(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0058491
(43) 공개일자 2025년04월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22F 1/053 (2006.01) *C22C 21/10* (2006.01)
C22F 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22F 1/053 (2013.01)
C22C 21/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0142257
(22) 출원일자 2023년10월23일
심사청구일자 2023년10월23일

(71) 출원인
한국재료연구원
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
(72) 발명자
김수현
경상남도 창원시 성산구 토월로27번길 18, 105동 902호
천현석
부산광역시 부산진구 백양관문로 104, 1동 302호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이인행

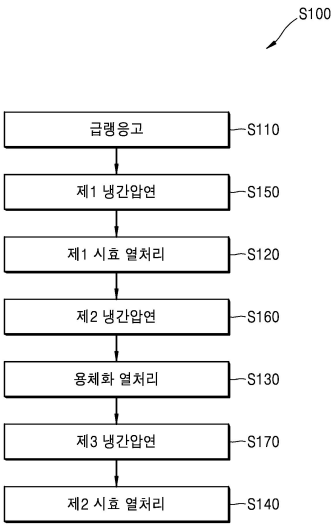
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **7000계 알루미늄 합금 급랭응고재 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은, 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재 및 그 제조방법을 제공한다. 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법은, 중량%로, 아연(Zn): 9% ~ 16%, 마그네슘(Mg): 2.5% ~ 4%, 구리(Cu): 0.8% ~ 1.3%, 스칸듐(Sc): 0.1% ~ 2%, 지르코늄(Zr): 0.1% ~ 1.5%, 망간(Mn): 0.1%~ 3%, 잔부는 알루미늄 및 불가피한 불순물을 포함하는 알루미늄 합금을 급랭응고하여 알루미늄 합금 급랭응고재를 형성하는 급랭응고 단계; 상기 알루미늄 합금 급랭응고재를 제1 시효 열처리하는 단계; 상기 제1 시효 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 용체화 열처리하는 단계; 상기 용체화 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 제2 시효 열처리하는 단계;를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C22F 1/002 (2013.01)
(72) 발명자
김지수
경상남도 창원시 진해구 냉천로 235, 102동 601호

이윤수
경상남도 창원시 성산구 상남로 35, 606호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711188325
과제번호 PNCD020
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 나노소재기술개발
연구과제명 에너지 인가 멀티스케일 복합 강화상 제어에 의한 e-VTOL 기체구조용 인장강도 1GPa 연신율 10%이상 알루미늄 합금 개발
기 여 율 1/1
과제수행기관명 한국재료연구원
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

중량%로, 아연(Zn): 9% ~ 16%, 마그네슘(Mg): 2.5% ~ 4%, 구리(Cu): 0.8% ~ 1.3%, 스칸듐(Sc): 0.1% ~ 2%, 지르코늄(Zr): 0.1% ~ 1.5%, 망간(Mn): 0.1%~ 3%, 잔부는 알루미늄 및 불가피한 불순물을 포함하는 알루미늄 합금을 급랭응고하여 알루미늄 합금 급랭응고재를 형성하는 급랭응고 단계;

상기 알루미늄 합금 급랭응고재를 제1 온도에서 제1 시효 열처리하는 단계;

상기 제1 시효 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 용체화 열처리하는 단계; 및

상기 용체화 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 상기 제1 온도에 비하여 낮은 제2 온도에서 제2 시효 열처리하는 단계;를 포함하는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 급랭응고 단계는,

상기 알루미늄 합금 급랭응고재를 구성하는 합금원소들을 용해하여 알루미늄 합금 용탕을 형성하는 단계; 및

상기 알루미늄 합금 용탕을 회전하는 금속 휠 표면에 분사하여 급랭응고시키는 단계를 포함하는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 급랭응고 단계에서,

상기 알루미늄 합금 용탕은 800℃ 내지 1000℃ 범위의 온도에서 1 분 내지 1 시간 동안 유지시키는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 급랭응고 단계는,

상기 알루미늄 합금 용탕을 진공 분위기 또는 아르곤 가스 분위기에서 10 m/s 내지 50 m/s 범위의 회전 속도로 회전하는 상기 금속 휠 표면에 0.1 MPa 내지 1 MPa의 분사 압력으로 분사되어 수행되고,

상기 알루미늄 합금 용탕은 10^4 K/s 내지 10^6 K/s 범위의 냉각 속도로 냉각되는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 급랭응고 단계는,

멜트스피닝법, 아토마이징법, 분무주조법, 트윈롤주조법, 트윈벨트주조법, 및 적층제조법 중 적어도 어느 하나로 수행되는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제1 시효 열처리 단계는,

300℃ 내지 400℃ 범위의 온도에서 2 시간 내지 48 시간 동안 수행되는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 용체화 열처리 단계는,

460℃ 내지 485℃ 범위의 온도에서 5 분 내지 60분 동안 수행되는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제2 시효 열처리 단계는,

90℃ 내지 125℃ 범위의 온도에서 1 시간 내지 10일 동안 수행되는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제1 시효 열처리 단계를 수행한 후에,

상기 제1 시효 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 퀜칭하는 단계를 더 포함하는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 용체화 열처리 단계를 수행한 후에,

상기 용체화 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 퀜칭하는 단계를 더 포함하는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 제1 시효 열처리하는 단계를 수행하기 전에,

상기 급랭응고된 알루미늄 합금 급랭응고재를 10% 내지 30%의 압하량으로 냉각압연하는 제1 냉간압연 단계를 더 포함하는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 용체화 열처리 단계를 수행하기 전에,

상기 제1 시효처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 10% 내지 30%의 압하량으로 냉각압연하는 제2 냉간압연 단계를 더 포함하는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 제2 시효 열처리하는 단계를 수행하기 전에,

상기 용체화 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 10% 내지 30%의 압하량으로 냉각압연하는 제3 냉간압연 단계를 더 포함하는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법.

