(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년07월24일
(11) 등록번호 10-1760076
(24) 등록일자 2017년07월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 21/02 (2006.01) *C22C 1/02* (2006.01)
C22C 18/04 (2006.01) *C22F 1/053* (2006.01)
C22F 1/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 21/02 (2013.01)
C22C 1/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0071883
(22) 출원일자 2016년06월09일
심사청구일자 2016년06월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR101274063 B1*
KR1020170014282 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
한승전
경상남도 창원시 성산구 성주동 한림푸르지오아파트
안지혁
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
김민수
경상남도 창원시 성산구 상남동 61~80
(74) 대리인
특허법인이지

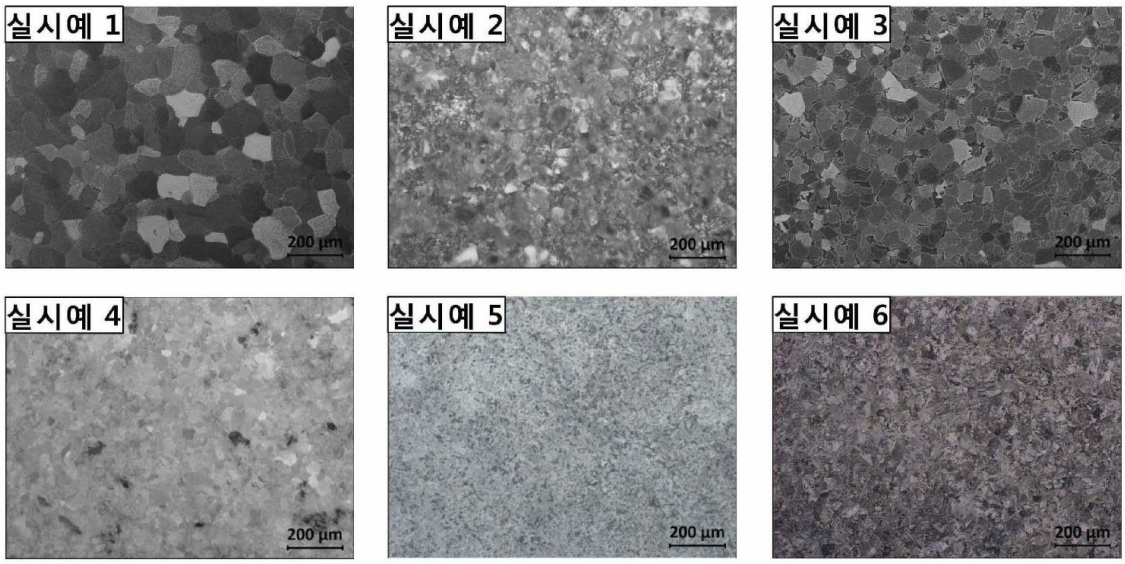
전체 청구항 수 : 총 15 항 심사관 : 조현정

(54) 발명의 명칭 **석출물을 포함하는 강도와 연신율이 향상된 알루미늄-아연 합금 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 합금 전체 중량에 대해서 20 중량부 초과의 아연을 포함하는 알루미늄-아연(Al-Zn) 합금이고, 단위 면적당 5% 이상으로 강제로 생성된 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 포함하는 강도 및 연신율이 향상된 알루미늄-아연 합금에 관한 것이다. 상기한 본 발명에 의하면, 알루미늄-아연 합금의 인장강도 및 연신율을 동시에 향상시킬 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
C22C 18/04 (2013.01)
C22F 1/053 (2013.01)
C22F 1/165 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNK4410
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 주요사업
연구과제명 내마모형 고력황동 제조기술(1/1)
기 여 율 1/1
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2015.03.01 ~ 2015.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

합금 전체 중량에 대해서 20 중량부 초과, 50 중량부 이하의 아연을 포함하고 잔부로 알루미늄을 포함하는 알루미늄-아연(Al-Zn) 합금이고,

상기 알루미늄-아연 합금은 석출촉진 금속을 포함하며,

상기 석출촉진 금속은 합금 전체 중량에 대해서 0.05 내지 5 중량부의 구리(Cu), 0.05 내지 0.1 중량부의 티타늄(Ti), 0.1 내지 0.3 중량부의 규소(Si), 0.1 내지 0.5 중량부의 철(Fe), 0.1 내지 0.5 중량부의 망간(Mn), 0.1 내지 5 중량부의 마그네슘(Mg), 및 0.1 내지 3 중량부의 크롬(Cr)으로부터 선택되는 하나 이상이고,

상기 알루미늄-아연 합금은 단위 면적당 5% 이상으로 강제로 생성된 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 포함하고,

상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 석출물간 평균 간격은 105nm 이하인, 강도와 연신율이 향상된 알루미늄-아연 합금.

청구항 2

합금 전체 중량에 대해서 20 중량부 초과, 50 중량부 이하의 아연을 포함하고 잔부로 알루미늄을 포함하는 알루미늄-아연(Al-Zn) 합금이고,

상기 알루미늄-아연 합금은 석출촉진 금속을 포함하며,

상기 석출촉진 금속은 합금 전체 중량에 대해서 0.05 내지 5 중량부의 구리(Cu), 0.05 내지 0.1 중량부의 티타늄(Ti), 0.1 내지 0.3 중량부의 규소(Si), 0.1 내지 0.5 중량부의 철(Fe), 0.1 내지 0.5 중량부의 망간(Mn), 0.1 내지 5 중량부의 마그네슘(Mg), 및 0.1 내지 3 중량부의 크롬(Cr)으로부터 선택되는 하나 이상이고,

상기 알루미늄-아연 합금은 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 포함하고,

상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 평균 종횡비는 20 이상이고,

상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 석출물간 평균 간격은 105nm 이하인, 강도와 연신율이 향상된 알루미늄-아연 합금.

청구항 3

합금 전체 중량에 대해서 20 중량부 초과, 50 중량부 이하의 아연을 포함하고 잔부로 알루미늄을 포함하는 알루미늄-아연(Al-Zn) 합금이고,

상기 알루미늄-아연 합금은 석출촉진 금속을 포함하며,

상기 석출촉진 금속은 합금 전체 중량에 대해서 0.05 내지 5 중량부의 구리(Cu), 0.05 내지 0.1 중량부의 티타늄(Ti), 0.1 내지 0.3 중량부의 규소(Si), 0.1 내지 0.5 중량부의 철(Fe), 0.1 내지 0.5 중량부의 망간(Mn), 0.1 내지 5 중량부의 마그네슘(Mg), 및 0.1 내지 3 중량부의 크롬(Cr)으로부터 선택되는 하나 이상이고,

상기 알루미늄-아연 합금은 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 포함하고,

상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 평균 길이는 1.4㎛ 이상이고,

상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 석출물간 평균 간격은 105nm 이하인, 강도와 연신율이 향상된 알루미늄-아연 합금.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 평균 두께는 55nm 이하인 알루미늄-아연 합금.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물은 배향된 알루미늄-아연 합금.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물은 상기 알루미늄-아연 합금에 열처리를 실시하여 고용체를 생성한 후 시효처리하여 형성된 알루미늄-아연 합금.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 석출촉진 금속은 구리(Cu)이고, 상기 구리는 합금 전체 중량에 대해 0.05 내지 5 중량부로 포함되는 알루미늄-아연 합금.

청구항 11

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

인장강도가 300MPa 내지 400MPa일 때, 연신율은 10% 이상인 알루미늄-아연 합금.

청구항 12

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

인장강도가 400MPa 내지 500MPa일 때, 연신율은 5% 이상인 알루미늄-아연 합금.

청구항 13

합금 전체 중량에 대해서 20 중량부 초과, 50 중량부 이하의 아연을 포함하고 잔부로 알루미늄을 포함하는 알루미늄-아연(Al-Zn) 합금을 준비하는 단계;

상기 알루미늄-아연 합금을 열처리하여 고용체를 형성하는 단계;

상기 고용체를 포함하는 알루미늄-아연 합금을 시효처리하여, 단위면적당 5% 이상의 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 형성하는 석출물 형성 단계; 및

상기 석출물을 포함하는 알루미늄-아연 합금을 소성 가공하여 배향성 석출물을 형성하는 배향단계를 포함하며,

상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 석출물간 평균 간격은 105nm 이하이며,

상기 알루미늄-아연 합금을 준비하는 단계에서

상기 알루미늄-아연 합금에 합금 전체 중량에 대해서 0.05 내지 5 중량부의 구리(Cu), 0.05 내지 0.1 중량부의 티타늄(Ti), 0.1 내지 0.3 중량부의 규소(Si), 0.1 내지 0.5 중량부의 철(Fe), 0.1 내지 0.5 중량부의 망간(Mn), 0.1 내지 5 중량부의 마그네슘(Mg), 및 0.1 내지 3 중량부의 크롬(Cr)으로부터 선택되는 하나 이상의 석

출 촉진 금속을 첨가하는,

강도 및 연신율이 동시에 향상된 알루미늄-아연 합금 제조 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 열처리는 350 내지 450℃의 온도 범위에서 120분 이상 가열하여 수행하는, 강도 및 연신율이 동시에 향상된 알루미늄-아연 합금 제조 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 시효처리는 120 내지 200℃의 온도 범위에서 5분 내지 400분 동안 수행하는, 강도 및 연신율이 동시에 향상된 알루미늄-아연 합금 제조 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

제13항에 있어서,

상기 알루미늄-아연 합금을 준비하는 단계에서

합금 전체 중량에 대해 0.05 내지 5 중량부의 구리(Cu)를 석출 촉진 금속으로 첨가하는, 강도 및 연신율이 동시에 향상된 알루미늄-아연 합금 제조 방법.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 배향 단계는 50% 이상의 소성가공으로 수행하는, 강도 및 연신율이 동시에 향상된 알루미늄-아연 합금 제조 방법.

청구항 19

제13항에 있어서,

상기 배향 단계는 액체 질소 분위기에서 수행하는, 강도 및 연신율이 동시에 향상된 알루미늄-아연 합금 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 석출물을 포함하는 강도와 연신율이 향상된 알루미늄-아연합금 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게 본 발명은 배향된 특정 형태의 불연속 석출물을 포함하여 강도와 연신율이 동시에 향상된 알루미늄-아연 합금 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 알루미늄 합금은 경량 합금으로 내부식성 및 열전도성이 우수하여 구조재로 사용되고 있다. 알루미늄은 기계적 성질이 낮으므로, 아연, 구리, 실리콘, 마그네슘, 니켈, 코발트, 지르코늄, 세륨 등과 같은 금속 중 1 또는 2 이상을 포함하는 알루미늄 합금으로 다양한 산업 분야, 특히 자동차, 선박, 항공기 등의 내/외장재와 같은 구조재로 널리 이용되고 있다. 알루미늄-아연 합금은 알루미늄 경도를 향상시키기 위해 이용되고 있는 알루미늄 합금으로, 보통 합금 전체 중량에 대해 10 내지 14중량%의 아연을 포함한다.

[0005] 자동차, 선박, 항공기 등의 구조재로 이용되기 위해서는, 인장강도, 연신율, 충격흡수에너지 등이 중요한 기계

적 특성으로 고려된다. 일반적으로 인장강도와 연신율은 어느 하나의 특성이 향상되면 다른 하나의 특성이 감쇄되는 트레이드-오프(trade-off) 관계가 있기 때문에, 인장강도와 연신율을 동시에 향상시키기 어려운 문제가 있다.

[0007] 인장강도를 향상시키기 위해서, 석출경화, 분산강화, 가공경화, 고용강화, 결정립 미세화 등과 관련된 연구가 계속 진행되고 있는데, 이 중에서 석출경화는 열처리 과정에서 기지 내 다른 상(phase)이 석출되고, 석출물이 전위의 이동을 방해함에 따라 강도가 증가하는 원리(Particle strengthening)를 이용한 것이다.

[0009] 알루미늄-아연 합금의 석출경화 공정에서는, 과포화 고용체로부터 석출되어 시편 전체에 작고 균일하게 분포하는 연속 석출물(continuous precipitation, CP)과, 그레인 경계 확산(grain boundary diffusion) 및 입계의 이동에 의해 석출이 불규칙적으로 일어남에 따라 입계를 경계로 조성과 결정방위가 불연속적으로 변화하는 불연속 석출물(discontinuous precipitation, DP)이 생성된다.

[0010] 일반적으로 불연속 석출물(DP)로 이루어진 시편의 인장강도가 연속 석출물(CP)로 이루어진 시편보다 낮기 때문에, 불연속 석출물을 억제하는 연구가 주로 진행되고 있다.

[0011] 한국 특허 제10-1274063호에는 구리 합금에 Ni+Si, 타이타늄 또는 바나듐을 첨가하여 강도 및 전기전도도가 향상되도록 한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료 및 이의 제조방법이 개시되어 있다.

[0013] 알루미늄 합금에서는 상술한 바와 같이 인장강도를 증가시키게 되면 연신율이 감소하고, 연신율을 향상시키게 되면 인장강도가 저하되는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명의 목적은 인장강도 및 연신율이 동시에 향상된 배향된 석출물을 포함하는 알루미늄-아연 합금을 제공하는 것이다.

[0016] 본 발명의 다른 목적은 배향된 석출물을 포함하는 강도와 연신율이 향상된 알루미늄-아연 합금을 효율적으로 제조할 수 있는 방법에 관한 것이다.

[0017] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명, 청구범위 및 도면에 의해 더욱 명확하게 된다.

과제의 해결 수단

[0019] 본 발명의 일 측면에 따르면, 합금 전체 중량에 대해서 20 중량부 초과의 아연을 포함하는 알루미늄-아연(Al-Zn) 합금이고, 단위 면적당 5% 이상으로 강제로 생성된 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 포함하는 강도 및 연신율이 향상된 알루미늄-아연 합금이 제공된다.

