(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월20일
(11) 등록번호 10-1792799
(24) 등록일자 2017년10월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22F 1/04 (2006.01) *B21B 1/16* (2006.01)
B21B 1/22 (2006.01) *B21B 1/46* (2006.01)
B21C 1/00 (2006.01) *B21C 23/00* (2006.01)
B22D 21/04 (2006.01) *C22C 21/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22F 1/04 (2013.01)
B21B 1/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0063923
(22) 출원일자 2016년05월25일
심사청구일자 2016년05월25일
(56) 선행기술조사문헌
JP10280081 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 14 항

(73) 특허권자
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
이윤수
경상남도 창원시 성산구 상남로 35, 606호
임차용
경상남도 창원시 성산구 원이대로 774, 513동 1102호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이인행

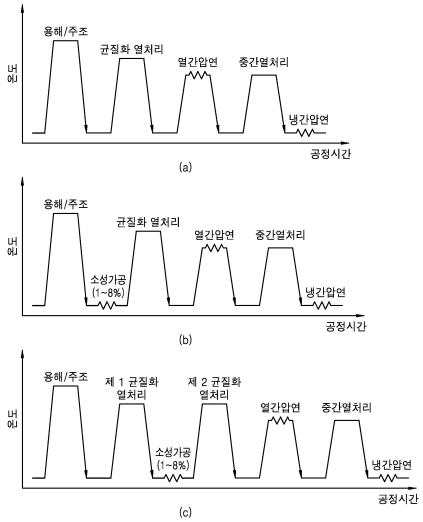
심사관 : 한석환

(54) 발명의 명칭 **알루미늄 합금을 이용한 가공재 제조방법**

(57) 요 약

본 발명의 일 관점에 따르면, 알루미늄 합금 용탕을 주형에 주입하여 알루미늄 합금 주물을 제조하는 단계; 및 상기 알루미늄 합금 주물을 균질화 열처리하는 단계; 를 포함하는 알루미늄 합금 제조 방법에 있어서, 상기 균질화 열처리 전 또는 상기 균질화 열처리 중에 제 1 소성가공을 수행하는 단계를 포함하는 알루미늄 합금 제조 방법이 제공된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B21B 1/22 (2013.01)
B21B 1/463 (2013.01)
B21C 1/00 (2013.01)
B21C 23/00 (2013.01)
B22D 21/04 (2013.01)
C22C 21/00 (2013.01)

(72) 발명자
김수현
경상남도 창원시 성산구 토월로27번길 18, 105동 902호
김형욱
경상남도 창원시 성산구 대암로 253, 104동 402호

(56) 선행기술조사문헌
KR1019980074868 A
JP2003321755 A
KR1020120095184 A
JP2000336454 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415139975
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 전략적핵심소재부품기술개발사업
연구과제명 미래수송기기 경량화를 위한 주조-전신재 겸용 강도연성지수 12GPa%급 친환경 Duplex 알루미늄 소재 개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구서
연구기간 2015.08.01 ~ 2016.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

알루미늄 합금 용탕을 주형에 주입하여 알루미늄 합금 주물을 제조하는 단계; 및

상기 알루미늄 합금 주물을 균질화 열처리하는 단계;

를 포함하는 알루미늄 합금 제조 방법에 있어서,

상기 균질화 열처리 전 또는 상기 균질화 열처리 중에 제 1 소성가공을 수행하는 단계를 포함하고,

상기 제 1 소성가공을 수행하는 단계는,

상기 알루미늄 합금 주물 내에 포함된 적어도 하나의 개재물의 크기를 기계적으로 더 감소시키거나, 상기 개재물에 균열을 형성시키는 단계를 포함하며, 상기 개재물에 균열을 형성시키는 단계는, 상기 알루미늄 합금 주물의 기지(matrix)를 제외한 상기 개재물에만 수행되게 하는,

알루미늄 합금 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 소성가공을 수행하는 단계는,

열간가공, 온간가공 및 냉간가공 중 어느 하나의 방법을 사용하거나, 또는 상기 방법 중 2종 이상의 방법을 조합하여 수행하는 단계를 포함하는,

알루미늄 합금 제조 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 소성가공을 수행하는 단계는,

상기 알루미늄 합금 주물 내에 포함된 적어도 하나의 개재물의 적어도 일부 표면의 곡률이 감소하는 단계를 포함하는,

알루미늄 합금 제조 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 개재물은 정출물 또는 2차상을 포함하는,

알루미늄 합금 제조 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 알루미늄 합금 용탕은 주조용 알루미늄 합금을 용융시켜 제조한 것인,

알루미늄 합금 제조 방법.

청구항 8

제 1 항, 제 2 항 및 제 5 항 내지 제 7 항 중 어느 하나의 항에 의해 제조된 알루미늄 합금을 제 2 소성가공하는 단계를 포함하는,

알루미늄 합금 가공재를 제조하는 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 제 2 소성가공 단계 이후 열처리를 수행하는 단계를 더 포함하는,

알루미늄 합금 가공재를 제조하는 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 열처리를 수행하는 단계는, 상기 제 2 소성가공을 거친 알루미늄 합금 내에 포함된 적어도 하나의 개재물의 적어도 일부 표면의 곡률이 감소하는 단계를 포함하는,

알루미늄 합금 가공재를 제조하는 방법.

청구항 11

제 1 항, 제 2 항 및 제 5 항 내지 제 7 항 중 어느 하나의 항에 의해 제조된 알루미늄 합금을 가공한 알루미늄 합금 가공재에 있어서,

상기 알루미늄 합금 가공재는, 주물에 포함된 기지를 둘러싸는 형태의 단일 구조 또는 층상 구조의 정출물 또는 2차상이 변형된 것으로서, 적어도 표면의 일부에 곡률을 포함하는 형상의 입자가 복수개로 기지 내에 분포되는 미세구조를 가지는,

알루미늄 합금 가공재.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

적어도 표면의 일부에 곡률을 포함하는 형상은 구형 또는 타원형을 포함하는,

알루미늄 합금 가공재.

청구항 13

주조용 알루미늄 합금 용탕을 주형에 주입하여 슬라브 또는 빌렛을 제조하는 단계;

상기 슬라브 또는 빌렛을 균질화 열처리하는 단계; 및

상기 균질화 열처리가 완료된 슬라브 또는 빌렛을 압연, 압출, 인발 중 어느 하나 이상의 방법을 이용하여 판재, 봉재 및 선재 중 어느 하나를 제조하는 단계를 포함하되,

상기 균질화 열처리 전 또는 상기 균질화 열처리 중에 소성가공을 수행하는 단계를 더 포함하고,

상기 균질화 열처리 전 또는 상기 균질화 열처리 중에 소성가공을 수행하는 단계는,

상기 슬라브 또는 빌렛 내에 포함된 적어도 하나의 정출물 또는 2차상의 크기를 기계적으로 더 감소시키거나, 상기 적어도 하나의 정출물 또는 2차상에 균열을 형성시키는 단계를 포함하며,

상기 적어도 하나의 정출물 또는 2차상의 크기를 기계적으로 더 감소시키거나, 상기 적어도 하나의 정출물 또는 2차상에 균열을 형성시키는 단계는, 상기 알루미늄 합금 용탕의 기지(matrix)를 제외한 상기 적어도 하나의 정

출물 또는 2차상에만 수행되게 하는,

알루미늄 합금 가공재를 제조하는 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 판재, 봉재 및 선재 중 어느 하나를 제조하는 단계 이후에 열처리하는 단계를 더 포함하는,

알루미늄 합금 가공재를 제조하는 방법.