청구항 14

중량%로, 아연(Zn): 9% ~ 16%, 마그네슘(Mg): 2.5% ~ 4%, 구리(Cu): 0.8% ~ 1.3%, 스칸듐(Sc): 0.1% ~ 2%, 지르코늄(Zr): 0.1% ~ 1.5%, 망간(Mn): 0.1%~ 3%, 잔부는 알루미늄 및 불가피한 불순물을 포함하고,

비커스 경도가 250Hv 이상을 만족하는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재는,

5 μm 내지 20 μm 범위의 직경을 가지는 결정립을 가지는,

7000계 알루미늄 합금 급랭응고재.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 기술적 사상은 알루미늄 합금에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 아연, 마그네슘, 구리, 망간, 지르코늄, 스칸듐, 잔부는 알루미늄 및 불가피한 불순물을 포함하는 합금을 급랭응고 및 열처리 공정을 수행하여 제조하는 초고강도를 갖는 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 들어, 알루미늄 합금은 경량성을 요구하는 자동차 차체, 항공기 동체, UAM 프레임 등의 다양한 산업분야에 활용되고 있으며, 특히, 상기한 산업 분야에 활용가능한 각종 부품 제조에 활용되는 합금은 특성상 매우 높은 강도와 경량화가 요구되고 있다.

[0003] 현재 사용되고 있는 7000계 알루미늄 합금은 Al-Zn-Mg-Cu로 대표되는 고강도 알루미늄 합금으로서 우수한 기계적 성질, 가공 특성, 내식성 등을 갖고 있다. 7000계 합금에서 강도의 증가는 첨가되는 합금원소 함량의 증가를 통해서 구현될 수 있으나 현재까지 개발된 고강도 7000계 합금의 경우 통상적인 제조법으로는 첨가되는 합금원소의 함량이 일정 수준 이하로 제한됨에 따라서 강도 증가에 한계를 보이고 있다.

[0004] 한편, 합금원소의 첨가량을 증가시키는 방법으로서 급랭응고법이 고안된 바 있다. 급랭응고법은 합금의 용해 후 주조하는 과정에서 응고 냉각속도를 매우 빠르게 하여 합금원소를 기지 내부에 과고용시킬 수 있다. 이러한 급랭응고에 의한 과고용 효과는 알루미늄 합금에서도 보고된 바 있으며, 멜트스피닝, 아토마이징법, 분무주조법, 트윈롤주조법, 트윈벨트주조법, 적층제조법 등의 방법으로 과고용 합금을 제조할 수 있다.

[0005] 또, 7000계 알루미늄 합금에서 강도의 증가는 열처리에 의해서 달성되는데, 기존에 알려진 통상적인 주조 및 열처리 방법으로는 달성할 수 없는 초고강도의 특성을 획득하기 위해서는 7000계 합금에서 합금원소의 종류와 함