[0021] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 포함하고, 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 평균 종횡비는 20 이상인 석출물을 포함하는 강도와 연신율이 향상된 알루미늄-아연 합금이 제공된다.

[0023] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 포함하고, 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 평균 길이는 1.4㎛ 이상인 강도와 연신율이 향상된 알루미늄-아연 합금이 제공된다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 석출물간 평균 간격은 105nm 이하일 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 평균 두께는 55nm 이하일 수 있다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물은 배향될 수 있다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물은 상기 알루미늄-아연 합금에 열처리를 실시하여 고용체를 생성한 후 시효처리하여 형성될 수 있다.

[0033] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 알루미늄-아연 합금에 석출촉진 금속이 포함될 수 있다.

[0034] 상기 석출촉진 금속은 구리(Cu), 티타늄(Ti), 규소(Si), 철(Fe), 망간(Mn), 마그네슘(Mg), 및 크롬(Cr)으로부터 선택되는 하나 이상일 수 있다.

[0035] 상기 석출촉진 금속은 구리(Cu)이고, 상기 구리는 합금 전체 중량에 대해 0.05 내지 5 중량부로 포함될 수 있다.

[0037] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 알루미늄-아연 합금은 인장강도가 300MPa 내지 400MPa일 때, 연신율은 10% 이상일 수 있다.

[0039] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 알루미늄-아연 합금은 인장강도가 400MPa 내지 500MPa일 때, 연신율은 5% 이상일 수 있다.

[0041] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 합금 전체 중량에 대해서 20 중량부 초과의 아연을 포함하는 알루미늄-아연(Al-Zn) 합금을 준비하는 단계; 상기 알루미늄-아연 합금을 열처리하여 고용체를 형성하는 단계; 상기 고용체를 포함하는 알루미늄-아연 합금을 시효처리하여, 단위면적당 5% 이상의 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 형성하는 석출물 형성 단계; 및 상기 석출물을 포함하는 알루미늄-아연 합금을 소성 가공하여 배향성 석출물을 형성하는 배향단계를 포함하는 강도 및 연신율이 동시에 향상된 알루미늄-아연 합금 제조 방법이 제공된다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 열처리는 350 내지 450℃의 온도 범위에서 30분 이상 가열하여 수행할 수 있다.

[0045] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 시효처리는 120 내지 200℃의 온도 범위에서 수행할 수 있다.

[0047] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 시효처리는 5분 내지 400분 동안 수행할 수 있다.

[0049] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 알루미늄-아연 합금을 준비하는 단계에서 상기 알루미늄-아연 합금에 구리(Cu), 티타늄(Ti), 규소(Si), 철(Fe), 망간(Mn), 마그네슘(Mg), 및 크롬(Cr)으로부터 선택되는 하나 이상의 석출 촉진 금속을 첨가할 수 있다.

[0051] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 석출 촉진 금속은 구리(Cu)이고, 상기 구리는 합금 전체 중량에 대해 0.05 내지 5 중량부로 첨가할 수 있다.

[0053] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 배향 단계는 50% 이상의 소성가공으로 수행할 수 있다.

[0055] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 배향 단계는 액체 질소 분위기에서 수행할 수 있다.

발명의 효과

[0057] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 배향된 특정 형태의 석출물에 의해 알루미늄-아연 합금의 인장강도 및 연신율을 동시에 향상시킬 수 있다.

[0058] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 알루미늄-아연 합금의 제조 공정에서 배향된 석출물의 생성량을 용이하게 제어할 수 있어 인장강도 및 연신율이 동시에 향상된 알루미늄-아연 합금을 효율적으로 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0060] 도 1은 본 발명의 실시예 1 내지 6에 따른 알루미늄-아연 합금의 광학현미경의 사진이다.

도 2는 본 발명의 실시예 7 내지 14에 따른 알루미늄-아연 합금의 광학현미경의 사진이다.

도 3은 본 발명의 비교예 1 및 2에 따른 알루미늄-아연 합금의 광학현미경의 사진이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 알루미늄-아연 합금의 제조방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 5는 본 발명에 의한 불연속 석출물 생성에 대한 아연 함량 및 시효처리 시간에 따른 영향을 보여주는 그래프이다.

도 6은 본 발명에 의한 불연속 석출물 생성에 대한 구리 유무 및 시효처리 시간에 따른 영향을 보여주는 그래프이다.

도 7은 본 발명에 의한 불연속 석출물 생성에 대한 Al-(35-x)Zn-xCu 합금의 구리 함량에 따른 영향을 보여주는 그래프이다.

도 8은 본 발명에 의한 불연속 석출물 생성에 대한 Al-(45-x)Zn-xCu 합금의 구리 함량에 따른 영향을 보여주는 그래프이다.

도 9는 본 발명의 실시예 2에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물의 TEM 사진이다.

도 10은 본 발명의 실시예 7에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물의 TEM 사진이다.

도 11은 본 발명의 실시예 4에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물의 종횡비를 보여주는 그래프이다.

도 12는 본 발명의 실시예 4에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물의 평균 길이를 보여주는 그래프이다.

도 13은 본 발명에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물의 평균 두께를 보여주는 그래프이다.

도 14는 본 발명의 실시예 7에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물 생성에 대한 시효처리 시간의 영향을 보여주는 TEM 사진이다.

도 15는 본 발명의 실시예 2에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물 생성에 대한 시효처리 시간의 영향을 보여주는 광학현미경 사진이다.

도 16은 본 발명의 실시예 4에 따른 알루미늄-아연 합금의 인발 후 인장시험 결과를 보여주는 그래프이다.

도 17은 본 발명의 실시예 4에 따른 알루미늄-아연 합금의 상온 및 액체 질소 인발 후 인장시험 결과를 보여주는 그래프이다.

도 18은 본 발명의 실시예 4에 따른 알루미늄-아연 합금의 상온 및 액체 질소 인발 후 석출물의 형태를 보여주는 TEM 사진이다.

도 19는 본 발명의 실시예 12에 따른 알루미늄-아연 합금의 시효처리 시간에 따른 석출물의 형태를 보여주는 광학현미경 사진이다.

도 20은 본 발명의 알루미늄-아연 합금에 구리 첨가에 의한 불연속 석출물 생성을 위한 열처리 시간의 변화를 보여주는 TEM 사진이다.

도 21은 본 발명의 실시예 12에 따른 알루미늄-아연 합금의 시효처리 후 TEM 사진이다.

도 22는 본 발명의 실시예 12에 따른 알루미늄-아연 합금에 구리 첨가에 의한 불연속 석출물의 크기에 미치는 영향을 보여주는 TEM 사진이다.

도 23은 본 발명의 실시예 12에 따른 알루미늄-아연 합금이 강도와 연신율이 동시에 증가하는 것을 보여주는 그래프이다.

도 24는 본 발명의 실시예 12에 따른 알루미늄-아연 합금의 인발율에 따른 불연속 석출물의 형태를 보여주는 TEM 사진이다.

도 25는 본 발명의 실시예들에 따른 알루미늄-아연 합금의 합금 조성별 인장시험 결과를 보여주는 그래프이다.

도 26은 본 발명의 실시예들에 따른 알루미늄-아연 합금의 Cu 첨가별 80% 인발 후 인장시험 결과를 보여주는 그래프이다.

도 27은 본 발명의 실시예 4 및 5에 따른 알루미늄-아연 합금의 인발 후 불연속 석출물이 인발 방향으로 정렬된 것을 보여주는 SEM 사진이다.

도 28은 본 발명의 실시예들에 따른 알루미늄-아연 합금에 석출촉진 금속의 첨가가 불연속 석출물 생성에 미치는 영향을 보여주는 그래프이다.

도 29는 본 발명의 실시예들에 의한 알루미늄-아연 합금이 종래 합금에 비해 인장강도 및 연신율이 동시에 향상된 것을 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0061] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0062] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가

아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0064] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 의한 알루미늄-아연 합금 및 이의 제조 방법에 대해서 구체적으로 설명한다.

[0066] 도 1은 본 발명의 실시예 1 내지 6에 의한 알루미늄-아연 합금의 광학현미경의 사진이다. 도 2는 본 발명의 실시예 7 내지 14에 의한 알루미늄-아연 합금의 광학현미경의 사진이다. 도 3은 본 발명의 비교예 1 및 2에 의한 알루미늄-아연 합금의 광학현미경의 사진이다.

[0067] 본 발명의 알루미늄-아연 합금은 금속 내부에 기계적 강도를 감소시키는 불연속 석출물이 강제로 생성된 알루미늄-아연 합금이다. 강제로 생성된 불연속 석출물은 인위적으로 배향되어 알루미늄-아연 합금의 강도 및 연신율을 동시에 향상시킬 수 있다.

[0068] 본 발명에 있어서, 불연속 석출물은 라멜라 구조의 석출물(이하, 라멜라 석출물) 또는 셀룰라 석출물을 모두 포함하는 포괄적 개념 또는 동등한 의미를 나타낸다.

[0069] 본 발명의 알루미늄-아연 합금은 합금 전체 중량에 대해서 20 중량부 초과의 아연을 포함한다. 알루미늄-아연 합금에서 아연의 함량이 20 중량부 이하이면 불연속 석출물이 생성되기 어렵다. 알루미늄-아연 합금에서 아연의 함량은 바람직하게 30중량부 이상이다.

[0070] 또한, 알루미늄-아연 합금에서 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물은 단위 면적당 5% 이상으로 포함한다. 강제로 생성된 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물이 단위 면적당 5% 미만이면 강도 및 연신율을 동시에 향상시키기 어려움이 있을 수 있다.

[0072] 본 발명의 알루미늄-아연 합금은 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 포함하고, 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 평균 종횡비가 20 이상인 석출물을 포함한다. 알루미늄-합금의 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 평균 종횡비가 20 미만인 경우 알루미늄-아연 합금의 인장강도 및 연신율을 동시에 향상시키기 어려움이 있을 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 평균 종횡비는 3.5㎛ x 3.5㎛ 단위 면적당 20 이상일 수 있다.

[0074] 본 발명의 알루미늄-아연 합금은 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 포함하고, 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 평균 길이는 1.4㎛ 이상이다. 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 평균 길이는 1.4㎛ 미만인 경우, 알루미늄-아연 합금의 인장강도 및 연신율을 동시에 향상시키기 어려움이 있을 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 평균 길이는 3.5㎛ x 3.5㎛ 단위 면적당 1.4㎛ 미만일 수 있다.

[0076] 본 발명에 있어서, 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 석출물간 평균 간격은 105nm 이하일 때, 알루미늄-아연 합금의 인장강도 및 연신율을 동시에 향상시키기에 적합할 수 있다. 그러나, 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어 상기 석출물간 평균 간격은 3.5㎛ x 3.5㎛ 단위 면적당 105nm 이하일 수 있다.

[0078] 본 발명에 있어서, 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 평균 두께는 55nm 이하일 때, 알루미늄-아연 합금의 인장강도 및 연신율을 동시에 향상시키기에 적합할 수 있다. 그러나, 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어 석출물의 평균 두께는 3.5㎛ x 3.5㎛ 단위 면적당 55nm 이하일 수 있다.

[0080] 본 발명에 있어서, 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물은 배향될 수 있다. 인위적 배향에 의해 알루미늄-아연 합금의 인장강도 및 연신율을 동시에 향상시키기에 적합할 수 있다. 본 발명에 의한 알루미늄-합금의 배향은 소성가공에 의해 이루어질 수 있다. 상기 소성가공은 인발, 압연, 압출 등 다양한 공정이 선택될 수 있다.

[0082] 본 발명의 알루미늄-아연 합금의 상기 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물은 상기 알루미늄-아연 합금에 열처리를 실시하여 고용체를 생성한 후 시효처리하여 형성될 수 있다. 상기 알루미늄-아연 합금의 제조와 관련해서는 도 4를 참조하여 상세하게 후술하기로 한다.

[0084] 본 발명의 알루미늄-아연 합금을 제조하는 과정 중에 석출물 생성을 촉진하기 위해 석출촉진 금속을 더 포함할 수 있다. 상기 석출촉진 금속은 구리(Cu), 티타늄(Ti), 규소(Si), 철(Fe), 망간(Mn), 마그네슘(Mg), 및 크롬(Cr)으로부터 선택되는 하나 이상일 수 있다.

[0085] 이에 한정되는 것은 아니나 상기 석출촉진 금속은 구리(Cu)일 수 있고, 상기 구리는 합금 전체 중량에 대해 0.05 내지 5 중량부로 포함될 수 있다.

[0087] 본 발명의 알루미늄-아연 합금은 인장강도가 300MPa 내지 400MPa일 때, 연신율은 10% 이상일 수 있다. 또한, 본 발명의 알루미늄-아연 합금은 인장강도가 400MPa 내지 500MPa일 때, 연신율은 5% 이상일 수 있다. 본 발명의 알루미늄-아연 합금은 인장강도 및 연신율을 동시에 향상시킬 수 있다.

[0089] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 알루미늄-아연 합금의 제조방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0090] 도 4를 참조하면, 먼저, 합금 전체 중량에 대해서 20 중량부 초과의 아연을 포함하는 알루미늄-아연(Al-Zn) 합금 재료를 준비한다(S100).

[0091] 보다 구체적으로 살펴보면, 알루미늄-아연 합금 전체 중량에 대해서, 아연은 20중량부 초과이고, 알루미늄은 80 중량부 이하로 포함된다. 알루미늄과 아연의 중량비는 80:20 초과 50:50 이하일 수 있고, 바람직하게는 70:30 초과 50:50 이하일 수 있고, 더욱 바람직하게는 60:40 초과 50:50 이하일 수 있다.