청구항 15

삭제

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 균질화 열처리 전 또는 상기 균질화 열처리 중에 소성가공을 수행하는 단계는,

상기 슬라브 또는 빌렛 내에 포함된 적어도 하나의 정출물 또는 2차상의 적어도 일부 표면의 곡률이 감소하는 단계를 포함하는,

알루미늄 합금 가공재를 제조하는 방법.

청구항 17

제 13 항에 있어서,

판재, 봉재 및 선재 중 어느 하나를 제조하는 단계 이후에 열처리를 통하여 상기 판재, 봉재 및 선재 중 어느 하나의 내부에 포함된 적어도 하나의 정출물 또는 2차상의 적어도 일부 표면의 곡률을 감소시키는 단계를 더 포함하는,

알루미늄 합금 가공재를 제조하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 알루미늄 합금을 이용한 가공재 제조방법에 관한 것으로서, 더 상세하게는 균질화 열처리 단계에서 미세조직을 제어함으로써 가공성 및 기계적 특성을 크게 향상시킬 수 있는 알루미늄 합금을 이용한 가공재 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 자동차 연비규제 강화에 의한 경량화 추세에 따라 알루미늄 합금의 적용량이 급증하고 있다. 이에 따라 폐기되는 알루미늄 부품의 양도 점차 증가하고 있다. 알루미늄 합금의 경우 재활용 시, 원광석부터 생산에 필요한 에너지 대비 약 95%를 절감할 수 있다고 알려져 있다. 하지만 자동차 등 여러 제품에 적용되는 알루미늄 합금은 크게 주조재와 가공재로 구분되며, 제조사, 적용 부품, 요구 특성 등에 따라 다양한 합금원소가 첨가되어 사용되고 있다. 따라서 재활용 시에는 별도의 선별작업이 요구되며, 대부분 저급한 용도의 스크랩으로 취급되는 문제점이 있다. 그러므로 증가되는 알루미늄 부품의 재활용률을 높이기 위해서는 주조재와 가공재 합금의 통합화를 위한 연구개발이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 포함하여 여러 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 가공성 및 기계적 특성을 향상시킬 수 있는 알루미늄 합금을 이용한 가공재 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 그러나 이러한 과

제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 일 관점에 따르면, 알루미늄 합금 용탕을 주형에 주입하여 알루미늄 합금 주물을 제조하는 단계; 및 상기 알루미늄 합금 주물을 균질화 열처리하는 단계;를 포함하는 알루미늄 합금 제조 방법에 있어서, 상기 균질화 열처리 전 또는 상기 균질화 열처리 중에 제 1 소성가공을 수행하는 단계를 포함하는, 알루미늄 합금 제조 방법이 제공된다.

[0005] 상기 제 1 소성가공을 수행하는 단계는, 열간가공, 온간가공 및 냉간가공 중 어느 하나의 방법을 사용하거나, 또는 상기 방법 중 2종 이상의 방법을 조합하여 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0006] 상기 제 1 소성가공을 수행하는 단계는, 상기 알루미늄 주물 내에 포함된 적어도 하나의 개재물의 크기를 기계적으로 더 감소시키거나, 상기 개재물에 균열을 형성시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 개재물에 균열을 형성시키는 단계는, 상기 알루미늄 주물의 기지(matrix)를 제외한 상기 개재물에만 수행되게 할 수 있다.

[0008] 상기 제 1 소성가공을 수행하는 단계는, 상기 알루미늄 주물 내에 포함된 적어도 하나의 개재물의 적어도 일부 표면의 곡률이 감소하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 한편 상기 개재물은 정출물 또는 2차상을 포함할 수 있다.

[0010] 상기 알루미늄 합금 용탕은 주조용 알루미늄 합금을 용융시켜 제조한 것일 수 있다.

[0011] 본 발명의 다른 관점에 의하면, 상술한 방법에 의해 제조된 알루미늄 합금을 제 2 소성가공하는 단계를 포함하는, 알루미늄 가공재를 제조하는 방법이 제공된다.

[0012] 알루미늄 가공재를 제조하는 방법은 상기 제 2 소성가공 단계 이후 열처리를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 열처리를 수행하는 단계는, 상기 제 2 소성가공을 거친 알루미늄 합금 내에 포함된 적어도 하나의 개재물의 적어도 일부 표면의 곡률이 감소하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 관점에 의하면, 주조용 알루미늄 합금으로 주조된 주물을 가공한 알루미늄 합금 가공재에 있어서, 상기 알루미늄 합금 가공재는, 주물에 포함된 기지를 둘러싸는 형태의 단일 구조 또는 층상 구조의 정출물 또는 2차상이 변형된 것으로서, 적어도 표면의 일부에 곡률을 포함하는 형상의 입자가 복수개로서 기지 내에 분포하는 미세구조를 가지는, 알루미늄 합금 가공재가 제공된다. 상기 적어도 표면의 일부에 곡률을 포함하는 형상은 구형 또는 타원형을 포함할 수 있다.

[0015] 상기 층상 구조는 공정(共晶,eutectic) 조직과 같이 다른 상(phase)이 서로 교호적으로 적층되는 구조를 의미하며, 상기 단일구조는 이러한 층상 구조가 아닌 단일한 상에 의해 형성된 구조를 의미한다.

[0016] 본 발명의 또 다른 관점에 의하면, 주조용 알루미늄 합금 용탕을 주형에 주입하여 슬라브 또는 빌렛을 제조하는 단계; 상기 슬라브 또는 빌렛을 균질화 열처리하는 단계; 및 상기 균질화 열처리가 완료된 슬라브 또는 빌렛을 압연, 압출, 인발 중 어느 하나 이상의 방법을 이용하여 판재, 봉재 및 선재 중 어느 하나를 제조하는 단계를 포함하되, 상기 균질화 열처리 전 또는 상기 균질화 열처리 중에 소성가공을 수행하는 단계를 더 포함하는, 알루미늄 합금 가공재를 제조하는 방법이 제공된다.

[0017] 상기 판재, 봉재 및 선재 중 어느 하나를 제조하는 단계 이후에 열처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 균질화 열처리 전 또는 상기 균질화 열처리 중에 소성가공을 수행하는 단계는, 상기 슬라브 또는 빌렛 내에 포함된 적어도 하나의 정출물 또는 2차상의 크기를 기계적으로 더 감소시키거나, 상기 정출물 또는 2차상에 균열을 형성시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 균질화 열처리 전 또는 상기 균질화 열처리 중에 소성가공을 수행하는 단계는, 상기 슬라브 또는 빌렛 내에 포함된 적어도 하나의 정출물 또는 2차상의 적어도 일부 표면의 곡률이 감소하는 단계를 포함할 수 있다.