량을 제어하고 이에 적합한 별도로 고안된 열처리 공정을 필요로 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 미국등록특허 2018/0010216 A1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는 아연, 마그네슘, 구리, 망간, 지르코늄, 스칸듐, 잔부는 알루미늄 및 불가피한 불순물을 포함하는 합금을 급랭응고 및 열처리 공정을 수행하여 초고강도를 갖는 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재 및 그 제조방법을 제공하는 것이다. 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 관점에 의하면, 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재 및 그 제조방법을 제공한다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법은, 중량%로, 아연(Zn): 9% ~ 16%, 마그네슘(Mg): 2.5% ~ 4%, 구리(Cu): 0.8% ~ 1.3%, 스칸듐(Sc): 0.1% ~ 2%, 지르코늄(Zr): 0.1% ~ 1.5%, 망간(Mn): 0.1%~ 3%, 잔부는 알루미늄 및 불가피한 불순물을 포함하는 알루미늄 합금을 급랭응고하여 알루미늄 합금 급랭응고재를 형성하는 급랭응고 단계; 상기 알루미늄 합금 급랭응고재를 제1 온도에서 제1 시효 열처리하는 단계; 상기 제1 시효 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 용체화 열처리하는 단계; 및 상기 용체화 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 상기 제1 온도에 비하여 낮은 제2 온도에서 제2 시효 열처리하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 급랭응고 단계는, 상기 알루미늄 합금 급랭응고재를 구성하는 합금원소들을 용해하여 알루미늄 합금 용탕을 형성하는 단계; 및 상기 알루미늄 합금 용탕을 회전하는 금속 휠 표면에 분사하여 급랭응고시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 급랭응고 단계에서, 상기 알루미늄 합금 용탕은 800℃ 내지 1000℃ 범위의 온도에서 1 분 내지 1 시간 동안 유지시킬 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 급랭응고 단계는, 상기 알루미늄 합금 용탕을 진공 분위기 또는 아르곤 가스 분위기에서 10 m/s 내지 50 m/s 범위의 회전 속도로 회전하는 상기 금속 휠 표면에 0.1 MPa 내지 1 MPa의 분사 압력으로 분사되어 수행될 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 급랭응고 단계에서, 상기 알루미늄 합금 용탕은 10^4 K/s 내지 10^6 K/s 범위의 냉각 속도로 냉각될 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 급랭응고 단계는, 멜트스피닝법, 아토마이징법, 분무주조법, 트윈롤주조법, 트윈벨트주조법, 및 적층제조법 중 적어도 어느 하나로 수행될 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 제1 시효 열처리 단계는, 300℃ 내지 400℃ 범위의 온도에서 2 시간 내지 48 시간 동안 수행될 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 용체화 열처리 단계는, 460℃ 내지 485℃ 범위의 온도에서 5 분 내지 60분 동안 수행될 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 제2 시효 열처리 단계는, 90℃ 내지 125℃ 범위의 온도에서 1 시간 내지 10일 동안 수행될 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 제1 시효 열처리 단계를 수행한 후에, 상기 제1 시효 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 퀜칭하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 용체화 열처리 단계를 수행한 후에, 상기 용체화 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 퀜칭하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 제1 시효 열처리하는 단계를 수행하기 전에, 상기 급랭응고된 알루미늄 합금 급랭응고재를 10% 내지 30%의 압하량으로 냉각압연하는 제1 냉간압연 단계를 더 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 용체화 열처리 단계를 수행하기 전에, 상기 제1 시효처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 10% 내지 30%의 압하량으로 냉각압연하는 제2 냉간압연 단계를 더 포함할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 제2 시효 열처리하는 단계를 수행하기 전에, 상기 용체화 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를 10% 내지 30%의 압하량으로 냉각압연하는 제3 냉간압연 단계를 더 포함할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재는, 중량%로, 아연(Zn): 9% ~ 16%, 마그네슘(Mg): 2.5% ~ 4%, 구리(Cu): 0.8% ~ 1.3%, 스칸듐(Sc): 0.1% ~ 2%, 지르코늄(Zr): 0.1% ~ 1.5%, 망간(Mn): 0.1%~ 3%, 잔부는 알루미늄 및 불가피한 불순물을 포함하고, 비커스 경도가 250Hv 이상을 만족할 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재는, 5 μm 내지 20 μm 범위의 직경을 가지는 결정립을 가질 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 기술적 사상에 의할 경우, 상기 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재는, 아연, 마그네슘, 구리, 망간, 지르코늄, 스칸듐 및 잔부는 알루미늄 및 불가피한 불순물을 포함하여 구성됨으로써, 우수한 강도 특성을 가지고 있어서 자동차 차체, 항공기 동체, UAM 프레임 등의 고강도, 경량 부품을 제조하기 위한 원소재로 사용 가능하다.

[0026] 상술한 본 발명의 효과들은 예시적으로 기재되었고, 이러한 효과들에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법을 개략적으로 나타낸 공정 순서도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 의한 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법에 적용되는 멜트스피너 장치를 도시하는 개략도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재로서 리본재의 외형을 나타내는 사진이다.

도 4은 본 발명의 일실시예에 따른 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재로서 리본재의 미세조직을 나타내는 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 기술적 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다. 본 명세서에서 동일한 부호는 시종 동일한 요소를 의미한다. 나아가, 도면에서의 다양한 요소와 영역은 개략적으로 그려진 것이다. 따라서, 본 발명의 기술적 사상은 첨부한 도면에 그려진 상대적인 크기나 간격에 의해 제한되지 않는다.

[0029] 알루미늄 합금이 자동차 차체, 항공기 동체, 도심항공교통(Urban air mobility, UAM) 프레임 등의 다양한 산업 분야에 활용되기 위해서는 매우 높은 강도와 경량화가 요구된다. 한편, 기존 상용 알루미늄 합금의 경우 인장강도가 700MPa 이내로 구현된 것이 일반적이며, 이 때 경도는 비커스 경도 기준 230Hv 이하인 한계가 있다.

[0030] 본 발명의 기술적 사상에 따른 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재는 합금 원소의 종류와 범위를 제어하고, 제조 공정에 있어서 멜트스피닝법 등과 같은 급랭응고법과 다단의 시효 열처리 단계들을 포함하는 공정을 거쳐 수행함으로써 달성된다.

[0031] 따라서, 본 발명의 기술적 사상에 따른 Al-Zn-Mg-Cu-Mn-Zr-Sc 알루미늄 합금 급랭응고재는, 합금 원소의 종류 및 함량을 하기와 같이 제어한다. 또, 제조 공정 상에서 급랭응고, 고온에서의 제1 시효 열처리, 용체화 열처리, 저온에서의 제2 시효 열처리를 수행함으로써 합금 원소의 첨가량을 제한하면서도 고강도를 달성할 수 있다.

[0032] 이하에서, 본 발명의 일 측면인 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재에 대하여 설명한다.

[0033] 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재

[0034] 본 발명의 일 측면인 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재는, 아연, 마그네슘, 구리, 망간, 지르코늄, 스칸듐, 및 알루미늄과 기타 불가피한 불순물을 포함할 수 있다.

[0035] 또한, 상기 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재는 실리콘, 철, 크롬, 티타늄, 및 바나듐 중 적어도 어느 하나를 더 포함할 수 있다.