[0092] 이때, 상술한 석출촉진 금속이 선택적으로 준비될 수 있다. 상기 석출촉진 금속은 상술한 바와 같다.

[0094] 상기와 같이 합금 재료를 준비한 후, 이를 이용하여 고용체를 생성한다(S200). 상기 고용체를 생성하는 단계는 잔류 석출물을 제거하기 위한 공정으로, 상기 합금 재료를 준비하는 단계(S100)에서 석출촉진 금속이 포함되는 경우 고용도를 낮출 수 있다.

[0095] 상기 고용체는 상기 알루미늄-합금을 열처리하여 형성할 수 있다. 상기 열처리는 균질화 처리 및/또는 용체화 처리일 수 있다. 상기 고용체의 생성으로 인해, 상기 알루미늄-아연 합금은 상기 고용체가 포함된 상태가 된다.

[0096] 상기 고용체를 생성하는 단계의 온도범위는 350 내지 450℃일 수 있다. 상기 온도 범위는 알루미늄-아연 합금의 액상이 생기지 않고, 고용체를 형성할 수 있는 최고고용한계 온도를 고려하여 정해질 수 있다. 알루미늄-아연 합금의 경우, 450℃ 초과 범위의 온도에서는 단상을 형성하지 않고 다상을 형성하기 때문에 불연속 석출물이 생성되지 않는다. 상기 고용체를 생성하는 단계는 30분 이상 가열하여 수행할 수 있다.

[0098] 다음, 상기 고용체를 포함하는 알루미늄-아연 합금을 이용하여 불연속 석출물을 강제로 생성한다(S300).

[0099] 상기 석출물을 강제로 생성하는 단계는 합금 내부에 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 생성시키는 공정으로, 상기 고용체를 포함하는 알루미늄-합금을 시효처리하여, 단위면적당 5% 이상의 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 형성하게 된다. 상기 시효처리는 120 내지 200℃의 온도 범위에서 상기 고용체를 형성하는 단계보다 낮은 온도에서 수행할 수 있다. 예를 들어, 상기 시효 처리는 160℃에서 수행될 수 있다. 상기 시효처리는 5분 내지 400분 동안 수행할 수 있다. 일례로 상기 합금 재료가 석출촉진 금속을 포함하는 경우에는, 상기 고용체를 생성한 후 수냉(water quenching) 또는 공냉(air quenching)을 실시하고 적어도 2시간 이상 시효처리하여 석출촉진금속을 첨가하지 않는 경우에는 5시간 이상 시효함으로써 불연속 석출물을 강제로 생성시킬 수 있다.

[0100] 상기와 같이 시효처리 전의 수냉 또는 공냉은, 온도하강 속도를 매우 빠르게 급냉시킴으로써 추후에 배향형 석출물을 형성할 수 있다. 온도하강 속도를 느리게 하여 서서히 냉각시키는 경우, 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 형성하더라도 이 석출물들이 배향되지 않을 수 있다.

[0102] 상기와 같이 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 형성한 후, 상기 석출물을 포함하는 알루미늄-아연 합금을 소성 가공하여 배향성 석출물을 형성한다 (S400).

[0103] 배향성 석출물을 형성하는 배향단계는 강제로 형성된 불연속 석출물을 인위적으로 배향시키는 공정으로, 압연, 인발 및/또는 압출을 통해서 수행될 수 있다.

[0104] 단면적 감소율인 인발율(drawing ratio)은 적어도 50% 이상일 수 있다. 인발율이 증가할수록 배향성 석출물 그 자체의 두께와 배향성 석출물 사이의 거리가 감소할 수 있고, 인장강도 특성이 향상될 수 있다.

[0106] 상기 배향단계는 액체 질소 분위기에서 수행될 수 있다. 액체 질소 분위기에서 배향되는 경우, 배향단계에서 발생하는 열을 최소화하여 불연속 석출물의 정렬을 원활히 하여 인장강도가 높아질 수 있다.

[0108] 상기에서 설명한 바에 따르면, 본 발명의 알루미늄-아연 합금은 제조공정 중에 강제로 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물을 형성하고 이를 이용하여 형성된 배향형 석출물을 포함함으로써, 인장강도 및 연신율을 동시에 향상된 물리적 특성이 우수한 금속 재료로서 제공될 수 있다(도 29 참조).

[0110] **실시예**

[0111] 이하에서는 본 발명의 구체적인 제조예 및 비교예, 이들의 특성 평가 결과를 통해서 본 발명을 보다 구체적으로

설명하기로 한다.

[0113] **실시예 1 ~ 26 및 비교예 1, 2**

[0114] 표 1에 본 발명의 알루미늄-아연 합금의 실시예 및 비교예의 함량을 나타내었다.

[0115] 표 1의 함량의 알루미늄-아연 합금을 전기로 용해 및 고주파 유도 용해로 주조하였다. 주조시 생성된 불순물을 제거하기 위해 370℃ 30 시간 동안 균질화 처리를 실시하였다. 이어서, 압하율 20% 마다 400℃에서 15분 마다 어닐링을 수행하여 총 냉간 가공 면적 감소율 75%로 단조(swaging)를 수행하였다. 1시간이 경과한 후 스웨이징 된 결과물에 400℃에서 1시간 동안 용체화 처리한 후 수냉처리 하였다. 그런 다음 160℃에서 불연속 석출물 생성을 위한 석출처리를 하였다.

표 1

구분	Al	Zn	Cu	Ti	Si	Fe	Mn	Mg	Cr
조성 범위	Bal.	23~50	0.05~5	0.05~0.1	0.1~0.3	0.1~0.5	0.1~0.5	0.1~5	0.1~3
비교예 1	Bal.	20							
비교예 2	Bal.	18	2						
실시예 1	Bal.	23	2						
실시예 2	Bal.	30							
실시예 3	Bal.	28	2						
실시예 4	Bal.	35							
실시예 5	Bal.	33	2						
실시예 6	Bal.	32	3						
실시예 7	Bal.	45							
실시예 8	Bal.	44.95	0.05						
실시예 9	Bal.	44.9	0.1						
실시예 10	Bal.	44.5	0.5						
실시예 11	Bal.	44	1						
실시예 12	Bal.	43	2						
실시예 13	Bal.	42	3						
실시예 14	Bal.	40	5						
실시예 15	Bal.	50							
실시예 16	Bal.	48	2						
실시예 17	Bal.	32.85	2	0.05	0.1				
실시예 18	Bal.	32.725	2	0.075	0.2				
실시예 19	Bal.	32.6	2	0.1	0.3				
실시예 20	Bal.	32.4	2			0.1	0.5		
실시예 21	Bal.	32.4	2			0.3	0.3		
실시예 22	Bal.	32.4	2			0.5	0.1		
실시예 23	Bal.	32.4	2					0.1	0.5
실시예 24	Bal.	29.85	2					0.15	3
실시예 25	Bal.	30.9	2					2	0.1
실시예 26	Bal.	28	2					5	

[0116]

[0117] **석출물들의 면적비 변화 분석**

[0118] 상기 실시예 및 비교예 각각에 대하여, 160℃에서 시효처리로서 열처리하는 동안, 불연속 석출물의 면적비(fraction, 단위 %)를 측정하였고, 그 결과를 도 5에 나타내었다.

[0119] 도 5는 본 발명에 의한 불연속 석출물 생성에 대한 아연 함량 및 시효처리 시간에 따른 영향을 보여주는 그래프이다.

[0120] 도 6은 본 발명에 의한 불연속 석출물 생성에 대한 구리 유무 및 시효처리 시간에 따른 영향을 보여주는 그래프이다. 도 7은 본 발명에 의한 불연속 석출물 생성에 대한 Al-35Zn-Cu 합금의 구리 함량에 따른 영향을 보여주는 그래프이다.

[0121] 도 5 및 도 6을 참조하면, 실시예들은 시효처리를 수행한 경우 불연속 석출물이 형성되나 비교예 1,2의 경우에는 시효처리를 수행하더라도 불연속 석출물이 전혀 생성되지 않는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 불연속 석출물은 아연의 양이 많거나 구리가 첨가되거나 시효처리 시간이 길수록 더 많이 생성되는 것을 확인할 수 있었다.

[0123] 도 7은 본 발명에 의한 불연속 석출물 생성에 대한 Al-35Zn-Cu 합금의 구리 함량에 따른 영향을 보여주는 그래프이다. 도 8은 본 발명에 의한 불연속 석출물 생성에 대한 Al-45Zn-Cu 합금의 구리 함량에 따른 영향을 보여주는 그래프이다.

[0124] 도 7 및 도 8을 참조하면, 구리 함량이 많아질수록 불연속 석출물의 생성이 빨라지고 많이 생성되는 경향을 보였다.

[0126] **석출물들의 형태적 변화 분석**

[0127] 도 9는 본 발명의 실시예 2에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물의 TEM 사진이다. 도 10은 본 발명의 실시예 7에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물의 TEM 사진이다.

[0128] 도 9를 참조하면, 섬유상(fiber)의 불연속 석출물이 관찰되고, 알루미늄과 아연은 $(111)_{Al}//(002)_{Al}$, $(011)_{Al}//(110)_{Zn}$의 정합 관계를 가지는 것으로 확인하였다.

[0129] 도 10을 참조하면, 섬유상의 불연속 석출물과 불연속 석출물 사이에 미세한 아연 석출물들이 발견되었다.

[0131] 도 11은 본 발명의 실시예 4에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물의 종횡비를 보여주는 그래프이다. 도 12는 본 발명의 실시예 4에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물의 평균 길이를 보여주는 그래프이다. 도 13은 본 발명에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물의 평균 두께를 보여주는 그래프이다.

[0132] 도 11 내지 도 13을 참조하면, 인발율, 즉, 단면적 감소율이 증가할수록 배향형 석출물의 평균 두께, 및 간격은 감소하고, 평균 종횡비와 길이는 각각 70%, 80%까지 증가하나 그 후 불연속 석출물이 끊어지면서 평균 종횡비 및 길이가 감소함을 확인하였다.

[0133]

[0134] **시효 처리 공정의 시간 의존성 분석**

[0135] 실시예 7에 대해 수냉처리 후, 160℃에서 15분 동안 시효 공정을 수행한 경우와 360분 동안 시효 공정을 수행한 경우의 석출물의 구조를 TEM으로 촬영하여 그 결과를 도 14에 나타내었다. 즉, 도 14는 본 발명의 실시예 7에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물 생성에 대한 시효처리 시간의 영향을 보여주는 TEM 사진이다. 도 14를 참조하면, 15분 시효처리된 시편은 일반적인 석출물이 발견되었고, 360분 시효처리된 시편은 섬유상의 불연속 석출물이 발견되었다.

[0137] 도 15는 본 발명의 실시예 2에 따른 알루미늄-아연 합금의 불연속 석출물 생성에 대한 시효처리 시간의 영향을 보여주는 광학현미경 사진이다. 도 15를 참조하면, 시효처리 공정의 수행시간이 증가할수록 불연속 석출물의 면적비가 증가하므로, 시효처리 시간을 변화시켜 불연속 석출물의 면적 비율을 조절할 수 있음을 확인하였다.

[0139] **인발율에 따른 인장강도 및 연신율의 변화 분석**

[0140] 도 16은 본 발명의 실시예 4에 따른 알루미늄-아연 합금의 인발 후 인장시험 결과를 보여주는 그래프이다. 시효공정 후, CP와 DP의 값들을 인발 공정을 수행한 후 공칭변화율(engineering strain)에 따른 응력(stress) 변화를 측정하였다. 인발 공정의 인발율은 50%, 80%, 90% 및 95%로 수행하였다.

[0141] DP 및 half DP는 CP 보다 인장강도는 낮으나, 연신율이 더 높은 것으로 나타났다. DP 및 half DP는 80% 인발까지 연신율이 증가하나 그 이후에 감소하는 것으로 나타났다.

[0143] **인발 조건에 따른 특성 평가**

[0144] 본 발명의 실시예 4에 따른 알루미늄-아연 합금의 상온 및 액체 질소 인발 후 공칭변화율의 변화에 따른 응력 변화를 측정하여 인장시험 결과를 도 17에 그래프로 나타냈다. 도 17을 참조하면 액체 질소 분위기에서 인발할 경우, 상온에서 인발한 DP 시편보다 매우 높은 인장강도를 나타내었다.

[0146] 도 18은 본 발명의 실시예 4에 따른 알루미늄-아연 합금의 상온 및 액체 질소 인발 후 석출물의 형태를 보여주는 TEM 사진이다. 도 18을 참조하면, 상온 인발 후, 불연속 석출물이 사라지고 아연 석출물이 구형화되나, 액체 질소 인발 후 불연속 석출물이 상대적으로 많고 인발 방향을 따라 길게 인장하는 것을 확인하였다.

[0148] **구리 첨가에 따른 불연속 석출물의 특성 분석**

[0149] 도 19는 본 발명의 실시예 12에 따른 알루미늄-아연 합금의 열처리 시간에 따른 석출물의 형태를 보여주는 광학현미경 사진이다. 도 20은 본 발명의 알루미늄-아연 합금에 구리 첨가에 의한 불연속 석출물 생성을 위한 열처리 시간의 변화를 보여주는 TEM 사진이다. 도 19 및 20을 참조하면, 구리를 첨가하면 불연속 석출물의 생성속도가 빨라져서 15분 시효처리에도 미세조직 전반에 걸쳐 DP(fully DP)가 생성되었다.