[0020] 또한 판재, 봉재 및 선재 중 어느 하나를 제조하는 단계 이후에 열처리를 통하여 상기 판재, 봉재 및 선재 중 어느 하나의 내부에 포함된 적어도 하나의 정출물 또는 2차상의 적어도 일부 표면의 곡률을 감소시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 상기한 바와 같이 이루어진 본 발명의 일 실시예에 따르면, 알루미늄 합금 주조재와 가공재를 통합하여 사용할 수 있는 방법으로서, 별도의 선별작업이 필요없으며, 별도의 부대설비를 도입할 필요가 없고, 재활용이 용이하고, 우수한 가공성과 기계적 특성을 갖는 주조용 알루미늄 합금을 이용한 가공재 제조방법을 구현할 수 있다. 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 실시예 및 비교예에 따른 주조용 알루미늄 합금을 이용한 가공재 제조방법을 도식화하여 나타낸 공정순서도이다.

도 2는 본 발명의 실시예 및 비교예에 따른 알루미늄 합금 주조재 샘플의 미세조직을 광학현미경으로 분석한 결과이다.

도 3은 본 발명의 실시예 및 비교예에 따른 알루미늄 합금 주조재 샘플의 2차상의 형태를 3차원으로 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 비교예에 따른 알루미늄 합금 주조재 샘플의 외관을 나타내는 사진이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 알루미늄 합금 주조재 샘플의 외관을 나타내는 사진이다.

도 6 내지 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 알루미늄 합금 주조재 샘플의 미세조직을 보여주는 사진이다.

도 9는 본 발명의 실시예 및 비교예에 따른 알루미늄 합금 주조재 샘플의 기계적 특성을 분석한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 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.

[0024] 본 발명은 균질화 열처리 전 또는 균질화 열처리 중에 소정의 소성가공을 도입함으로써 가공재의 기계적 특성을 향상시킬 수 있는 알루미늄 합금을 이용한 가공재 제조방법에 관한 것이다. 특히, 소성가공 공정을 도입하여 알루미늄 기지 주위의 2차상을 미세화시켜 연신율과 항복강도가 우수한 가공재의 제조방법에 관한 것이다. 본 발명은 다양한 조성을 가지는 주조용 알루미늄 합금 및 가공용 알루미늄 합금 모두에 있어서, 공정조직 내 정출물을 보다 미세하고 균질화되게 하는 공정을 도입함에 따라 종래의 알루미늄 합금에서는 발견할 수 없었던 우수한 기계적 특성을 갖는 알루미늄 합금 가공재를 생산할 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 의한 알루미늄 합금의 제조방법은 알루미늄 합금 용탕을 주형에 주입하여 알루미늄 주물을 제조하는 단계; 및 상기 알루미늄 주물을 균질화 열처리하는 단계를 포함한다. 이때 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 균질화 열처리 전 또는 상기 균질화 열처리 중에 제 1 소성가공을 수행하는 단계를 포함한다. 상기 제 1 소성가공은 알루미늄 합금 주물을 균질화 열처리 하기 전 또는 균질화 열처리 중에 알루미늄 합금 주물에 인가되는 가공을 의미하며, 균질화 열처리가 완료된 알루미늄 합금 주물을 이용하여 소정의 형상을 가지는 가공재를 제조하기 위한 제 2 소성가공과 구분된다.

[0026] 균질화 열처리는 주조된 주물 혹은 잉곳(ingot)의 내부에 존재하는 편석이나 변형을 제거하여 내부 조직을 균질하게 하기 위한 열처리를 의미한다.

[0027] 상기 알루미늄 합금 용탕은 주조용 알루미늄 합금을 용융시켜 제조한 것일 수 있다. 주조용 알루미늄 합금은 예를 들어, KS 규격, JIS 규격, AA 규격 등에 의해 정의되는 알루미늄 합금이거나 또는 그 외에도 주조용으로 개발되어 사용되는 모든 알루미늄 합금을 포함한다.

[0028] 상기 알루미늄 합금 주물은 대표적으로 슬라브 형태이거나 빌렛 형태일 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다. 또한 알루미늄 합금 주물을 제조하기 위한 주조방법은 중력주조, 다이캐스팅, 연속주조 등 주지의 주조방법을 모두 포함할 수 있다.

[0029] 상기 제 1 소성가공은 열간가공, 온간가공 및 냉간가공 중 어느 하나의 방법을 사용하거나, 또는 상기 방법 중

2종 이상의 방법을 조합하여 수행할 수 있다. 이러한 가공 형태로는 압연, 압출, 인발 등을 예시할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니고 이외에 외력에 의해 소재의 소성변형을 유발할 수 있는 어떠한 가공방법을 모두 포함한다.

[0030] 예시적으로 제 1 소성가공으로는 냉간압연을 포함할 수 있으며, 상기 냉간압연 공정 이외에도 냉간압출 등과 같은 다른 냉간가공 방법으로 대체될 수도 있다. 상기 냉간가공 공정에 대한 구체적인 공정 기술은 이미 널리 공지된 것으로 상세한 설명은 생략한다.

[0031] 상기 제 1 소성가공은 상기 알루미늄 합금 주물을 구성하는 알루미늄 기지에 분포되는 개재물의 크기를 기계적으로 더 감소시킬 수 있다. 또는 상기 개재물 내부에 균열을 형성시킬 수 있다. 여기서 개재물은 주조 과정에서 정출되는 정출물이나 제 1 소성가공 전 알루미늄 합금 주물 기지에 형성된 2차상, 예를 들어 Mg_2Si, Al_2Cu 등과 같은 금속간화합물 내지 초정 Si, 공정 Si 등을 포함할 수 있다.

[0032] 상기 제 1 소성가공을 통해 상기 개재물의 크기를 감소시키거나 균열을 형성시킴으로써, 상기 개재물의 표면적을 증대시킬 수 있다. 여기서, 상기 제 1 소성가공은 상기 알루미늄 합금 주물 전체에 균열을 발생시키지 않으면서 취성을 갖는 개재물(예를 들어, 정출물, 2차상 등)에만 균열을 유도하는 특정한 범위 내에서 수행될 수 있다.

[0033] 상기 개재물을 기계적으로 미세화 시키는 단계에서 상기 개재물의 곡률을 감소시켜 구상화에 유리하게 할 수 있다. 이러한 제 1 소성가공 단계에서 기계적으로 미세화되거나 균열이 생긴 개재물은 제 1 소성가공 단계가 완료된 이후에 수행되는 균질화 열처리 과정에서 이러한 제 1 소성가공 단계를 거치지 않은 것에 비해 개재물의 구상화가 더욱 촉진되며, 이로 인해 최종 소재의 기계적 특성을 향상시킬 수 있다.

[0034] 상기 제 1 소성가공 단계는, 상술한 효과를 나타내게 할 수 있는 정도로 외력으로 알루미늄 합금 주물을 소성가공 한다. 이는 알루미늄 합금의 성분이나 주조상태에 따라 달라질 수 있음을 의미한다. 예시적으로는 이러한 제 1 소성가공은 상기 제 1 소성가공 전후로 상기 알루미늄 합금의 두께 또는 길이의 변화율이 1% 이상(100% 미만) 바람직하게는 3% 이상(100% 미만)의 범위가 되도록 소성가공할 수 있다.

