낮음을 확인할 수 있으며, 시편의 위치(1번 내지 4번 위치)에 따라 변형량의 편차도 상대적으로 작음을 확인할 수 있다.

[0064] 도 12는 본 발명의 실험예3에 따른 시편의 최종 미세조직을 이미지 보정하여 촬영한 사진이다.

[0065] 도 12를 참조하면, 본 발명의 실험예3에 대하여 용체화 처리를 생략하고 시효 처리만 수행한 T5 열처리를 적용한 경우, 최종 미세조직은 알루미늄 합금 기지 내에 공정 실리콘(청색)의 분율이 10 ~ 15중량%이고 금속간화합물(적색)의 분율이 0.5 ~ 5중량%인 것을 확인할 수 있다.

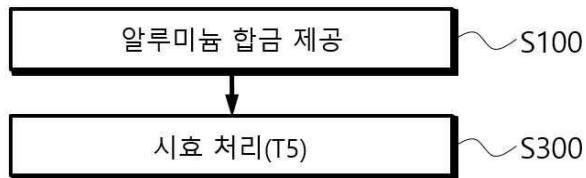
[0066] 앞에서 살펴본 본 발명의 실험예에 따르면, 실험예3 및 실험예4의 시편에 대하여 용체화 처리를 생략하고 시효 처리만 수행한 T5 열처리를 적용한 경우, 현재 양산합금(실험예1) 수준의 경도값을 구현할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0067] 또한, 실험예3 및 실험예4의 시편에 대하여 용체화 처리를 수행한 후 시효 처리를 수행한 T6 열처리를 적용한 경우, 현재 양산합금(실험예1) 대비 T4 처리후 변형량을 약 70% 정도 감소시키면서도 경도는 약 50% 증가하고 인장강도는 약 33% 증가할 수 있음을 확인할 수 있다.

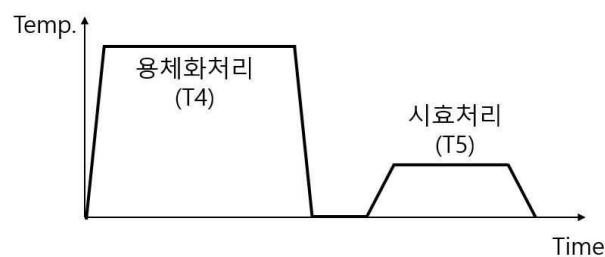
[0068] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