[0151] 도 21은 본 발명의 실시예 12에 따른 알루미늄-아연 합금을 160℃에서 360분 동안 시효처리 후 TEM 사진이다. 도 21을 참조하면, 구리는 아연 불연속 석출물 내에 고용되어 있는 것으로 관찰되었다.

[0153] 도 22는 본 발명의 실시예 12에 따른 알루미늄-아연 합금에 구리를 첨가한 후 60℃에서 360분 동안 시효처리 한 후 구리 첨가가 불연속 석출물의 크기에 미치는 영향을 확인한 TEM 사진이다. 도 22를 참조하면, 구리가 아연 불연속 석출물 내에 고용되면서 아연 불연속 석출물의 두께 및 석출물간의 거리를 감소시키고 아연 불연속 석출물의 강도를 향상시키는 것을 확인하였다.

[0155] **인발 후 인장강도 및 연신율 분석**

[0156] 도 23은 본 발명의 실시예 12에 따른 알루미늄-아연 합금이 강도와 연신율이 동시에 증가하는 것을 보여주는 그래프이다. 도 24는 본 발명의 실시예 12에 따른 알루미늄-아연 합금의 인발율에 따른 불연속 석출물의 형태를 보여주는 TEM 사진이다. 도 23 및 도 24를 참조하면, 구리를 포함하는 알루미늄-아연 합금은 상온에서 인발할 때, 강도와 연신율이 동시에 증가하고, 인발이 증가함에 따라 아연 불연속 석출물은 끊어짐 없이 인발 방향으로 정렬되며 크기 및 석출물간의 거리는 감소하는 것으로 나타났다.

[0158] 도 25는 본 발명의 실시예들에 따른 알루미늄-아연 합금의 합금 조성별 인장시험 결과를 보여주는 그래프이다. 도 26은 본 발명의 실시예들에 따른 알루미늄-아연 합금의 80% 인발 전후의 인장시험 결과를 보여주는 그래프이다. 도 25 및 도 26을 참조하면, 구리 함유에 의해 인장강도가 증가하며 구리를 포함하는 알루미늄-아연 합금은 80% 인발 후 인장강도 및 연신율이 동시에 향상되는 것으로 나타났다.

[0159] 도 27은 본 발명의 실시예 4 및 5에 따른 알루미늄-아연 합금의 인발 후 불연속 석출물이 인발 방향으로 정렬된 것을 보여주는 그래프이다. 도 27을 참조하면, 구리 함유 여부에 무관하게 인발 후 불연속 석출물이 인발 방향으로 정렬되는 것으로 나타났다.

[0161] 도 28은 본 발명의 실시예들에 따른 알루미늄-아연 합금에 석출촉진 금속의 첨가가 불연속 석출물 생성에 미치는 영향을 보여주는 그래프이다. 도 28을 참조하면, 구리와 Ti, Si, Fe, Mn, Mg, Cr 등의 원소를 첨가할 경우 불연속 석출물의 생성이 촉진되는 것으로 나타났다.

[0163] 표 2에 본 발명의 실시예에 따른 알루미늄-아연 합금의 가공율, 인장강도 및 연신율을 나타내었다.

표 2

구분	가공 온도	석출 형태	가공율 (Red. %)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)
실시예 4	상온	CP	0	418	7.8
			50	454	3.4
			80	429	7.6
			90	408	7.3
			95	381	1.9
		DP	0	224	20.2
			50	286	15
			80	328	18.7
			90	352	17.2
			95	360	11.5
		Half DP	0	300	16.8
			50	255	37.4
			80	211	50.1
			90	248	29.7
	액체질소	DP	50	318	16.7
			80	373	15.0
			90	488	7.6
			95	510	3.0
실시예 5	상온	DP	0	323	23.9
			50	355	32.4
			75	404	37.9
			80	383	21.1
실시예 6	상온	DP	0	273	9.5
			50	368	31.2
			75	412	35.7
			80	423	35.7
			90	437	24.0
실시예 11	상온	DP	0	325	21
			50	342	33.6
			75	411	37.2
			80	431	33.9
			90	460	16.1
실시예 12	상온	DP	0	320	24.5
			50	354	30.0
			75	398	40.9
			80	430	39.7
			90	400	27.0
실시예 13	상온	DP	0	292	6.9
			50	386	20.3
			75	444	36.6
			80	455	40.1

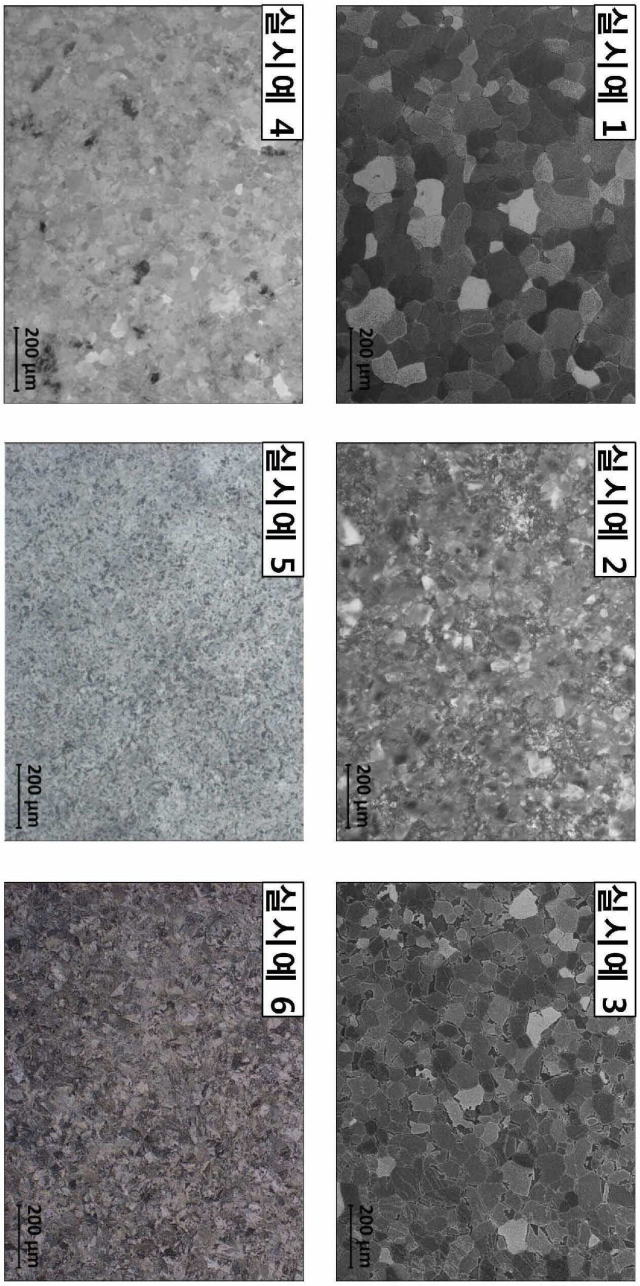
[0164]

[0166] 도 29는 본 발명에 의한 알루미늄-아연 합금이 구리 첨가와 무관하게 종래 합금에 비해 인장강도 및 연신율이 동시에 향상된 것을 보여주는 그래프이다.

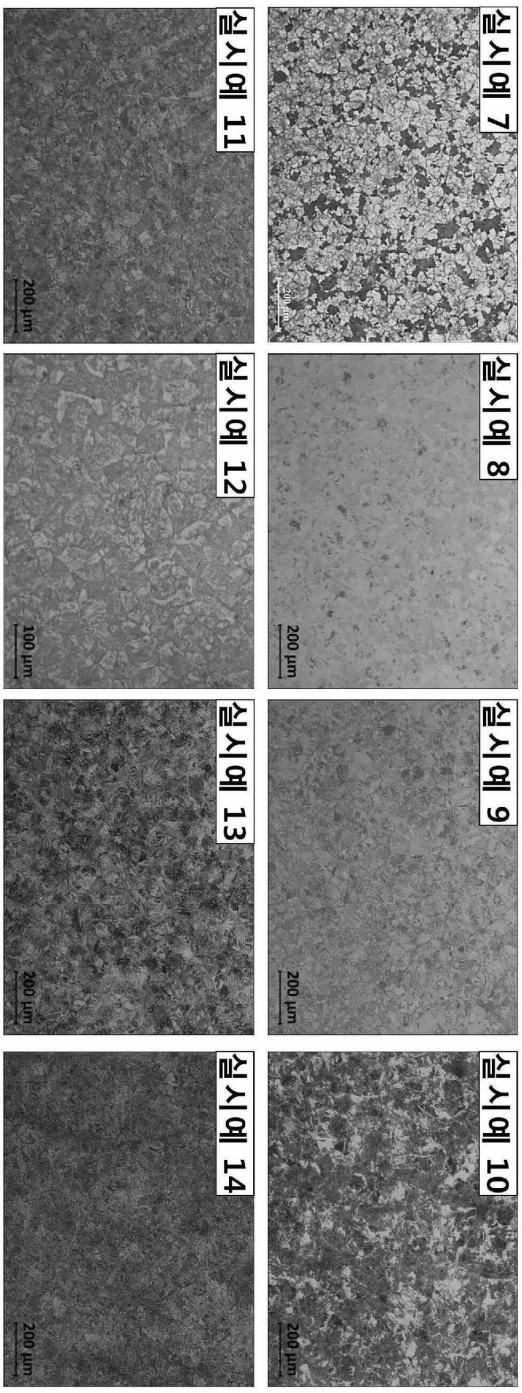
[0168] 이상, 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면, 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리 범위 내에 포함된다고 할 것이다.