[0035] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따를 경우, 알루미늄 합금 용탕의 용해/주조 단계 이후에 알루미늄 합금 주물의 제 1 균질화 열처리 단계를 수행한 후 제 1 소성가공하는 단계를 수행하고, 연속적으로 제 2 균질화 열처리 단계를 수행할 수 있다. 이 때, 상기 제 1 소성가공은 상기 균질화 열처리 공정이 종료되기 이전에 수행하면 된다. 제 1 균질화 열처리 시간과 제 2 균질화 열처리 시간은 동일할 수 있으나, 반드시 동일해야 하는 것은 아니다. 예를 들어, 제 1 균질화 열처리 시간이 12시간, 제 2 균질화 열처리 시간이 12시간으로 동일할 수 있다. 또는 제 1 균질화 열처리 시간이 6시간, 제 2 균질화 열처리 시간이 18시간으로 전체적인 균질화 열처리 시간에 따라 제 1 균질화 열처리 공정조건 및 제 2 균질화 열처리 공정조건을 조정할 수 있다. 상기 균질화 열처리 공정조건은 시간에만 국한된 것이 아니라 열처리 온도 등과 같은 다른 공정조건도 조정 가능함을 의미한다.

[0036] 이상과 같이 제조된 알루미늄 합금 주물은 후속하는 제 2 소성가공을 거쳐 소정의 형상을 가지는 알루미늄 합금 가공재로 제조될 수 있다. 전술한대로, 균질화 열처리가 완료된 이후의 최종 제품을 제조하기 위한 소성가공은 제 2 소성가공으로 지칭된다. 이러한 제 2 소성가공은 예시적으로 압연, 압출, 인발 등이 포함될 수 있으며, 소정의 형상을 가지는 가공재를 제조하기 위하여 당업자에게 주지된 소성가공 방법을 모두 포함한다. 이러한 소정의 형상을 가진 가공재는 예시적으로 판재, 봉재, 선재 등을 모두 포함한다. 이러한 가공기술은 공정 기술은 이미 널리 공지된 것으로 상세한 설명은 생략한다.

[0037] 통상 종래에는 소성가공을 통해 알루미늄 합금 가공재를 제조하기 위해 주조하는 단계에서 가공재용 알루미늄 합금을 이용하여 주조한 후에 이를 가공하는 단계를 거친다. 이러한 가공재용 알루미늄 합금(또는 전신재용 알루미늄 합금)은 KS 규격, JIS 규격, AA 규격 등에 별도로 정의되어 있다. 주조용 알루미늄 합금을 이용하여 제조한 알루미늄 합금 주물을 추가로 소성가공 하는 경우에는 열악한 가공성으로 인해 실제 양질의 가공재를 제조하기 어렵거나 소성가공 중에 나타나는 균열 등의 문제로 인해 추가 소성가공 자체가 어려운 경우가 많이 발생한다.

[0038] 그러나 본 발명의 실시예에 따라 제조된 알루미늄 합금은 통상의 주조용 알루미늄 합금으로 주조된 주물이더라도 후속하는 가공단계에서 우수한 가공성을 나타내므로 안정적으로 가공재를 제조할 수 있다.

[0039] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면 반드시 주조용 알루미늄 합금으로 된 주물이 아닌 종래의 가공용 알루미늄 합금으로 된 주물을 이용하여 최종 가공재를 제조하는 경우에도 역시 적용될 수 있다.

[0040] 제 2 소성가공을 거쳐 제조된 가공재는 추가적으로 열처리 단계를 거칠 수 있다. 이 과정에서 제 1 소성가공 단계에서 기계적으로 미세화되거나 균열이 생긴 개재물은 표면적의 증가에 따라 그 곡률의 감소된 효과, 즉 구상화 효과가 더욱 촉진될 수 있으며, 이로 인해 가공재의 기계적 특성을 더욱 향상시킬 수 있다.

[0041] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위해서 상술한 기술적 사상을 적용한 실험예를 설명한다. 다만, 하기의 실험예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 아래의 실험예에 의해서 한정되는 것은 아니다.

[0042] 도 1은 본 발명의 실시예 및 비교예에 따른 주조용 알루미늄 합금을 이용한 가공재 제조방법을 도식화하여 나타낸 공정순서도이다. 구체적으로, 도 1의 (a)는 본 발명의 비교예에 의한 주조용 알루미늄 합금을 이용한 가공재 제조방법을 개략적으로 도시한 공정순서도이고, 도 1의 (b) 및 (c)는 본 발명의 실시예에 따른 주조용 알루미늄 합금을 이용한 가공재 제조방법을 개략적으로 도시한 공정순서도이다. 본 발명에서 사용한 공정조건을 하기 표 1에 정리하였다.

[0043] [표 1]

[0044]

	초기 슬라브 두께	균질화 열처리			열간압연 (400°C)	중간 열처리	냉간압연 (25°C)
		균질화1	냉연압연	균질화2			
비교예 1	25 mm	-	0%	580°C, 24시간	25mm → 4mm	400°C, 1시간	4mm → 1mm
실시예 1		-	3.83%	580°C, 24시간	24mm → 4mm	400°C, 1시간	
실시예 2		580°C, 12시간	3.25%	580°C, 12시간	24mm → 4mm	400°C, 1시간	

[0045] 도 1의 (a)와 표 1을 참조하면, 본 발명의 비교예에 의한 샘플로서, 주조용 알루미늄 합금 용탕을 주형에 주입한 후 냉각하여 알루미늄 합금 슬라브 샘플을 제조하였다. 알루미늄 합금은 상용 주조용 합금인 Magsimal-59($AlMg_5Si_2Mn$)를 이용하였다. 제조된 알루미늄 합금 슬라브 샘플에 580℃, 24시간동안 균질화 열처리를 수행하고, 400℃에서 열간압연 공정을 처리하고, 중간열처리 및 25℃에서 냉간압연을 순차적으로 수행하여 비교예 1인 알루미늄 합금 판재 샘플을 제조하였다.

[0046] 한편, 도 1의 (b)와 표 1을 참조하면, 본 발명의 실험예에 의한 샘플로서, 비교예 1 샘플과 동일한 주조용 알루미늄 합금 용탕을 주형에 주입한 후 냉각하여 알루미늄 합금 슬라브 샘플을 제조하였다. 제조된 알루미늄 합금 슬라브 샘플에 슬라브의 두께가 초기 두께보다 감소하도록 냉간압연을 수행한 후, 580℃, 24시간동안 균질화 열처리를 수행하고, 400℃에서 열간압연 공정을 처리하고, 중간열처리 및 25℃에서 냉간압연을 순차적으로 수행하여 실시예 1인 알루미늄 합금 판재 샘플을 제조하였다.

[0047] 도 1의 (c)와 표 1을 참조하면, 본 발명의 다른 실험예에 의한 샘플로서, 비교예 1 샘플과 동일한 주조용 알루미늄 합금 용탕을 주형에 주입한 후 냉각하여 알루미늄 합금 슬라브 샘플을 제조하였다. 제조된 알루미늄 합금 슬라브 샘플에 580℃, 12시간동안 제 1 균질화 열처리를 수행하고, 냉간압연을 수행한 후 580℃, 12시간동안 제 2 균질화 열처리를 수행하고, 400℃에서 열간압연 공정을 처리하고, 중간열처리 및 25℃에서 냉간압연을 순차적으로 수행하여 실시예 2인 알루미늄 합금 판재 샘플을 제조하였다.