[0036] 구체적으로, 상기 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재는, 중량%로, 아연(Zn): 9% ~ 16%, 마그네슘(Mg): 2.5%~ 4%, 구리(Cu): 0.8 ~ 1.3%, 스칸듐(Sc): 0.1% ~ 2%, 지르코늄(Zr): 0.1% ~ 1.5%, 망간(Mn): 0.1 %~ 3%, 잔부는 알루미늄 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 비커스 경도가 250Hv 이상을 만족할 수 있다.

[0037] 아연(Zn): 9 중량% ~ 16 중량%

[0038] 아연은 고용강화 및 석출강화에 의해 강도를 향상시키는 효과가 있는 원소이다. 다만, 상기 알루미늄 합금 리본재에서, 아연의 함량이 너무 많은 경우에는, 예를 들어 16 중량%를 초과하는 경우에는, 급랭응고 시 급랭과정에서 기지로의 고용한도를 초과하게 되므로 그 함량을 제어할 필요가 있다. 아연의 함량이 9 중량% 미만인 경우에는, 강도 증가 효과가 미미하다. 따라서, 아연은 알루미늄 합금 전체 중량의 9 중량% ~ 16중량%로 첨가될 수 있다.

[0039] 마그네슘(Mg): 2.5 중량% ~ 4 중량%

[0040] 마그네슘은 고용 강화 및 석출강화에 의해 강도를 향상시키는 효과가 있다. 상기 알루미늄 합금 리본재에서, 마그네슘의 함량이 2.5 중량% 미만인 경우에는, 충분한 강도를 얻기 어렵다. 마그네슘의 함량이 4 중량%를 초과하는 경우에는, 정출물이 조대화되어 강도 및 성형성이 저하될 수 있다. 따라서, 마그네슘은 알루미늄 합금 전체 중량의 2.5 중량% ~ 4 중량%로 첨가될 수 있다.

[0041] 구리(Cu): 0.8 중량% ~ 1.3 중량%

[0042] 구리는 결정립을 미세화하고 입계부식을 제어함으로써 강도와 내응력 부식 균열성을 향상시킬 수 있다. 상기 알루미늄 합금 리본재에서, 구리의 함량이 0.8 중량% 미만인 경우에는, 내응력 부식 균열성이 열화되어 강도가 저하될 수 있다. 구리의 함량이 1.3 중량%를 초과하는 경우에는, 정출물이 조대화되어 강도가 감소할 수 있다. 따라서, 구리는 알루미늄 합금 전체 중량의 0.8 중량% ~ 1.3 중량% 로 첨가될 수 있다.

[0043] 스칸듐(Sc): 0.1 중량% ~ 2 중량%

[0044] 스칸듐은 알루미늄 합금의 석출강화에 의해 판재의 강도를 향상시키는 원소이다. 스칸듐의 함량이 0.1 중량% 미만인 경우에는, 생성되는 석출물의 양이 충분하지 않아서 강화 효과가 미미하다. 스칸듐의 함량이 2 중량%를 초과하는 경우에는, 급랭응고 시 급랭과정에서 기지로의 고용한도를 초과할 수 있다. 따라서, 스칸듐은 알루미늄 합금 전체 중량의 0.1 중량% ~ 2 중량%로 첨가될 수 있다.

[0045] 지르코늄(Zr): 0.1% ~ 1.5 중량%

[0046] 지르코늄은 스칸듐과 마찬가지로 알루미늄 합금의 석출강화에 의하여 강도에 기여하는 원소이다. 지르코늄의 함량이 0.1 중량% 미만인 경우에는, 강화효과가 미미하다. 지르코늄의 함량이 1.5 중량%를 초과하는 경우에는, 급랭응고 시 급랭과정에서 기지로의 고용한도를 초과할 수 있다. 따라서, 지르코늄은 알루미늄 합금 전체 중량의 0.1중량% ~ 1.5 중량%로 첨가될 수 있다.

[0047] 망간(Mn): 0.1 중량% ~ 3 중량%

[0048] 망간은 알루미늄 합금에서 고용강화와 석출강화에 의하여 강도에 기여하는 원소이다. 상기 알루미늄 합금 리본재에서, 망간의 함량이 0.1 중량% 미만인 경우에는, 강화효과가 미미하다. 망간의 함량이 3 중량%를 초과하는 경우에는, 급랭응고 시 급랭과정에서 기지로의 고용한도를 초과할 수 있다. 따라서, 망간은 알루미늄 합금 전체

중량의 0.1 중량% ~ 3 중량% 이하로 첨가될 수 있다.

[0049] 상기 알루미늄 합금 급랭응고재의 나머지 성분은 알루미늄(Al)이다. 상기 기타 불가피한 불순물에 대하여 설명하면, 통상의 제조과정에서 원료 또는 주위 환경으로부터 의도되지 않은 불순물들이 불가피하게 혼입될 수 있으므로, 이를 배제할 수는 없다. 이들 불순물들은 통상의 제조과정의 기술자라면 누구라도 알 수 있는 것이기 때문에 그 모든 내용을 본 명세서에서 특별히 언급하지는 않는다.

[0050] 전술한 합금 조성의 구체적인 성분 및 이들의 함량 범위를 제어하고, 후술하는 제조방법을 통해 제조된 상기 알루미늄 합금 급랭응고재는, 5 μm 내지 20 μm 범위의 직경을 가지는 결정립을 가질 수 있다. 상기 알루미늄 합금 급랭응고재는 250 Hv 이상의 비커스 경도를 가질 수 있고, 예를 들어 250 Hv 내지 300 Hv 범위의 비커스 경도를 가질 수 있다.