도면

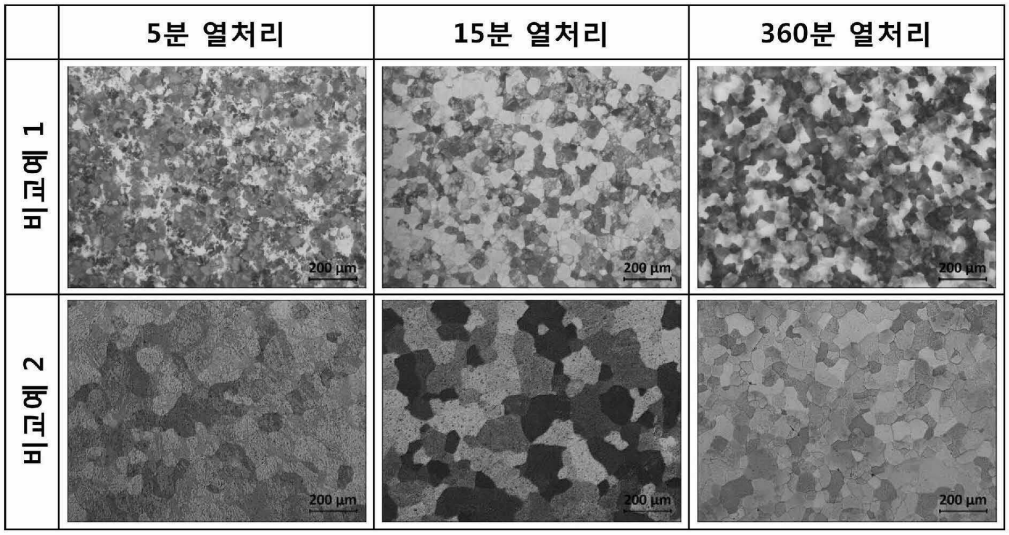
도면1


실시예 1
200 μm
실시예 2
200 μm
실시예 3
200 μm
실시예 4
200 μm
실시예 5
200 μm
실시예 6
200 μm

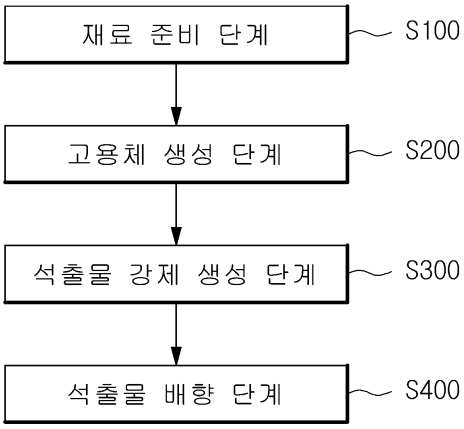
도면2



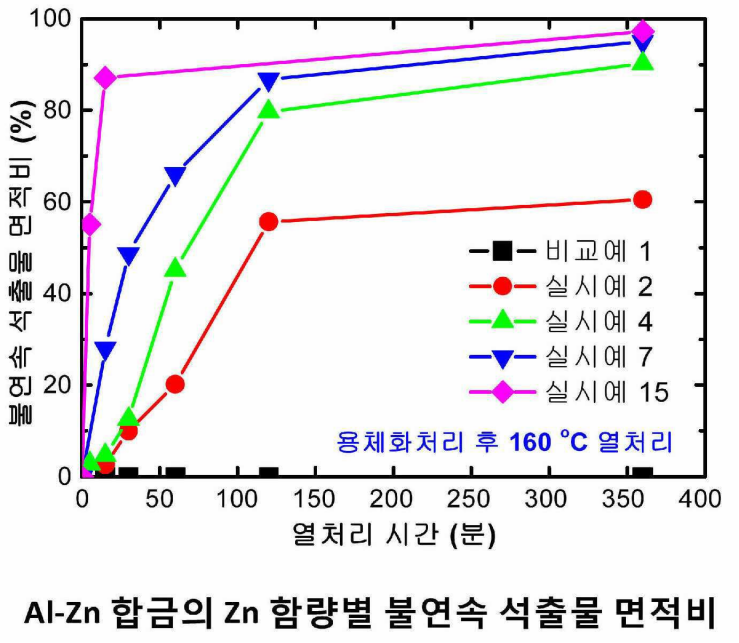
도면3


5분 열처리
15분 열처리
360분 열처리
비교예 1
비교예 2
200 μm

도면4

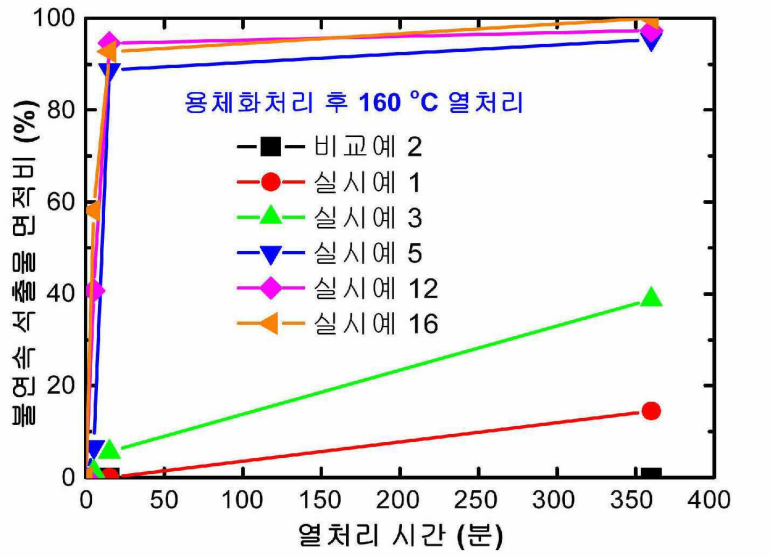

재료 준비 단계
S100
고용체 생성 단계
S200
석출물 강제 생성 단계
S300
석출물 배향 단계
S400

도면5



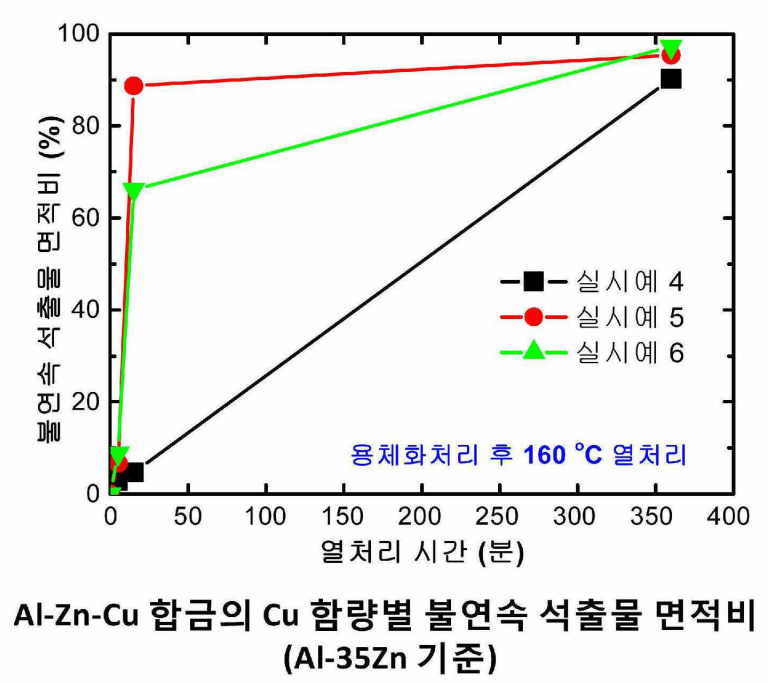
Al-Zn 합금의 Zn 함량별 불연속 석출물 면적비

도면6



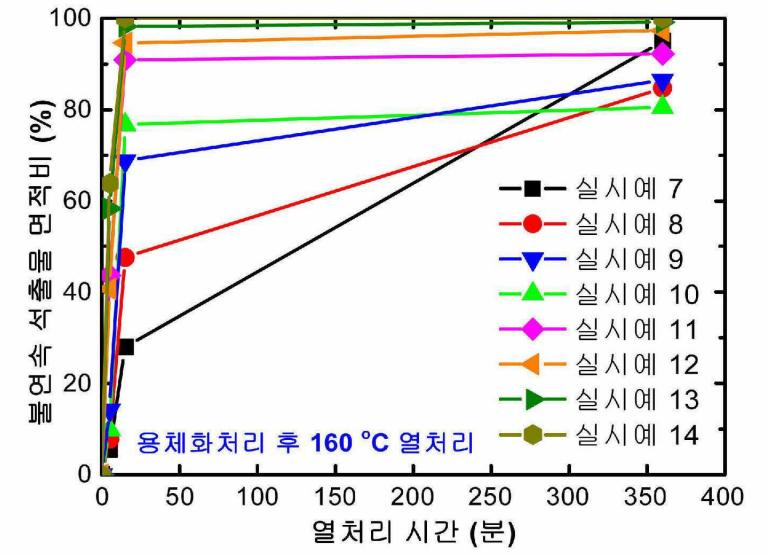
Al-Zn-Cu 합금의 Zn 함량별 불연속 석출물 면적비

도면7



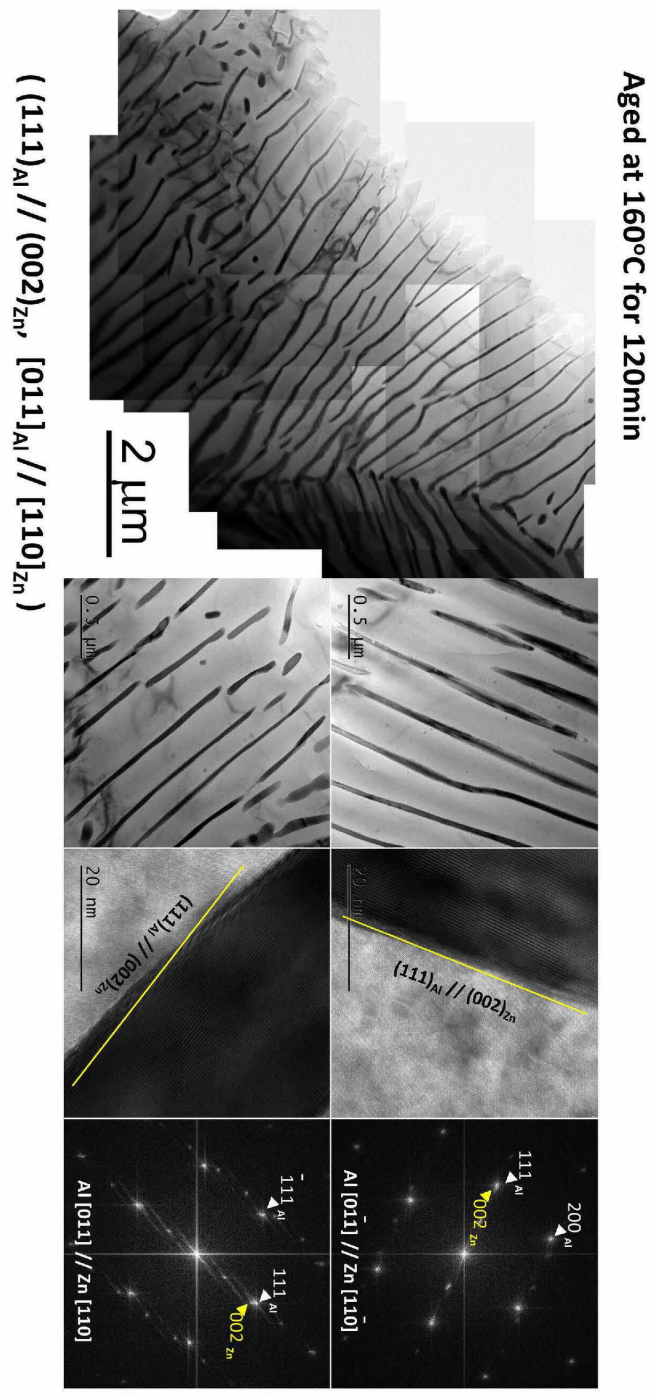
Al-Zn-Cu 합금의 Cu 함량별 불연속 석출물 면적비
(Al-35Zn 기준)

도면8

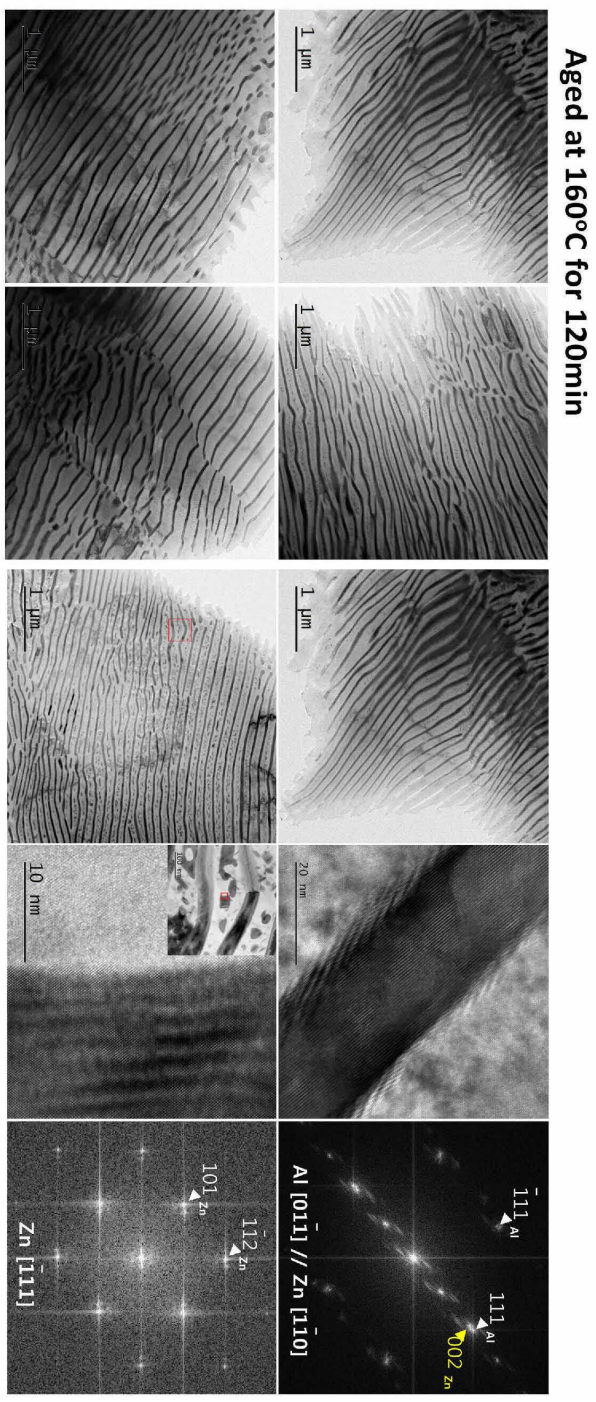


Al-Zn-Cu 합금의 Cu 함량별 불연속 석출물 면적비
(Al-45Zn 기준)

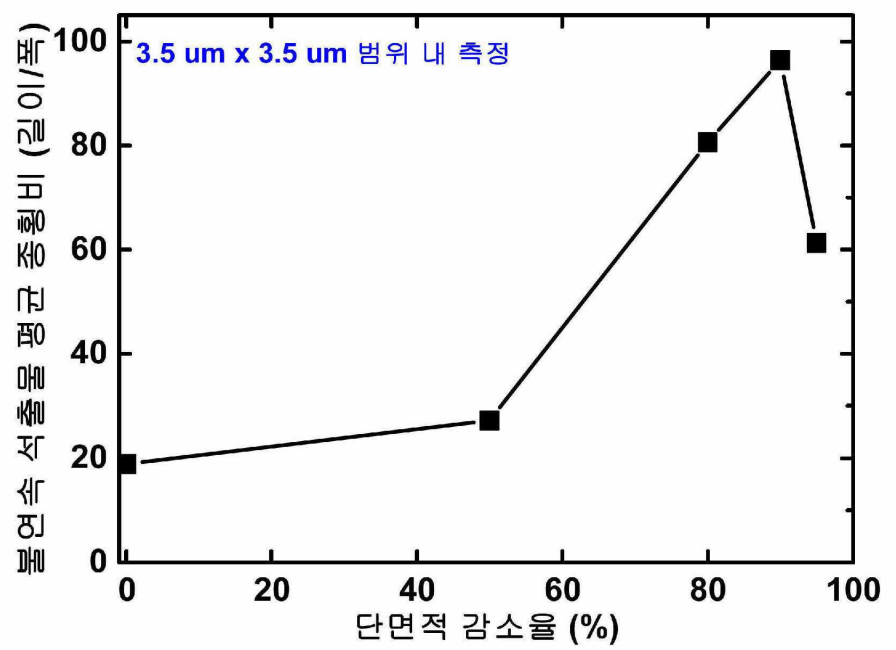
도면9


Aged at 160°C for 120min
2 μm
0.5 μm
0.5 μm
20 nm
20 nm
(111)Al // (002)Zn
(111)Al // (002)Zn
Al [011] // Zn [110]
Al [011] // Zn [110]
200 Al
111 Al
002 Zn
111 Al
111 Al
002 Zn
((111)Al // (002)Zn, [011]Al // [110]Zn)