[0048] 한편, 단계별 미세조직을 관찰하기 위하여 비교예 1과 다른 비교예 2로서 단지 동일한 알루미늄 합금을 단지 주조만 수행한 알루미늄 합금 주물을 제조하였다.

[0049] 도 2는 본 발명의 실시예 및 비교예에 따른 알루미늄 합금 주조재 샘플의 미세조직을 광학현미경으로 분석한 결과이다.

[0050] 도 2를 참조하면, 본 발명에서 사용한 주조용 알루미늄 합금의 주조상태(비교예 2, 도 2의 (a)), 비교예 1(도 2의 (b)), 실시예 1(도 2의 (c)) 및 실시예 2(도 2의 (d))의 알루미늄 합금 슬라브 샘플을 각각 균질화 열처리를 수행한 후 알루미늄 합금 슬라브 샘플의 미세조직을 광학현미경으로 관찰한 사진이다. 초기 비교예 2(도 2의 (a))에서는 알루미늄 기지(α-Al) 주위에 층상구조의 Al(초정 α-Al)과 Mg_2Si 공정 조직이 형성되어 있다. 단순

히 균질화 열처리 공정만 수행한 비교예 1(도 2의 (b))의 경우, Al 기지상 이외에 일부 구상화된 Mg_2Si와 길다란 섬유 형태의 Mg_2Si가 혼재되어 있는 형태로 분포되어 있다. 반면에, 균질화 열처리 전에 냉간압연을 수행한 실시예 1(도 2의 (c))과 균질화 열처리 중 냉간압연을 수행한 실시예 2(도 2의 (d))에서는 Mg_2Si 입자가 대부분 구상화 된 것을 확인하였다.

[0051] 도 3은 본 발명의 실시예 및 비교예에 따른 알루미늄 합금 주조재 샘플의 2차상의 형태를 3차원으로 나타낸 도면이다.

[0052] 도 3을 참조하면, 도 2의 미세조직을 분석한 위치와 동일한 위치에서의 2차상의 형태를 3차원적으로 나타낸 것이다. 도 2와 마찬가지로 초기 주조재(비교예 2, (도 3의 (a)))에서는 층상구조의 Al 기지상과 Mg_2Si 공정 조직이 형성되어 있다. 단순히 균질화 열처리만 수행한 비교예 1(도 3의 (b))의 경우, Mg_2Si가 대부분 판상 형태로 분포되어 있다. 반면에, 균질화 열처리 전에 냉간압연을 수행한 실시예 1(도 3의 (c))과 균질화 열처리 중 냉간압연을 수행한 실시예 2(도 3의 (d))에서는 Mg_2Si 입자가 대부분 섬유형태 또는 구상화 된 것을 확인하였다. 이로부터 본 발명의 실시예에 따라 균질화 열처리 전 또는 그 중간에 소성가공을 수행한 경우, 2차상인 Mg_2Si가 더욱 미세화된 것을 알 수 있다.

[0053] 도 4의 (a) 내지 (c)를 참조하면, 도 1의 (a) 공정으로 균질화 열처리를 수행한 후, 열간압연을 수행한 비교예 1의 알루미늄 합금 판재 샘플의 외관을 나타내는 사진이다. 초기 균질화 열처리를 수행한 후 약 25㎜ 두께의 슬라브 샘플을 약 21㎜ 두께까지 열간압연하였을 때 도 4의 (c)에서 일점쇄선의 화살표가 위치한 곳을 따라 균열이 발생하였다. 심한 균열 발생으로 인하여 압연공정 수행이 불가능하였다. 그 원인으로는 구상화되지 않은 길다란 섬유형태의 Mg_2Si 입자를 따라 균열이 전파된 것으로 보여진다. 즉, Mg_2Si의 취성(brittleness)으로 인한 균열 때문에 압연이 불가능하였다.

[0054] 반면, 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시예인 도 1의 (b)와 (c) 공정으로 균질화 열처리가 종료되기 전 냉간압연을 수행하고, 열간압연과 냉간압연을 수행한 실시예 1(도 5의 (a) 및 (b))과 실시예 2(도 2의 (c) 및 (d)) 알루미늄 합금 판재 샘플의 외관을 나타내는 사진이다. 실시예 1(도 5의 (a) 및 (b))과 실시예 2(도 2의 (c) 및 (d))의 알루미늄 합금 슬라브 샘플은 두께 4㎜까지 열간압연을 수행하고, 추가적으로 두께 1㎜까지 냉간압연을 수행하는 동안 균열발생이 발견되지 않았다. 단순히 균질화 열처리만을 수행한 비교예 1의 알루미늄 합금 슬라브 샘플의 경우와 비교하여 균질화 열처리 전에 냉간압연을 수행한 실시예 1과 균질화 열처리 중간에 냉간압연을 수행한 실시예 2의 알루미늄 합금 슬라브 샘플은 균질화 열처리가 종료되기 전에 냉간압연을 수행함으로써 압연 가공성이 크게 향상되었다.

[0055] 도 6 내지 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 알루미늄 합금 주조재 샘플의 미세조직을 보여주는 사진이다.

[0056] 도 6의 (a)는, 도 1(b)의 제조공정 단계에서 균질화 열처리 전에 수행한 냉간압연 직후의 실시예 1 샘플의 미세조직을 관찰한 사진결과이며, 도 6의 (b)는 도 1(c)의 제조공정 단계에서 2차 균질화 처리 전 냉간압연을 실시한 직후의 실시예 2 샘플의 미세조직을 관찰한 사진결과이다. 도 6(a) 및 (b)를 참조하면, 냉간압연에 의해 Mg_2Si 상(2차상)의 파쇄가 일어난 것을 알 수 있다. 냉간압연 수행시 알루미늄 기지에 정출된 2차상인 침상의 Mg_2Si상을 분쇄하여 미세화 처리함으로써 Mg_2Si 상의 표면적이 크게 증가함을 확인할 수 있다.

[0057] 도 7은 도 6에 도시된 실시예 1 샘플(a)과 실시예 2 샘플(b)을 각각 균질화 열처리 종료 후 열간압연, 중간열처리, 냉간압연을 실시하고, 이후에 열처리(580℃에서 1시간 유지) 공정을 수행하고, 수냉시킨 후 Mg_2Si 상(2차상)의 분포를 보여주는 광학현미경 사진이다. 도 8은 도 7에 도시된 샘플들의 결정립 크기를 보여주는 광학현미경 사진이다.

[0058] 도 7을 참조하면, 초기 주조재(비교예 2)에서 층상구조를 나타내었던 Mg_2Si(2차상)이 약 3㎛ 수준의 구형 입자로 분포함을 확인하였다. 도 8을 참조하면, 결정립이 약 20㎛ 수준의 등축정을 이루고 있음을 확인하였다.