## 도면

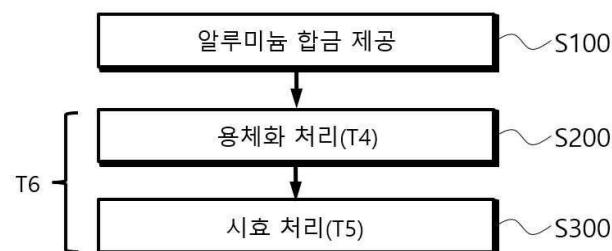
### 도면1



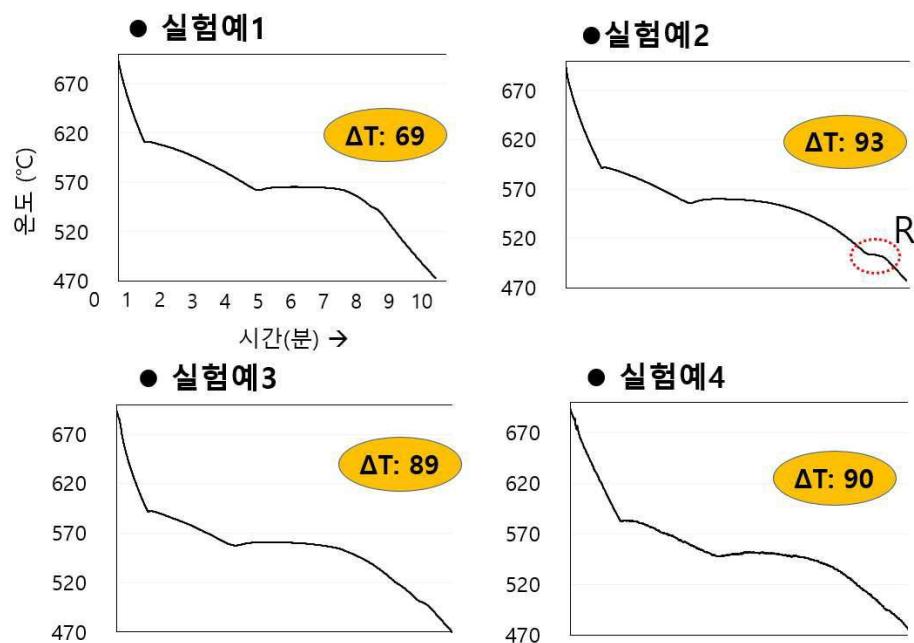
### 도면2



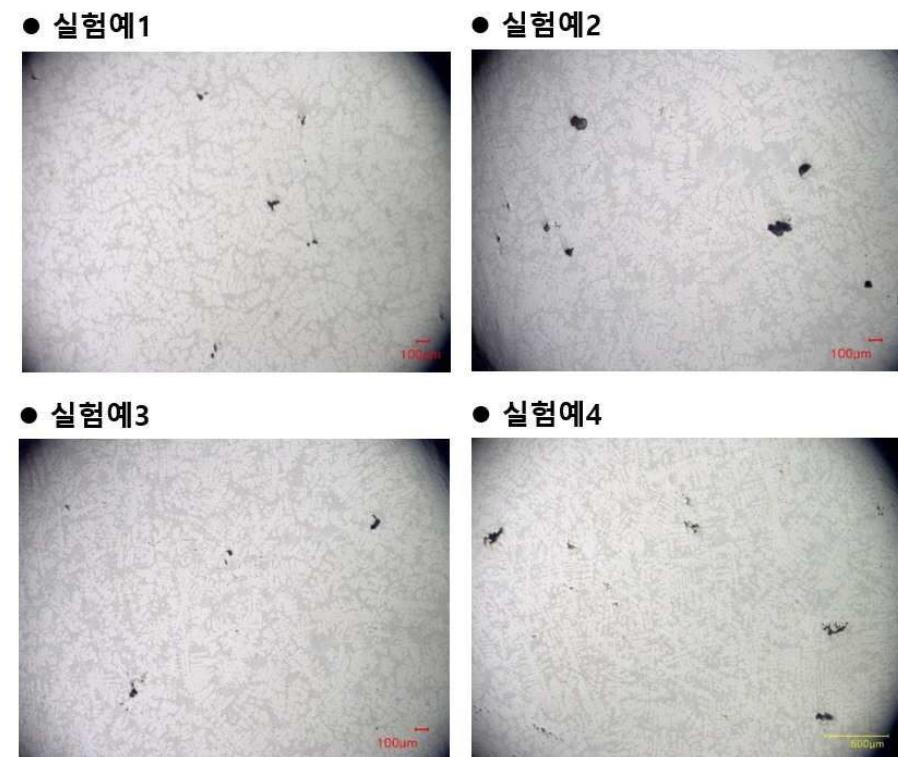
### 도면3



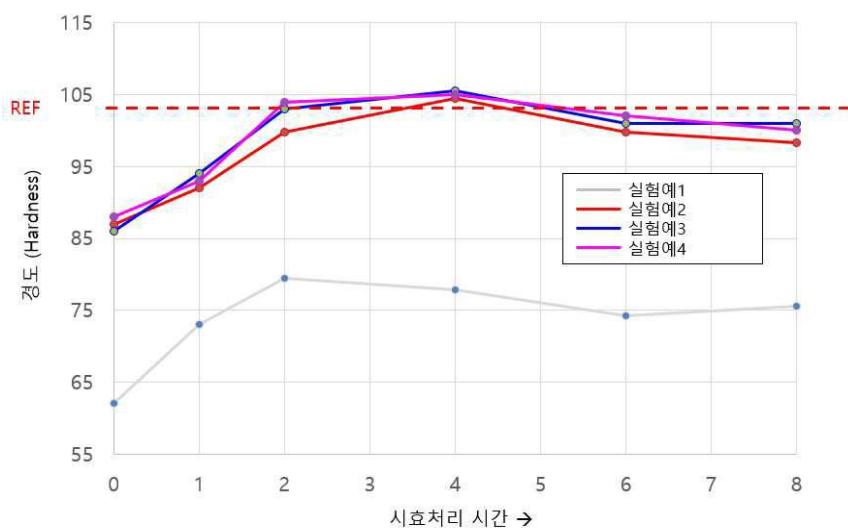