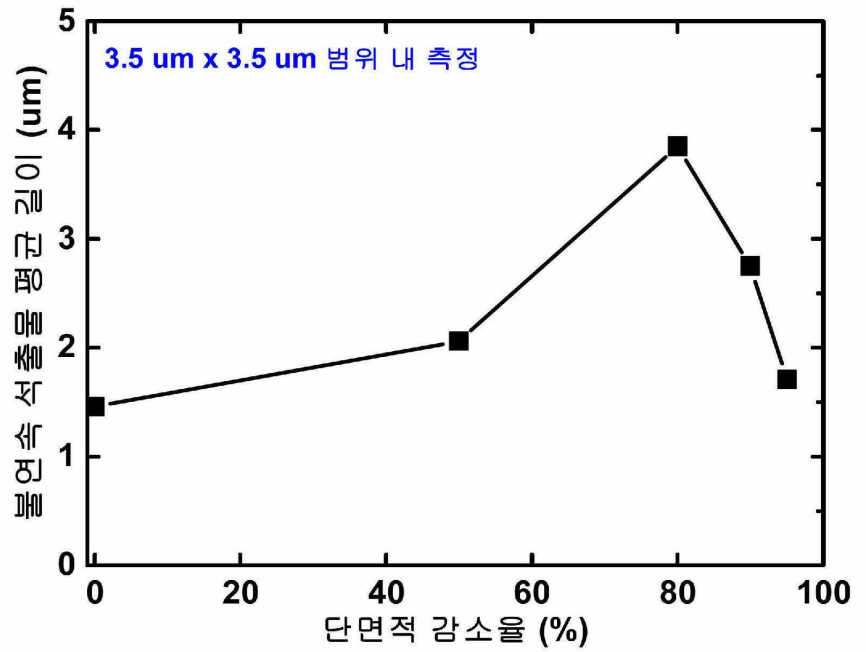
도면10


Aged at 160°C for 120min
1 μm
20 nm
10 nm
Al [01$\bar{1}$] // Zn [1$\bar{1}$0]
Zn [$\bar{1}$11]

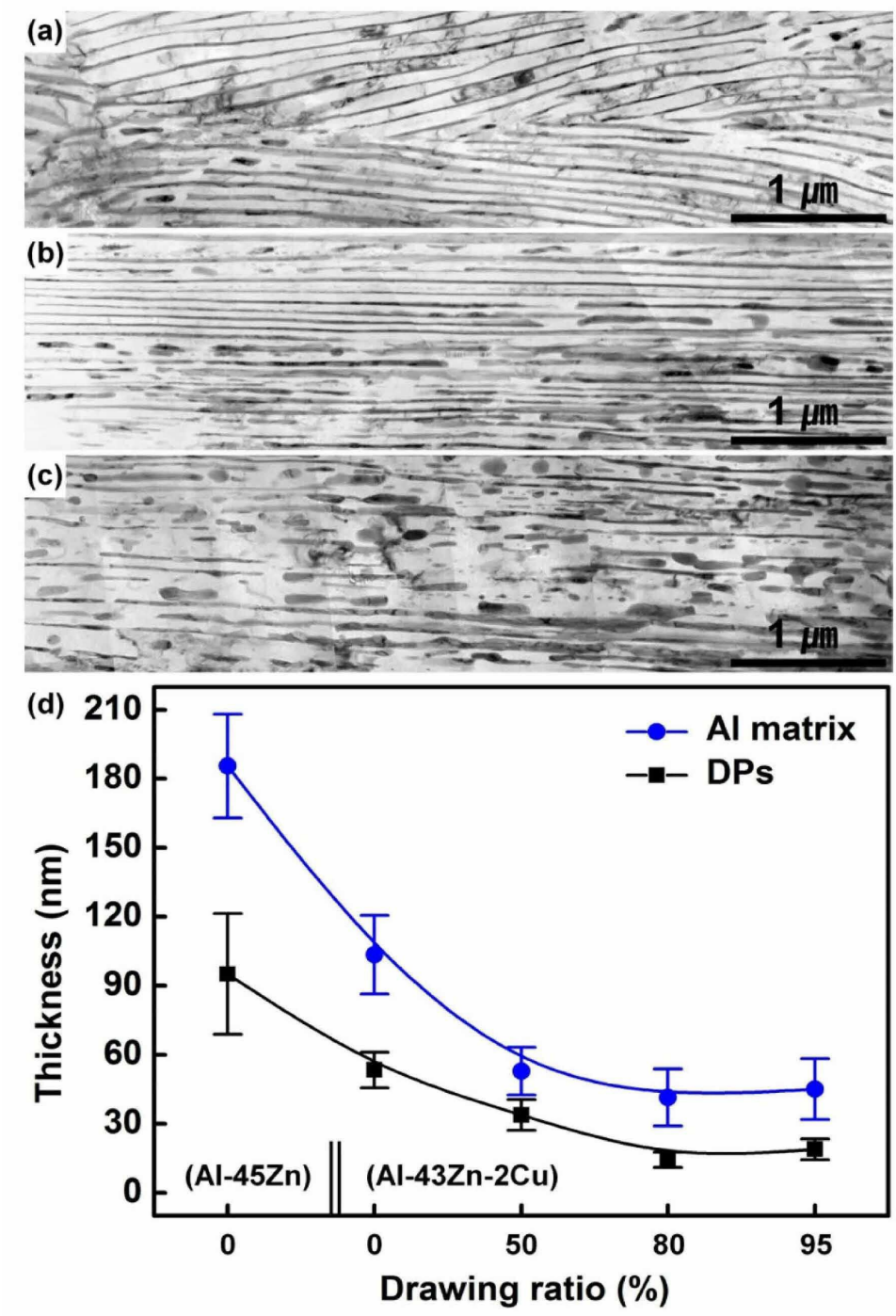
도면11


3.5 um x 3.5 um 범위 내 측정
불연속 석출물 평균 종횡비 (길이/폭)
단면적 감소율 (%)
0
20
40
60
80
100

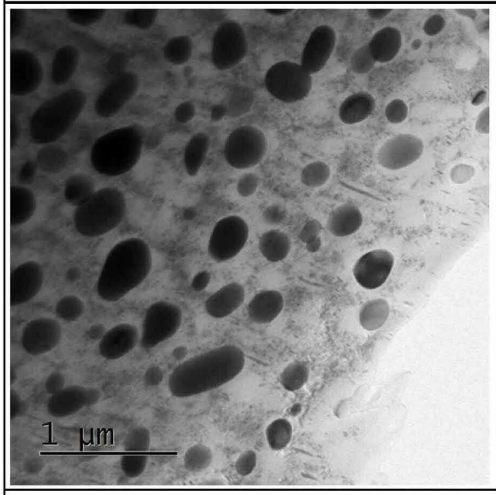
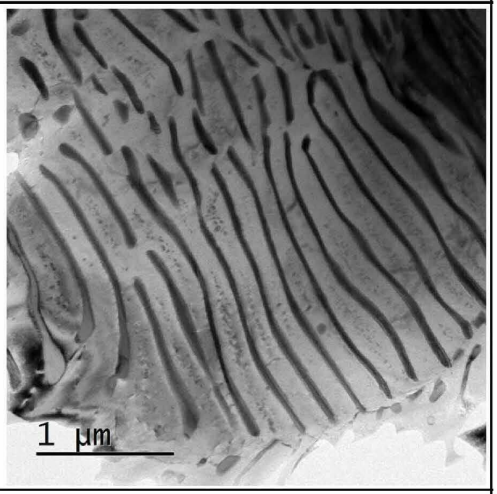
도면12


3.5 um x 3.5 um 범위 내 측정
불연속 석출물 평균 길이 (um)
단면적 감소율 (%)
0
1
2
3
4
5
0
20
40
60
80
100

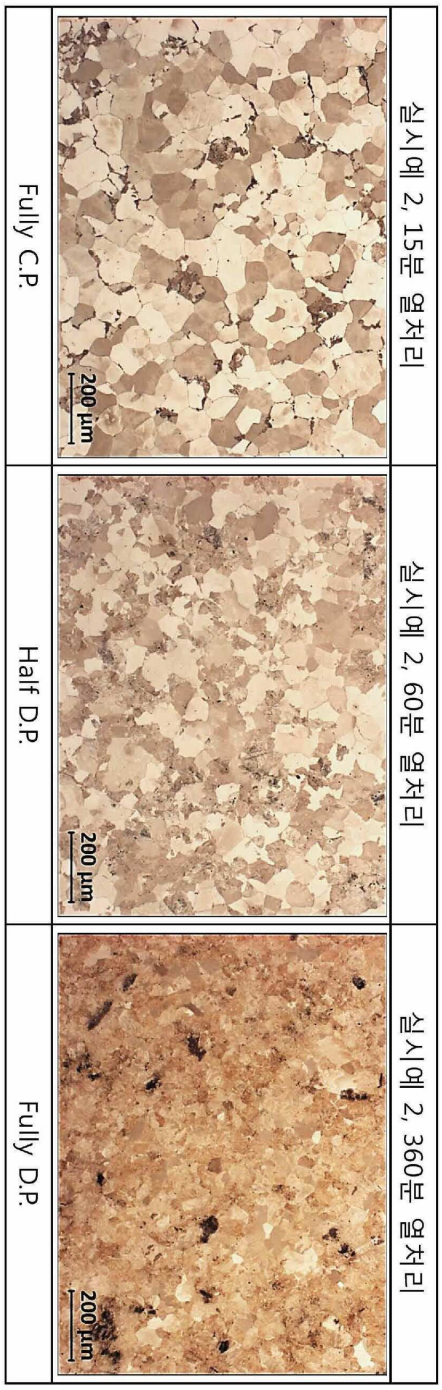
도면13


(a)
1 μm
(b)
1 μm
(c)
1 μm
(d)
Al matrix
DPs
Thickness (nm)
210
180
150
120
90
60
30
0
(Al-45Zn)
(Al-43Zn-2Cu)
0
0
50
80
95
Drawing ratio (%)

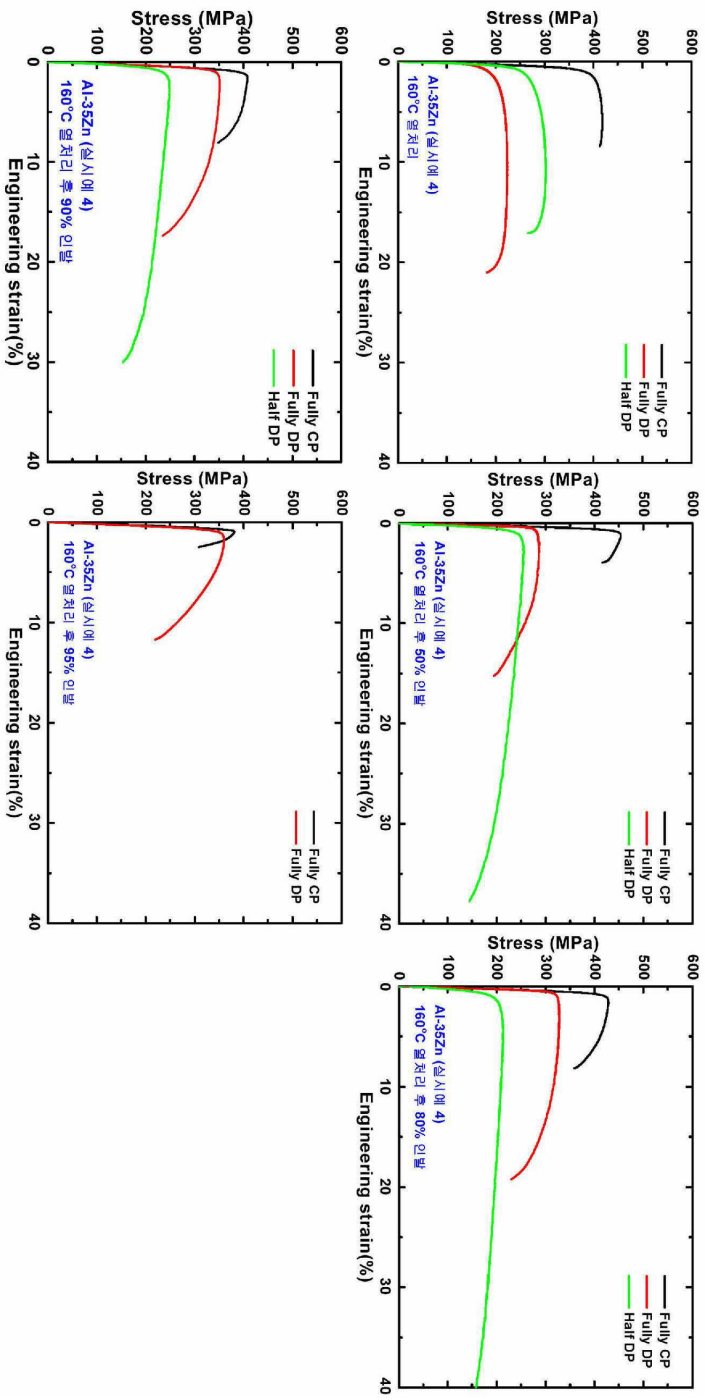
도면14

실시예 7, 15분 열처리	실시예 7, 360분 열처리
	
Fully C.P.	Fully D.P.