[0059] 본 발명의 실시예에 의할 시 주조 과정에서 형성되어 주물 내에서 존재하는 정출물 또는 2차상과 같은 개재물들은 이후에 수행되는 단계에 의해 그 형태 또는 구조의 형태의 현저한 변화를 나타내게 된다. 즉, 주조용 알루미늄 합금으로 주조한 직 후에는 도 2(a)와 같이, 기지인 α-Al을 층상조직을 가지는 Al과 Mg_2Si 공정(eutectic) 조직이 둘러싸는 미세구조를 보이나, 본 발명의 실시예에 따른 과정을 거쳐 제조된 알루미늄 합금 가공재는 도

7과 같이 표면에 곡률을 가지는 구형 또는 타원형의 입자가 기지에 분포하는 미세구조를 가지게 된다.

[0060] 종래의 주조용 알루미늄 합금의 경우에는 주물용으로만 사용되었고 가공재로는 사용되지 않았는바, 합금성분이 주조용 알루미늄 합금인 경우에는 도 2(a)와 같은 전형적인 주조조직만을 나타내었다. 그러나 본 발명의 실시예에 의할 경우에는 주조용 알루미늄 합금 성분을 가지고 있더라도 도 7과 같이 종래 주물에서는 볼 수 없는 미세구조를 가지는 알루미늄 합금 가공재가 제공된다.

[0061] 도 9는 본 발명의 실시예 및 비교예에 따른 알루미늄 합금 주조재 샘플의 기계적 특성을 분석한 그래프이다.

[0062] 도 9를 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따라 제조된 실시예 1의 알루미늄 합금 판재 샘플과 실시예 2의 알루미늄 합금 판재 샘플의 인장특성을 주조재(비교예 2)와 비교한 그래프이다. 여기서, 비교예 1의 알루미늄 합금 판재 샘플의 경우, 열간압연 공정 수행 도중 균열로 인하여 인장시험편을 얻을 수 없었다. 따라서, 주조 직후(as-cast)의 주조재(비교예 2) 슬라브로부터 채취한 인장시험편을 비교대상으로 하였다.

[0063] 또한, 실시예 1의 알루미늄 합금 판재 샘플 및 실시예 2의 알루미늄 합금 판재 샘플을 각각 580℃에서 1시간 유지 후 수냉(T4 열처리)한 경우와 실시예 1의 알루미늄 합금 판재 샘플, 실시예 2의 알루미늄 합금 판재 샘플 및 주조재(비교예 2) 샘플을 각각 580℃에서 1시간 유지 후 수냉한 후, 추가적으로 250℃에서 1시간 유지한 후 수냉(T6 열처리)한 경우의 기계적 특성 값을 모두 비교분석하였다. 상기 기계적 특성 값은 하기 표 2에 정리하였다.

[0064] [표 2]

	열처리	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)
주조재 (비교예2)	As-cast	88.6	204.0	5.6
	T6	155.2	223.0	5.9
실시예 1	T4	101.2	243.9	19.0
	T6	172.2	244.9	11.5
실시예 2	T4	117.2	259.3	20.1
	T6	168.2	237.9	9.7

[0065]

[0066] 먼저, 실시예 1의 알루미늄 합금 판재 샘플과 실시예 2의 알루미늄 합금 판재 샘플을 T4 열처리한 경우, 실시예 1의 알루미늄 합금 판재 샘플과 실시예 2의 알루미늄 합금 판재 샘플 모두 주조재보다 크게 향상된 인장특성을 나타내었다. 특히, 연신율의 경우에는 비교예 2가 6%임에 비해 실시예 1 및 2의 경우에는 약 20%로 약 300% 이상의 연신율 향상을 나타내었다.

[0067] 실시예 1의 알루미늄 합금 판재 샘플과 실시예 2의 알루미늄 합금 판재 샘플을 T6 열처리한 경우, 항복강도가 크게 향상되었으며, 주조재(비교예 2) 샘플을 T6 열처리한 경우와 비교하면 약 10% 이상 향상된 값을 나타내었다.

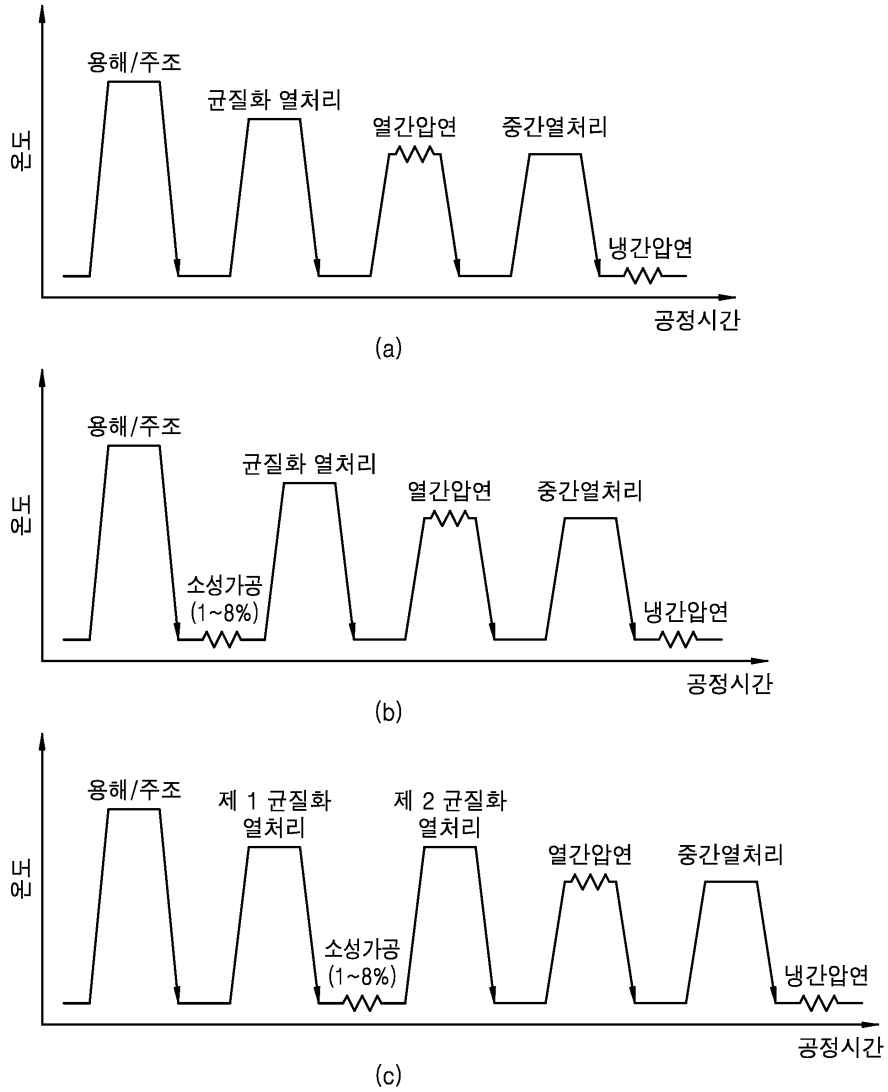
[0068] 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 의한 주조용 알루미늄 합금을 이용한 가공재 제조방법은 알루미늄 합금 용탕을 주형에 주입하여 알루미늄 합금 주조재를 제조하고, 상기 주조재를 균질화 열처리 전 또는 균질화 열처리 중간에 소성가공을 수행한 후 균질화 열처리를 종료한다. 이후에 상기 균질화 열처리한 주조재를 다시 소성가공함으로써 가공재를 제조할 수 있다.