[0051] 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법

[0052] 이하에서는, 본 발명의 기술적 사상에 따른 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법을 설명하기로 한다.

[0053] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법을 개략적으로 나타낸 공정 순서도이다.

[0054] 도 1을 참조하면, 상기 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법(S100)은, 급랭응고 단계(S110); 제1 시효 열처리 단계(S120); 용체화 단계(S130); 및 제2 시효 열처리 단계(S140);를 포함한다.

[0055] 또한, 상기 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법(S100)은, 급랭응고 단계(S110)와 제1 시효 열처리 단계(S120) 사이에 제1 냉간압연 단계(S150); 제1 시효 열처리 단계(S120)와 용체화 단계(S130) 사이에 제2 냉간압연 단계(S160); 및 용체화 단계(S130)와 제2 시효 열처리 단계(S140) 사이에 제3 냉간압연 단계(S170) 중 적어도 어느 하나를 더 포함할 수 있다.

[0056] 급랭응고 단계(S110)

[0057] 상기 급랭응고 단계(S110)에서는 알루미늄 합금 급랭응고재를 구성하는 합금원소들을 용해하여 용탕을 구성하고, 이어서 상기 용탕을 급랭응고 한다. 상기 급랭응고는 다양한 방법으로 수행할 수 있고, 예를 들어 멜트스피닝법, 아토마이징법, 분무주조법, 트윈롤주조법, 트윈벨트주조법, 및 적층제조법 중 적어도 어느 하나로 수행될 수 있다.

[0058] 이하에서는, 급랭응고를 구현하는 일예로서 멜트스피닝법에 대하여 설명하기로 한다, 그러나 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

[0059] 도 2는 본 발명의 일실시예에 의한 알루미늄 합금 급랭응고재의 제조방법에 적용되는 멜트스피너 장치를 도시하는 개략도이다.

[0060] 도 2를 참조하면, 멜트스피너 장치는 노즐(12)을 포함하는 관형 용해로(10), 관형 용해로(10)를 둘러싸는 고주파 유도 코일(20) 및 회전하는 금속 휠(30)을 포함한다. 알루미늄 합금(40)은 관형 용해로(10)에 삽입되어, 고주파 유도 코일(20)에 의하여 제공되는 유도 전류에 의하여 용해된 후, 노즐(12)을 통하여 금속 휠(30) 상으로 분사된다. 분사된 알루미늄 합금 용탕은 금속 휠(30)에 의하여 급랭응고되고, 금속 휠(30)의 회전력에 의하여 리본(50)을 형성할 수 있다. 즉, 리본(50)은 급랭응고재일 수 있다.

[0061] 상기 급랭응고 단계(S110)는, 예를 들어 멜트스피닝을 이용하여 수행될 수 있다. 상기 급랭응고 단계(S110)는, 상기 알루미늄 합금 급랭응고재를 구성하는 합금원소들을 용해하여 알루미늄 합금 용탕을 형성하는 단계, 및 상기 알루미늄 합금 용탕을 회전하는 금속 휠 표면에 분사하여 급랭응고시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0062] 상기 알루미늄 합금 용탕을 형성하는 단계에서, 알루미늄 합금 용탕 제조를 위하여 합금 원소들 각각을 첨가하거나, 또는 합금원소 전체 또는 일부를 모합금의 형태로서 첨가할 수 있다.

[0063] 예를 들어, 상기 급랭응고 단계(S110)는 중량%로, 아연(Zn): 9% ~ 16%, 마그네슘(Mg): 2.5% ~ 4%, 구리(Cu): 0.8% ~ 1.3%, 스칸듐(Sc): 0.1% ~ 2%, 지르코늄(Zr): 0.1% ~ 1.5%, 망간(Mn): 0.1%~ 3%, 잔부는 알루미늄 및 불가피한 불순물을 포함하는 알루미늄 합금을 급랭응고하여 알루미늄 합금 급랭응고재를 형성할 수 있다.

[0064] 상기 알루미늄 합금 용탕은, 예를 들어 800℃ 내지 1000℃ 범위의 온도에서, 예를 들어 1 분 내지 1 시간 동안 유지시킬 수 있다. 상기 알루미늄 합금 용탕의 온도가 800℃ 미만인 경우에는, 유동성이 저하되어 리본재 형태로 제조가 불가능할 수 있다. 상기 알루미늄 합금 용탕의 온도가 1000℃를 초과하는 경우에는, 냉각 속도가 충

분하지 않아서 물성이 저하될 수 있다. 상기 알루미늄 합금 용탕의 유지시간이 1 분 미만인 경우에는, 상기 알루미늄 합금 용탕의 온도 및 합금 성분의 균일성이 저하될 수 있다. 상기 알루미늄 합금 용탕의 유지시간이 1 시간을 초과하는 경우에는, 합금원소의 산화에 의한 손실이 발생할 수 있다.

[0065] 상기 알루미늄 합금 용탕은 가스 분사법을 이용하여 분사될 수 있다. 상기 알루미늄 합금 용탕은 노즐을 통하여 고속으로 회전하는 금속 휠 표면에 분사됨으로써 매우 빠른 속도로 응고가 수행될 수 있다. 상기 알루미늄 합금 용탕은, 예를 들어 10^4 K/s 내지 10^6 K/s 범위의 냉각 속도로 냉각될 수 있다. 이때. 분사를 위하여 사용되는 가스는 아르곤 가스 또는 질소 가스 등과 같은 불활성 가스일 수 있다.