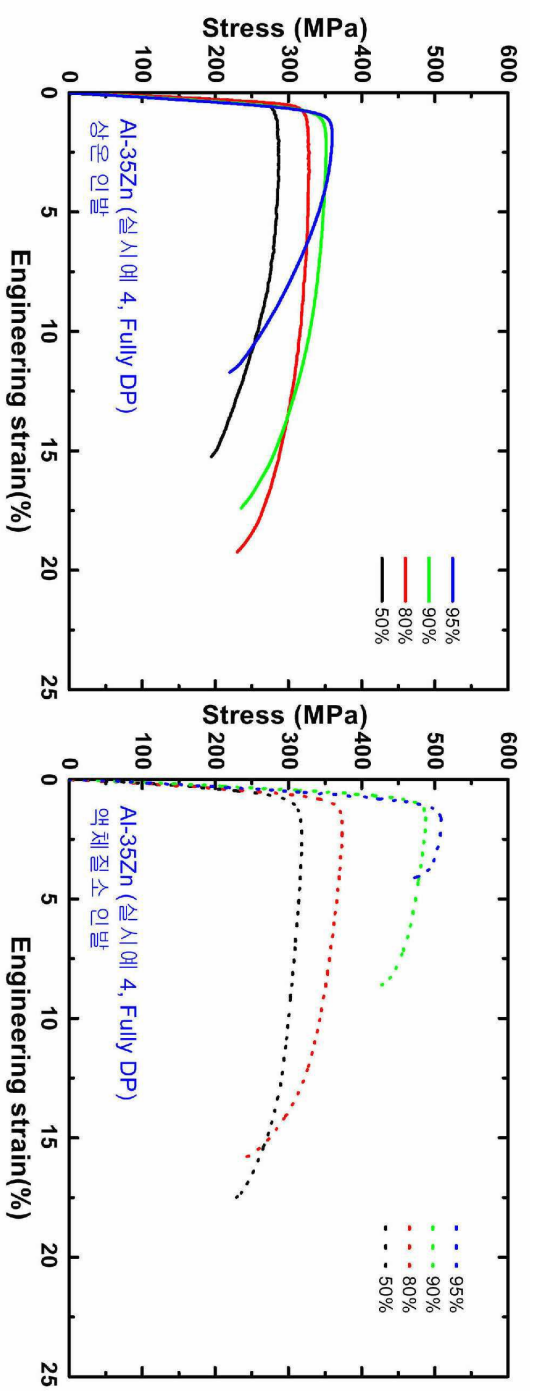
도면15


실시예 2, 15분 열처리
실시예 2, 60분 열처리
실시예 2, 360분 열처리
Fully C.P.
Half D.P.
Fully D.P.
200 μm
200 μm
200 μm

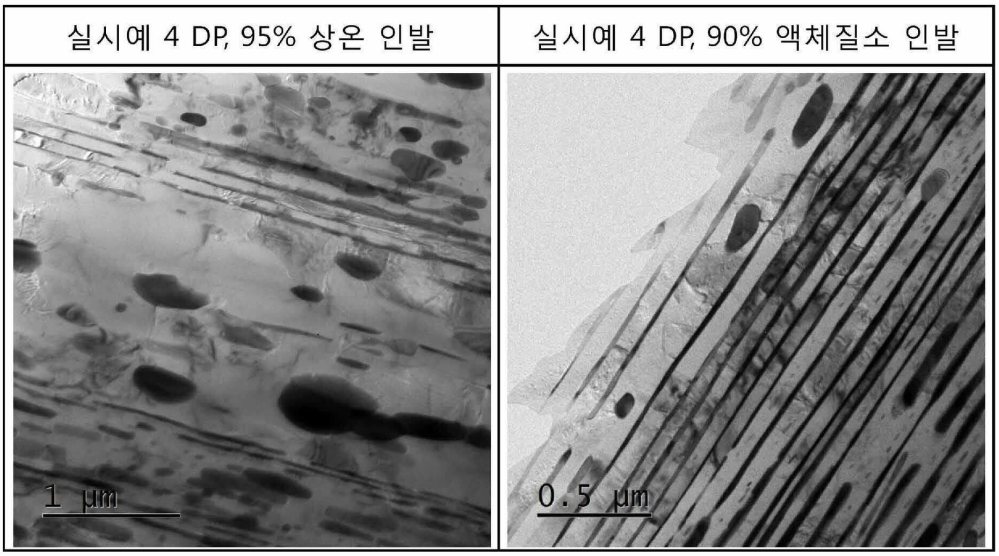
도면16


Stress (MPa)
Engineering strain(%)
Al-35Zn (실시예 4)
160°C 열처리
Fully CP
Fully DP
Half DP
Al-35Zn (실시예 4)
160°C 열처리 후 90% 압발
Al-35Zn (실시예 4)
160°C 열처리 후 50% 압발
Al-35Zn (실시예 4)
160°C 열처리 후 95% 압발
Al-35Zn (실시예 4)
160°C 열처리 후 80% 압발

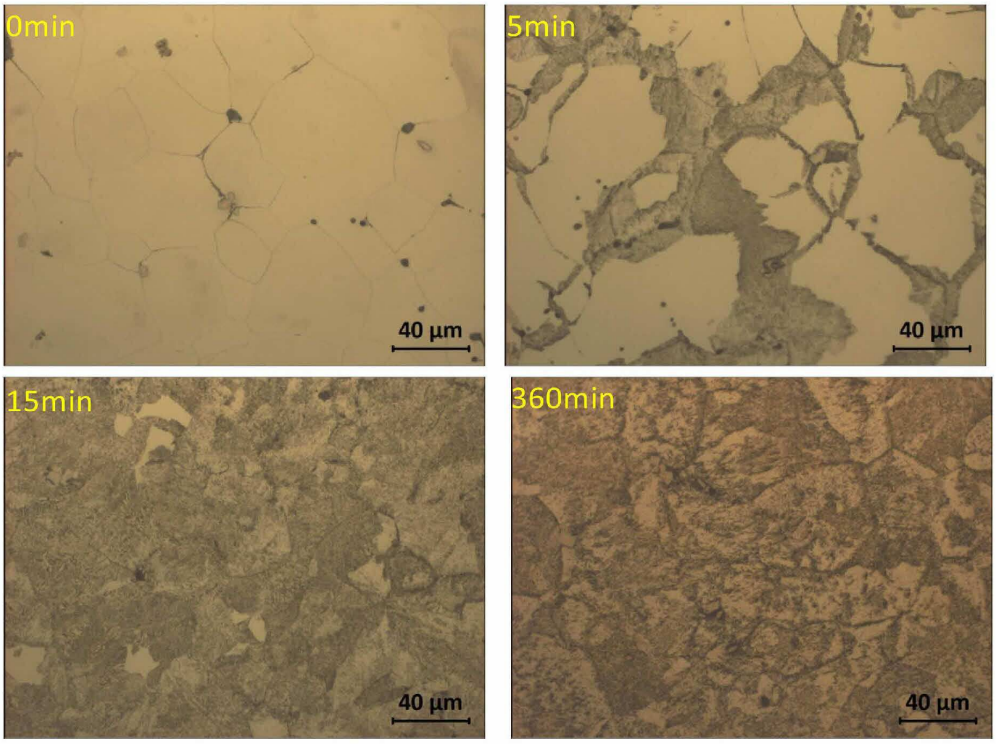
도면17


Stress (MPa)
Engineering strain(%)
Al-35Zn (실시예 4, Fully DP)
상온 인발
50%
80%
90%
95%
Stress (MPa)
Engineering strain(%)
Al-35Zn (실시예 4, Fully DP)
액체질소 인발
50%
80%
90%
95%