[0069] 본 발명의 실시예에 의할 시, 알루미늄 합금 주조재와 가공재를 통합하여 사용할 수 있는 방법으로서, 별도의 선별작업이 필요없으며, 별도의 부대설비를 도입할 필요가 없고 기존의 열처리로와 압연기만 있으면 적용이 가능한 제조방법으로써, 경제적이며 우수한 기계적 특성을 갖는 알루미늄 합금 가공재를 제조할 수 있다.

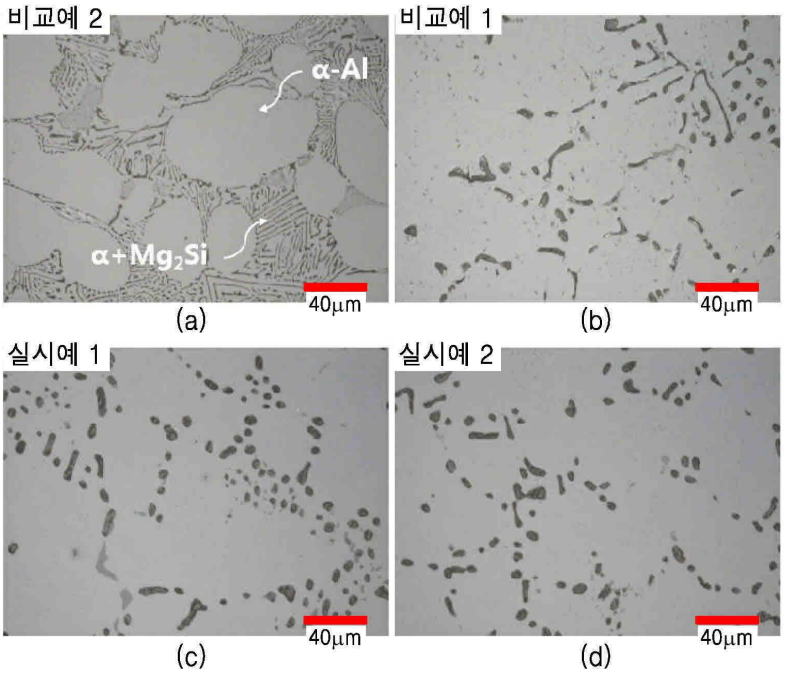
[0070] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면

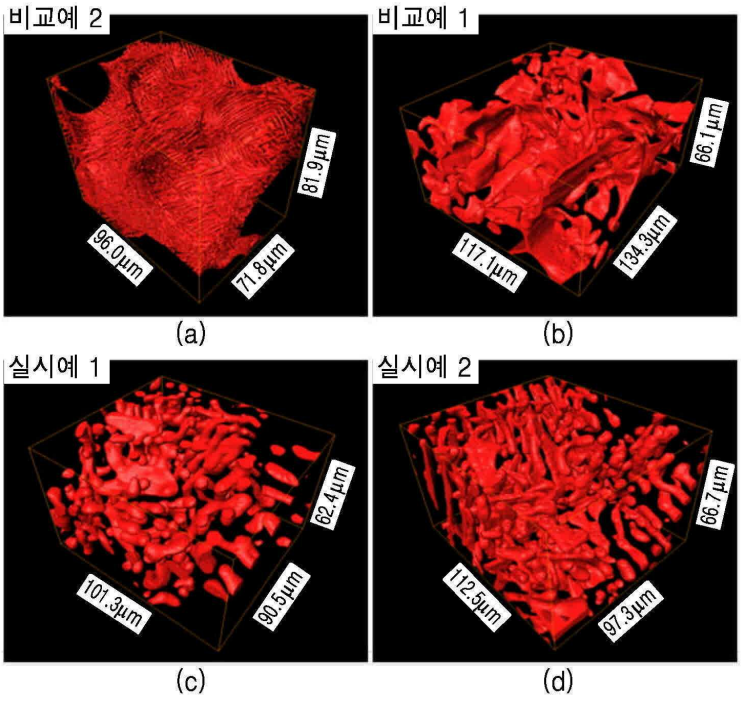
도면1


용해/주조
균질화 열처리
열간압연
중간열처리
냉간압연
온도
공정시간
(a)
용해/주조
균질화 열처리
열간압연
중간열처리
소성가공
(1~8%)
냉간압연
온도
공정시간
(b)
용해/주조
제 1 균질화
열처리
제 2 균질화
열처리
열간압연
중간열처리
소성가공
(1~8%)
냉간압연
온도
공정시간
(c)

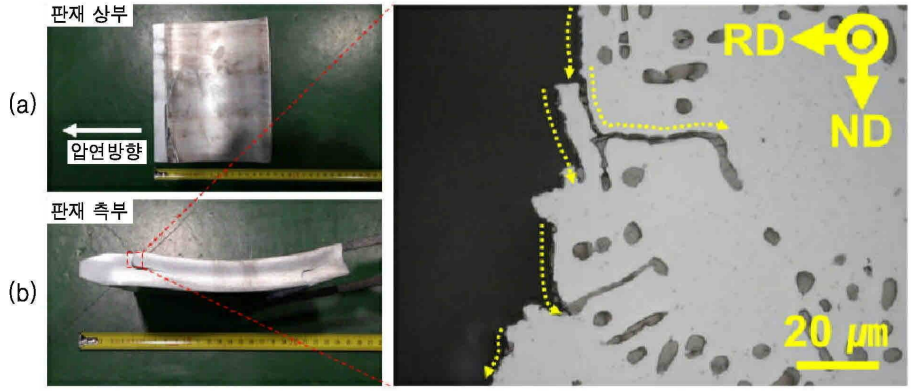
도면2


비교예 2
α-Al
α+Mg2Si
40μm
(a)
비교예 1
40μm
(b)
실시예 1
40μm
(c)
실시예 2
40μm
(d)