[0066] 상기 회전하는 금속 휠은 급랭응고를 위하여 충분한 냉각속도를 구현하기 위하여 회전속도가, 예를 들어 10 m/s 내지 50 m/s 범위일 수 있고, 예를 들어 20m/s 내지 50 m/s 범위일 수 있다. 이때, 분사되는 상기 알루미늄 합금 용탕의 분사 압력은, 예를 들어 0.1 MPa 내지 1 MPa 범위일 수 있다. 또한, 냉각속도의 증가를 위하여 상기 회전하는 금속 휠은 열전도도가 우수하고 내열 충격성이 큰 구리 또는 구리 합금 재질일 수 있다.

[0067] 또한, 추가적인 냉각속도 향상을 위하여 상기 금속 휠의 내부에 수냉 방식의 냉각 채널을 포함할 수 있다. 상기 냉각 채널을 순환하는 냉각 매질의 온도는 5℃ 내지 30℃ 범위일 수 있다.

[0068] 상기 급랭응고 단계(S110)는, 기공 형성 방지 및 합금 원소의 산화를 방지하기 위하여, 진공 분위기 또는 아르곤 가스 분위기에서 수행될 수 있다.

[0069] 상기 회전하는 금속 휠에 분사된 알루미늄 합금 용탕은 급랭응고되어, 예를 들어 10 ㎜ 내지 100 ㎜ 범위의 두께를 가지는 리본재 형태로 제조될 수 있다.

[0070] 제1 시효 열처리 단계(S120)

[0071] 상기 제1 시효 열처리하는 단계(S120)는, 제1 온도에서 수행될 수 있고, 예를 들어 300℃ 내지 400℃ 범위의 온도에서 2 시간 내지 48 시간 동안 수행될 수 있다. 상기 제1 시효 열처리하는 단계(S120)의 열처리 온도가 300℃ 미만인 경우에는, 생성되는 석출상의 양이 충분하지 않아서 강화효과가 저하될 수 있다. 상기 제1 시효 열처리하는 단계(S120)의 열처리 온도가 400℃를 초과하는 경우에는, 생성되는 석출상의 크기가 조대화됨으로써 강화효과가 저하될 수 있다. 또한, 상기 제1 시효 열처리하는 단계(S120)의 열처리 시간이 2 시간 미만인 경우에는, 석출상의 양이 충분하지 않아서 강화효과가 저하될 수 있다. 상기 제1 시효 열처리하는 단계(S120)의 열처리 시간이 48 시간을 초과하는 경우에는, 생성되는 석출상의 크기가 조대화됨으로써 강화효과가 저하될 수 있다.

[0072] 상기 제1 시효 열처리를 수행한 후, 상기 알루미늄 합금 급랭응고재를 수냉으로 퀜칭(quenching)하여 상기 제1 시효 열처리 단계를 마무리할 수 있다.

[0073] 용체화 열처리 단계(S130)

[0074] 상기 용체화 열처리 단계(S130)는, 예를 들어 460℃ 내지 485℃ 범위의 온도에서 5 분 내지 60 분 동안 수행될 수 있다. 상기 용체화 열처리 단계(S130)의 열처리 온도가 460℃ 미만인 경우에는, 용체화 효과가 미미할 수 있다. 상기 용체화 열처리 단계(S130)의 열처리 온도가 485℃를 초과하는 경우에는, 내부 생성상의 용융이 발생할 수 있어 특성이 저하될 수 있다. 상기 용체화 열처리 단계(S130)의 열처리 시간이 5분 미만인 경우에는, 고용효과가 감소하여 강화효과가 저하될 수 있다. 떨어지며, 상기 용체화 열처리 단계(S130)의 열처리 시간이 60 분을 초과하는 경우에는, 제1 시효 열처리에 의하여 생성된 석출물이 조대화되어 강화효과가 저하될 수 있다.

[0075] 상기 용체화 열처리를 수행한 후, 상기 알루미늄 합금 급랭응고재를 수냉으로 퀜칭(quenching)하여 상기 용체화 열처리 단계를 마무리할 수 있다.

[0076] 제2 시효 열처리 단계(S140)

[0077] 상기 제2 시효 열처리하는 단계(S140)는, 상기 제1 온도에 비하여 낮은 제2 온도에서, 예를 들어 90℃ 내지 125℃ 범위의 온도에서 1 시간 내지 10 일 동안 수행될 수 있다. 상기 제2 시효 열처리하는 단계(S140)는 인공 시효로 지칭될 수 있다. 상기 제2 시효 열처리하는 단계(S140)의 열처리 온도가 90℃ 미만인 경우에는, 시효 단계의 열처리 시간이 증가하여 실용적인 측면에서 불리할 수 있다. 상기 제1 시효 열처리하는 단계(S140)의 열처리 온도가 125℃를 초과하는 경우에는, 과시효에 의하여 강도 증가효과가 감소할 수 있다. 상기 제2 시효 열처리하는 단계(S140)의 열처리 시간이 1 시간 미만인 경우에는, 시효 처리 효과가 미미할 수 있다. 상기 제2 시효 열처리하는 단계(S140)의 열처리 시간이 10 일을 초과하는 경우에는, 원하지 않는 과시효가 발생할 수 있다.