## 도면4



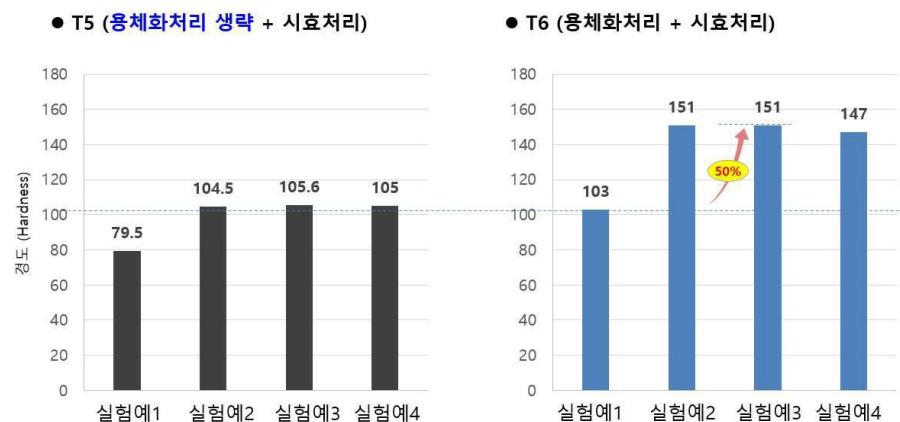
## 도면5



## 도면6



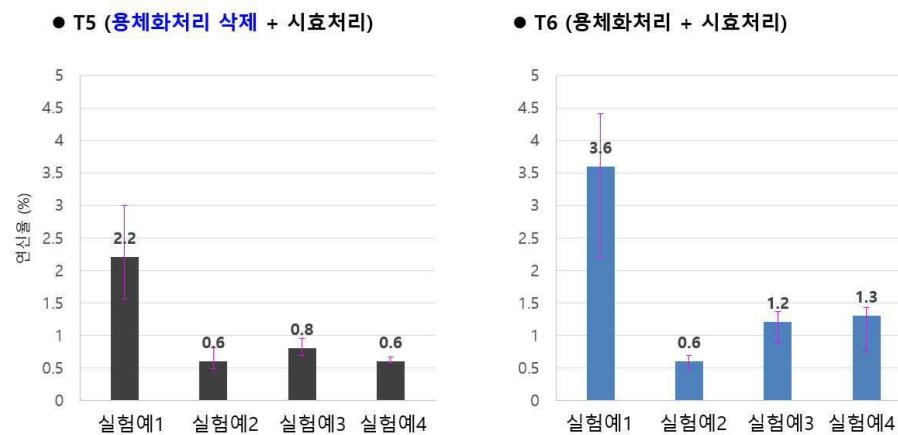
## 도면7



## 도면8

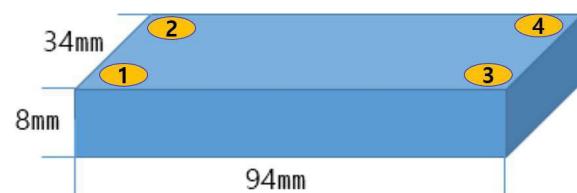


## 도면9



## 도면10

## 측정위치



## 도면11



도면12