도면3

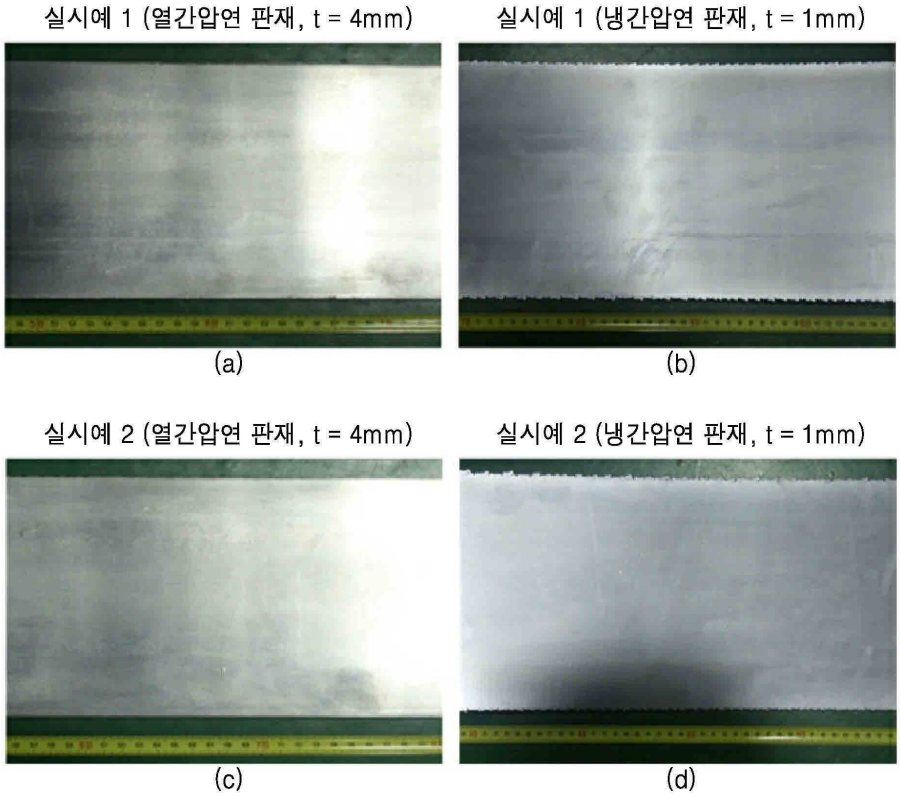

비교예 2
81.9μm
96.0μm
71.8μm
(a)
비교예 1
66.1μm
117.1μm
134.3μm
(b)
실시예 1
62.4μm
101.3μm
90.5μm
(c)
실시예 2
66.7μm
112.5μm
97.3μm
(d)

도면4

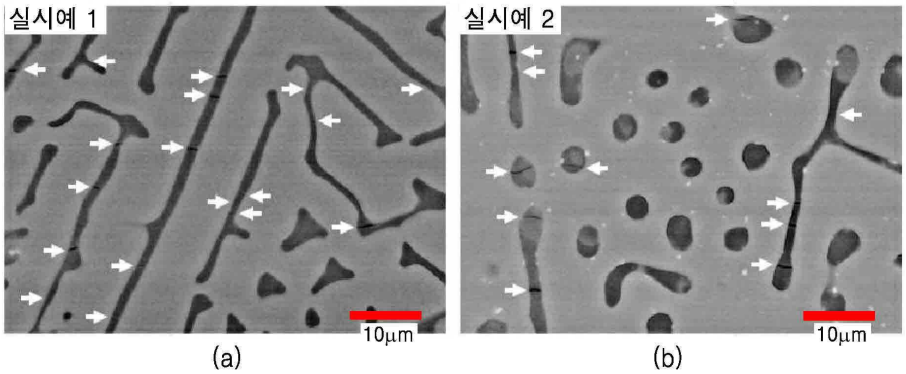

(a)
판재 상부
압연방향
(b)
판재 측부
RD
ND
20 μm

(c)

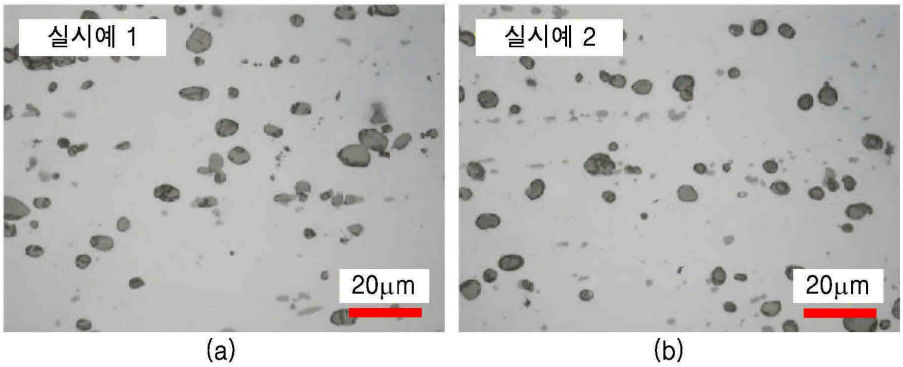
도면5


실시예 1 (열간압연 판재, t = 4mm)
실시예 1 (냉간압연 판재, t = 1mm)
(a)
(b)
실시예 2 (열간압연 판재, t = 4mm)
실시예 2 (냉간압연 판재, t = 1mm)
(c)
(d)

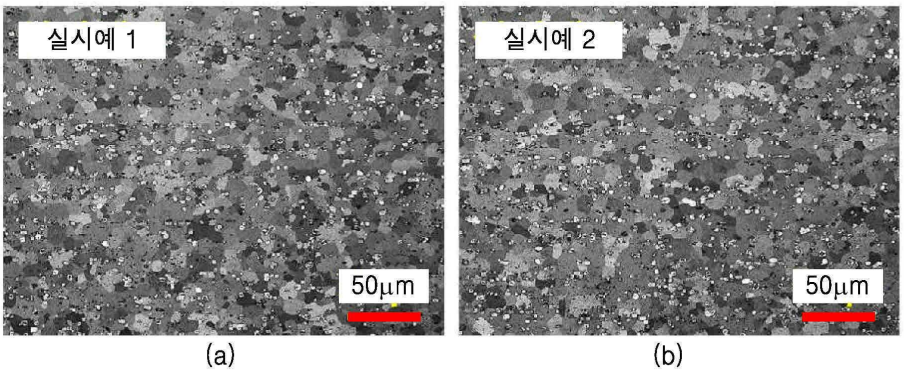
도면6


실시예 1
10μm
(a)
실시예 2
10μm
(b)

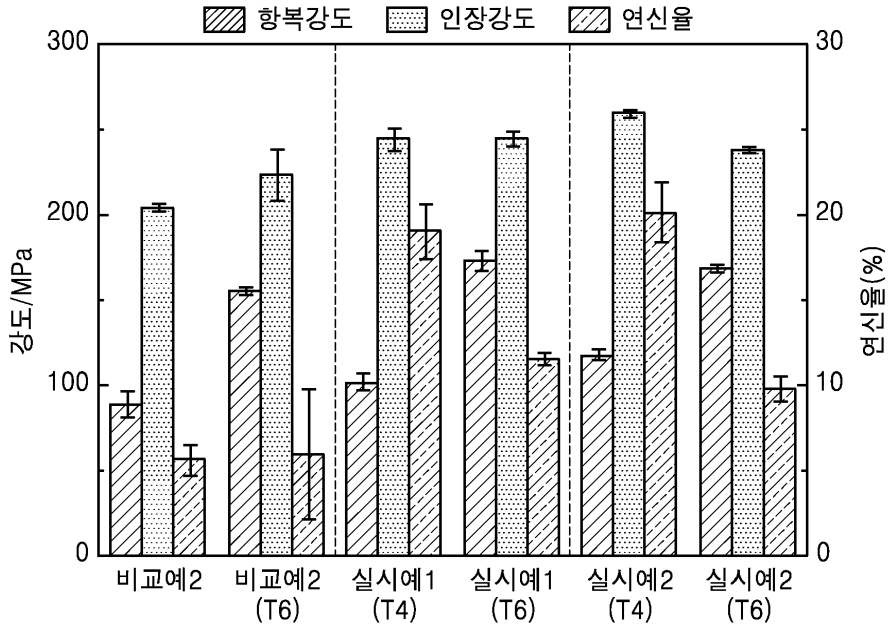
도면7


실시예 1
20μm
(a)
실시예 2
20μm
(b)

도면8


실시예 1
50μm
(a)
실시예 2
50μm
(b)

도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1, 5

【변경전】

상기 알루미늄 주물

【변경후】

상기 알루미늄 합금 주물