[0078] 여기에서, 상기 제1 시효 열처리하는 단계(S120)는 상기 제2 시효 열처리하는 단계(S140)에 비하여 높은 온도에서 수행될 수 있다. 따라서, 상기 제1 시효 열처리하는 단계(S120)는 고온 시효 열처리 단계로 지칭될 수 있고, 상기 제2 시효 열처리하는 단계(S140)는 저온 시효 열처리 단계로 지칭될 수 있다.

[0079] 냉간 압연 단계(S150, S160, S170)

[0080] 상기 냉간 압연 단계(S150, S160, S170)는 상기 제1 시효 열처리하는 단계(S120) 전에, 상기 용체화 열처리 단계(S130) 전에, 또는 상기 제2 시효 열처리하는 단계(S140) 전에 수행될 수 있다.

[0081] 상기 제1 시효 열처리하는 단계(S120)를 수행하기 전에, 상기 급랭응고된 알루미늄 합금 급랭응고재를, 예를 들어 10% 내지 30%의 압하량으로 냉각압연하는 제1 냉간압연 단계(S150)를 더 수행할 수 있다.

[0082] 상기 용체화 열처리 단계(S130)를 수행하기 전에, 상기 제1 시효처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를, 예를 들어 10% 내지 30%의 압하량으로 냉각압연하는 제2 냉간압연 단계(S160)를 더 수행할 수 있다.

[0083] 상기 제2 시효 열처리하는 단계(S140)를 수행하기 전에, 상기 용체화 열처리된 알루미늄 합금 급랭응고재를, 예를 들어 10% 내지 30%의 압하량으로 냉각압연하는 제3 냉간압연 단계(S170)를 더 수행할 수 있다.

[0084] 상기 제1 냉간압연 단계(S150), 상기 제2 냉간압연 단계(S160), 및 상기 제3 냉간압연 단계(S170)는 선택적인 단계로서 모두 수행하거나 또는 일부만 수행하거나 또는 모두 수행하지 않을 수 있다.

[0085] 상기 냉간 압연 단계(S150, S160, S170)에서는, 급랭응고, 제1 시효 열처리, 및 용체화 열처리에서 발생할 수 있는 내부 결함을 감소시키거나 제거하는 효과가 있다. 상기 냉간 압연 단계(S150, S160, S170)에서 압하량은 10% 내지 30%일 수 있다. 상기 압하량이 10% 미만인 경우에는, 냉간 압연 시 내부결함을 충분히 제거하지 못할 수 있다. 상기 압하량이 30% 초과하는 경우에는, 냉간 압연 시 균열이 발생할 수 있다.

[0086] 실험예

[0087] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위해 바람직한 실험예를 제시한다. 다만, 하기의 실험예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 하기의 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0088] 표 1은 본 발명의 일실시예에 따른 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 합금 조성이 나타난 표이다. 표 1의 합금 조성의 단위는 중량%이다. 잔부는 알루미늄(Al) 및 기타 불가피한 불순물이다.

표 1

[0089]

합금종	합금 조성 (중량%)						
	아연	마그네슘	구리	스칸듐	지르코늄	망간	알루미늄
A	15	3.2	1	0.25	0.14	0.06	잔부
B	15	3.2	1	0.25	0.4	0.06	잔부
C	15	3.2	1	0.25	0.14	0.4	잔부
D	15	3.2	1	0.25	0.4	0.4	잔부

[0090] 상기 표 1의 알루미늄 합금을 멜트스피닝법을 이용하여 급랭응고하여 급랭응고재로서 리본재를 형성하였다. 상기 리본재는 상기 알루미늄 합금을 850℃의 온도에서 2분간 유지시킨 후, 30 m/s 로 회전하는 구리 회전 휠에 0.5 MPa의 분사 압력으로 분사하여 급랭응고시켜 형성하였다.

[0091] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재로서 리본재의 외형을 나타내는 사진이다.

[0092] 도 3을 참조하면, 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재로서 리본재의 외형이 나타나 있고, 상기 리본재는 10 ㎜ 내지 100 ㎜ 범위의 두께를 가질 수 있다.

[0093] 표 2는 본 발명의 일실시예에 따른 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재의 공정 조건 및 비커스 경도값을 비교예와 함께 나타낸 표이다.

표 2

[0094]

구분	합금종	급랭응고재(리본재) 열처리 공정			경도
		제1 시효처리	용체화 처리	제2 시효처리	(Hv)
비교예1	A	350℃ 24시간	470℃ 10분	120℃ 12시간	238
비교예2	A	350℃ 24시간	470℃ 10분	120℃ 24시간	221

비교예3	A	350℃ 24시간	470℃ 60분	120℃ 12시간	233
비교예4	A	350℃ 24시간	470℃ 60분	120℃ 24시간	218
비교예5	B	350℃ 24시간	470℃ 10분	120℃ 12시간	236
비교예6	B	350℃ 24시간	470℃ 10분	120℃ 24시간	237
비교예7	B	350℃ 24시간	470℃ 60분	120℃ 12시간	227
비교예8	B	350℃ 24시간	470℃ 60분	120℃ 24시간	221
비교예9	D	없음	470℃ 10분	120℃ 24시간	242
실시예1	C	350℃ 24시간	470℃ 10분	120℃ 12시간	252
실시예2	C	350℃ 24시간	470℃ 60분	120℃ 24시간	250
실시예3	D	350℃ 6시간	470℃ 10분	120℃ 24시간	254
실시예4	D	350℃ 24시간	470℃ 10분	120℃ 12시간	264
실시예5	D	350℃ 24시간	470℃ 10분	120℃ 24시간	268
실시예6	D	350℃ 24시간	470℃ 60분	120℃ 24시간	254

[0095] 표 2를 참조하면, 제1 시효처리는, 비교예9와 실시예3을 제외하고, 350℃에서 24시간 동안 수행하였다. 용체화 처리는 470℃에서 10분 또는 60분 동안 수행하였다. 제2 시효처리는 120℃에서 12 시간 또는 24 시간 동안 수행하였다.

[0096] 비커스 경도 값은 비교예들은 250 Hv 미만을 가졌다. 반면, 실시예들은 250 Hv 이상으로 가졌고, 250 Hv 내지 270 Hv 범위를 가졌다. 따라서, 실시예는 비교예에 비하여 망간을 높은 함량으로 포함함에 따라, 높은 경도를 가지는 것으로 분석된다. 또한, 실시예는 높은 경도를 가짐에 따라, 높은 인장 강도를 가질 것으로 예측된다.

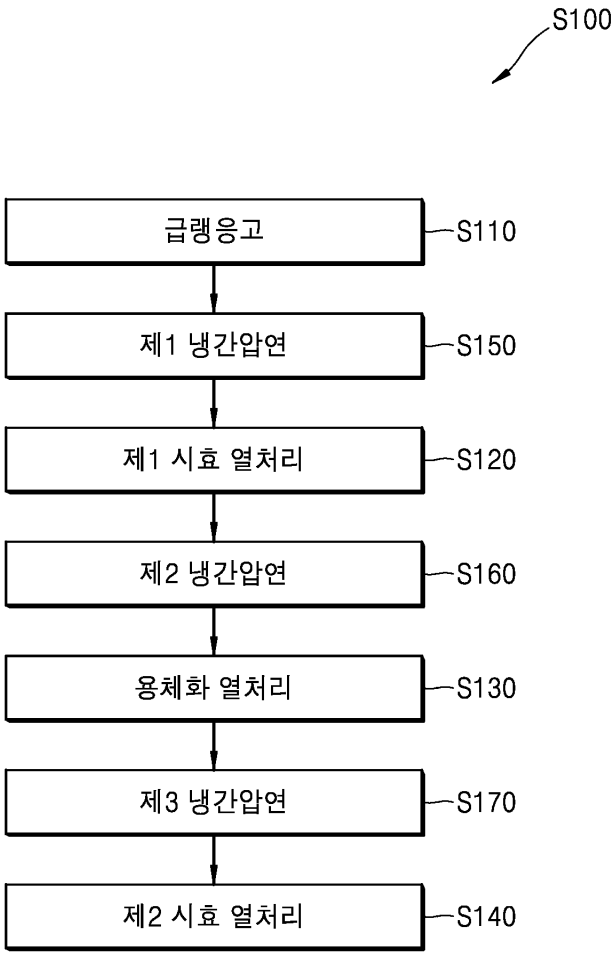
[0097] 도 4은 본 발명의 일실시예에 따른 7000계 알루미늄 합금 급랭응고재로서 리본재의 미세조직을 나타내는 사진이다.

[0098] 도 4를 참조하면, 상기 리본재는 급랭응고에 의하여 5 μm 내지 20 μm 범위의 직경을 가지는 미세하고 균일한 결정립을 가졌다. 또한, 결정입 내와 결정입계에 석출물이 형성되었다.

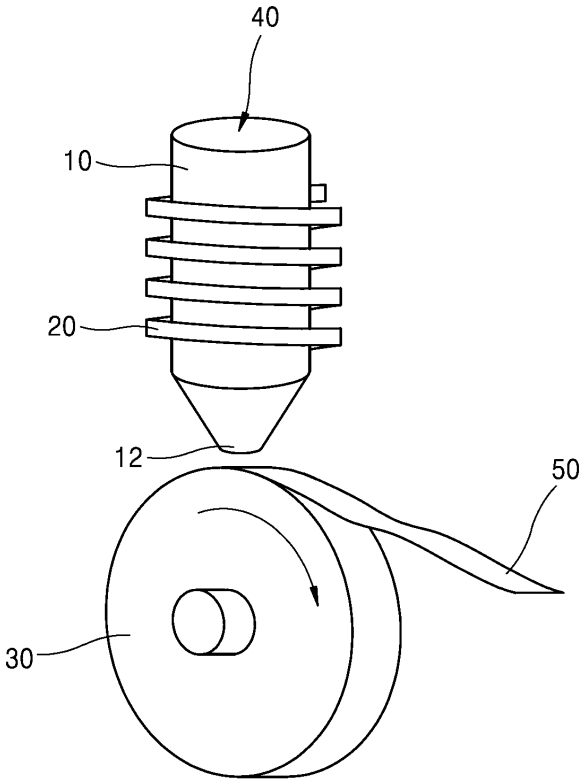
[0099] 이상에서 설명한 본 발명의 기술적 사상이 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은, 본 발명의 기술적 사상이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

도면

도면1


S100
급랭응고
S110
제1 냉간압연
S150
제1 시효 열처리
S120
제2 냉간압연
S160
용체화 열처리
S130
제3 냉간압연
S170
제2 시효 열처리
S140

도면2



도면3



도면4