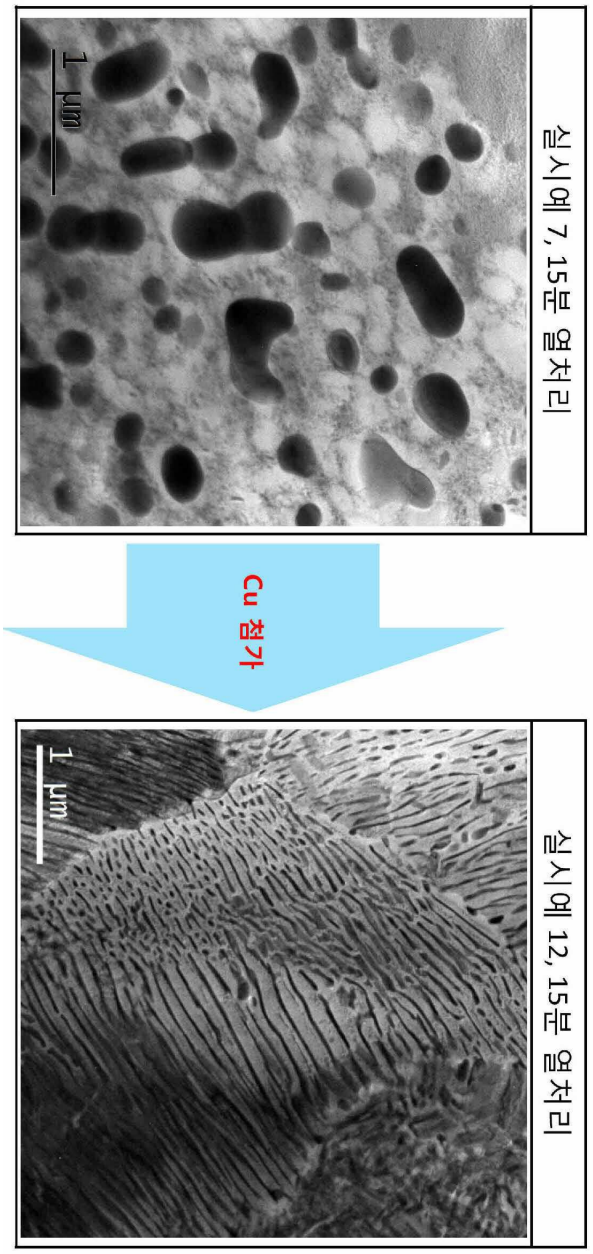
도면18


실시예 4 DP, 95% 상온 인발
실시예 4 DP, 90% 액체질소 인발
1 μm
0.5 μm

도면19


0min
5min
15min
360min
40 μm
40 μm
40 μm
40 μm

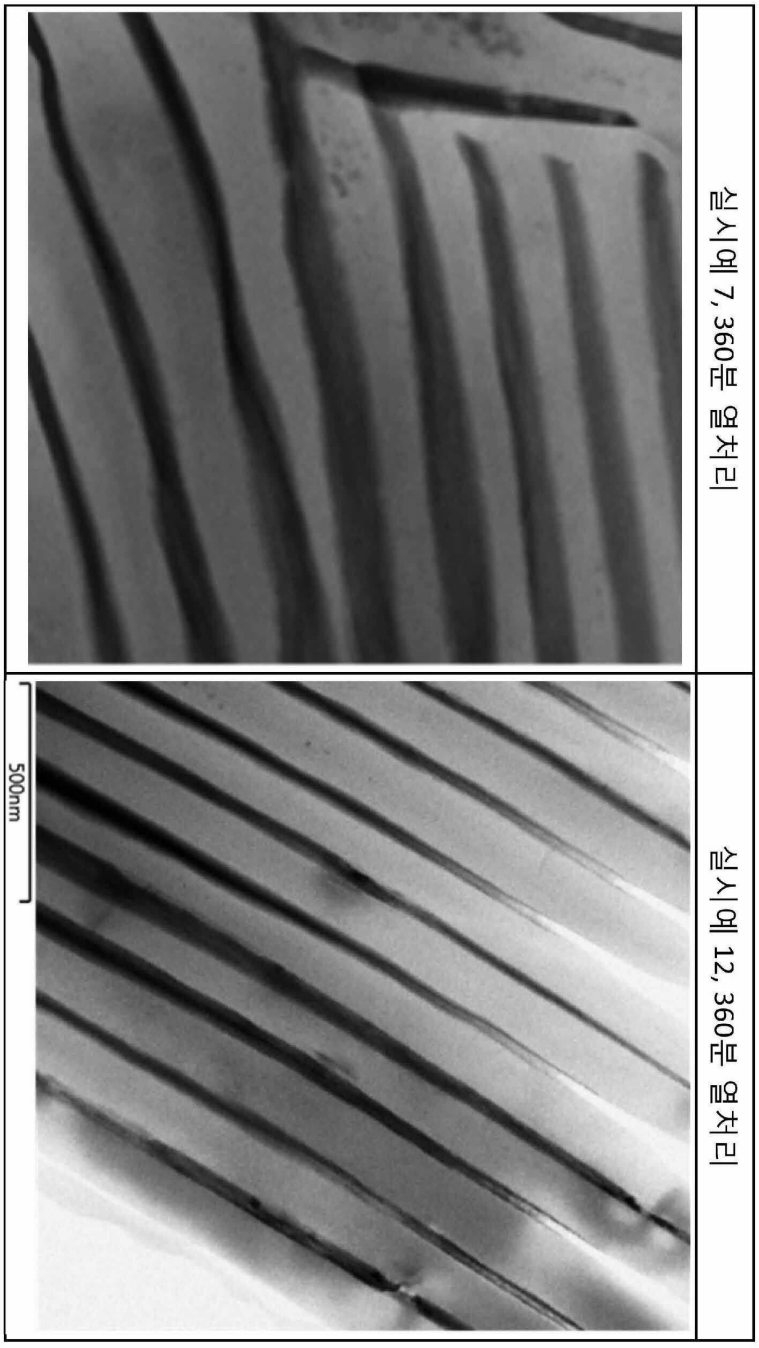
도면20



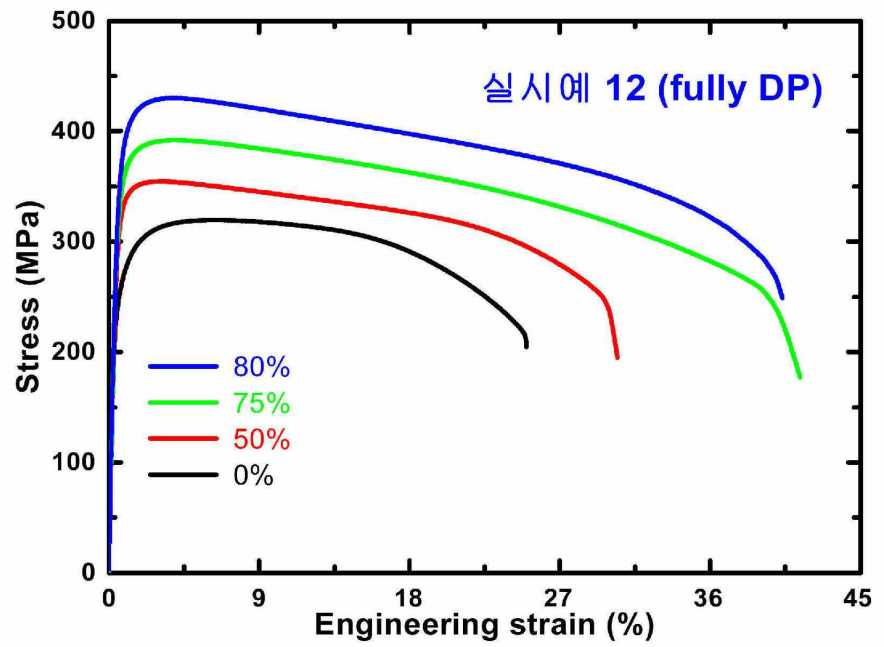
도면21



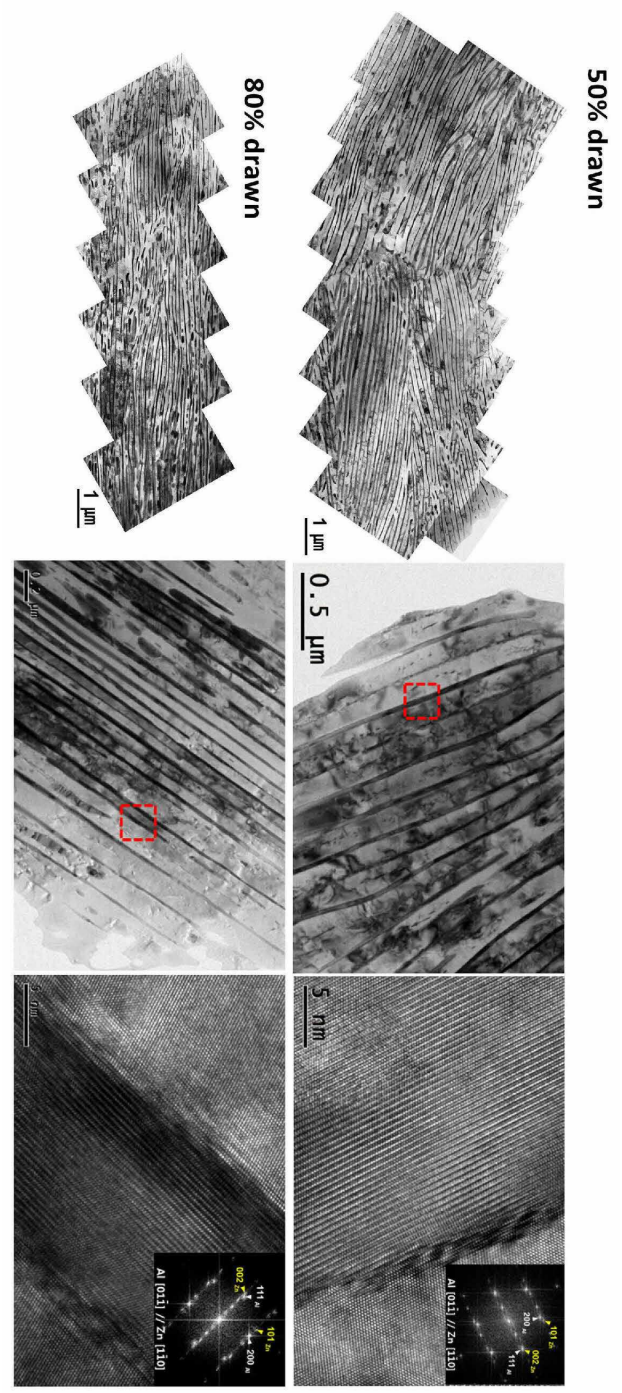
도면22



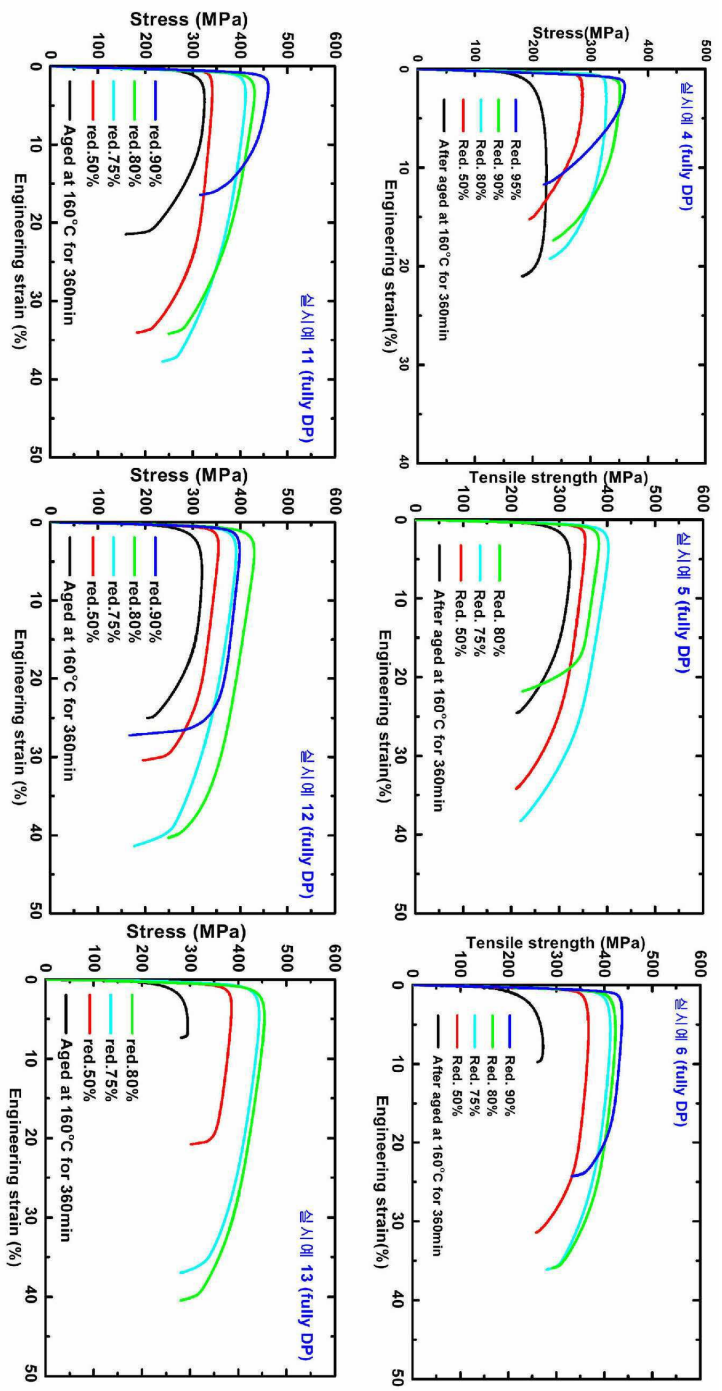
도면23


실시예 12 (fully DP)
Stress (MPa)
Engineering strain (%)
80%
75%
50%
0%
0
100
200
300
400
500
0
9
18
27
36
45

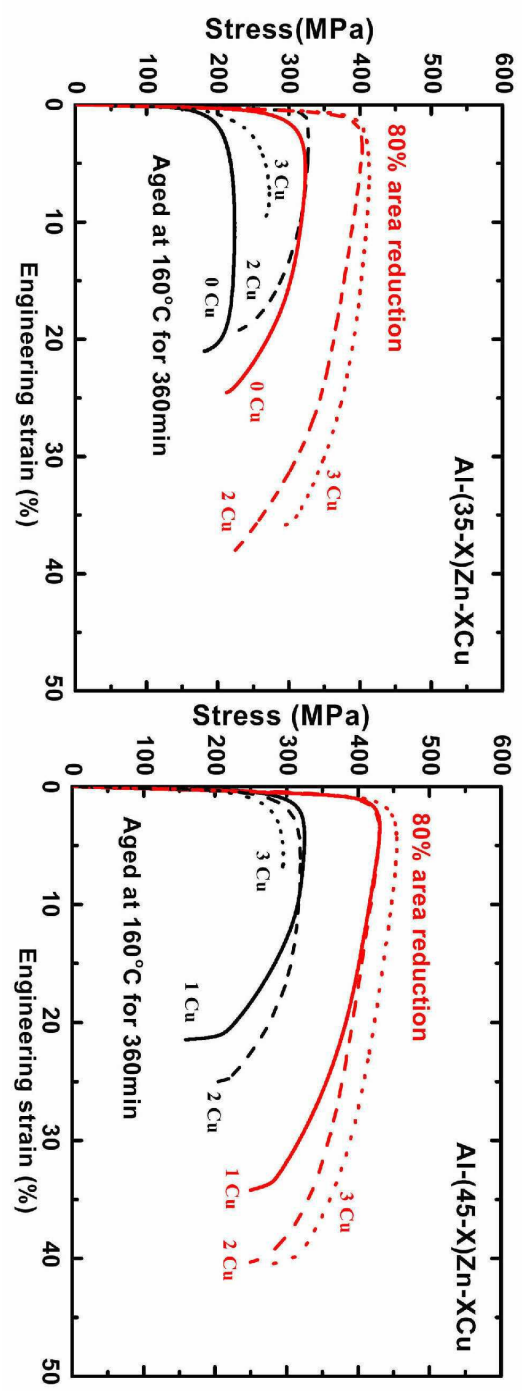
도면24



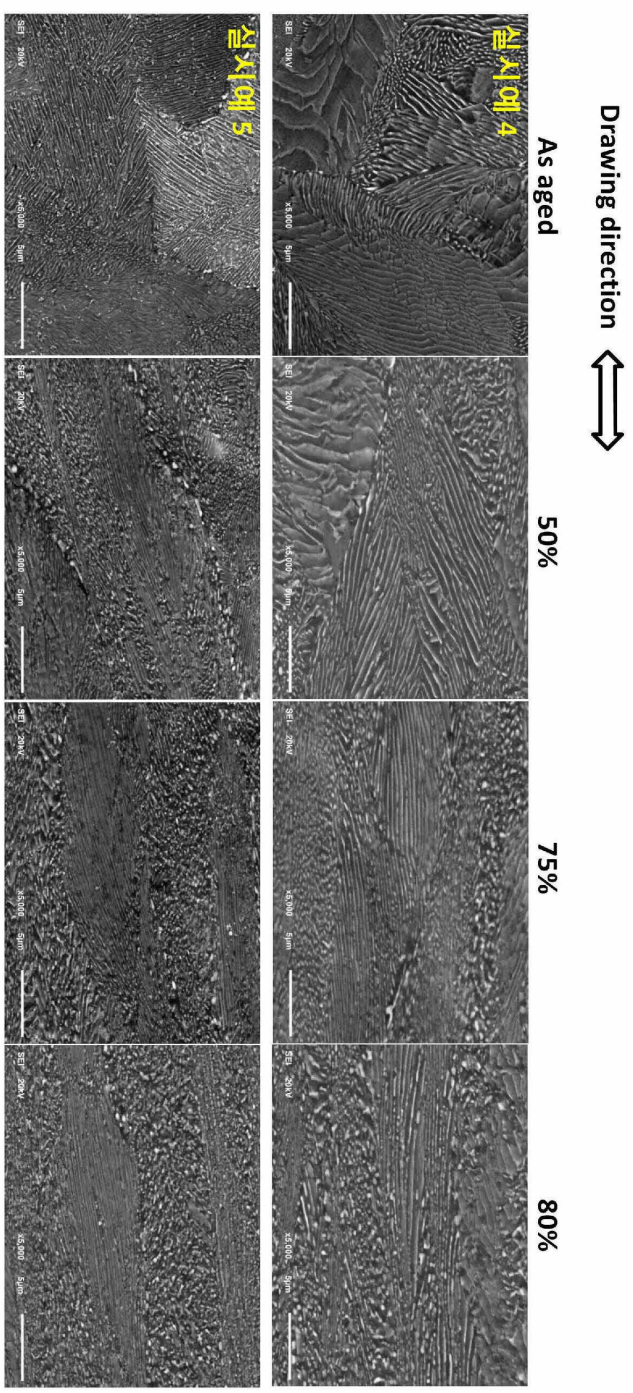
도면25


Stress(MPa)
Engineering strain(%)
Red. 95%
Red. 90%
Red. 80%
Red. 50%
After aged at 160°C for 360min
실시예 4 (fully DP)
Tensile strength (MPa)
Engineering strain(%)
Red. 80%
Red. 75%
Red. 50%
After aged at 160°C for 360min
실시예 5 (fully DP)
Tensile strength (MPa)
Engineering strain(%)
Red. 90%
Red. 80%
Red. 75%
Red. 50%
After aged at 160°C for 360min
실시예 6 (fully DP)
Stress (MPa)
Engineering strain (%)
red.90%
red.80%
red.75%
red.50%
Aged at 160°C for 360min
실시예 11 (fully DP)
Stress (MPa)
Engineering strain (%)
red.90%
red.80%
red.75%
red.50%
Aged at 160°C for 360min
실시예 12 (fully DP)
Stress (MPa)
Engineering strain (%)
red.80%
red.75%
red.50%
Aged at 160°C for 360min
실시예 13 (fully DP)

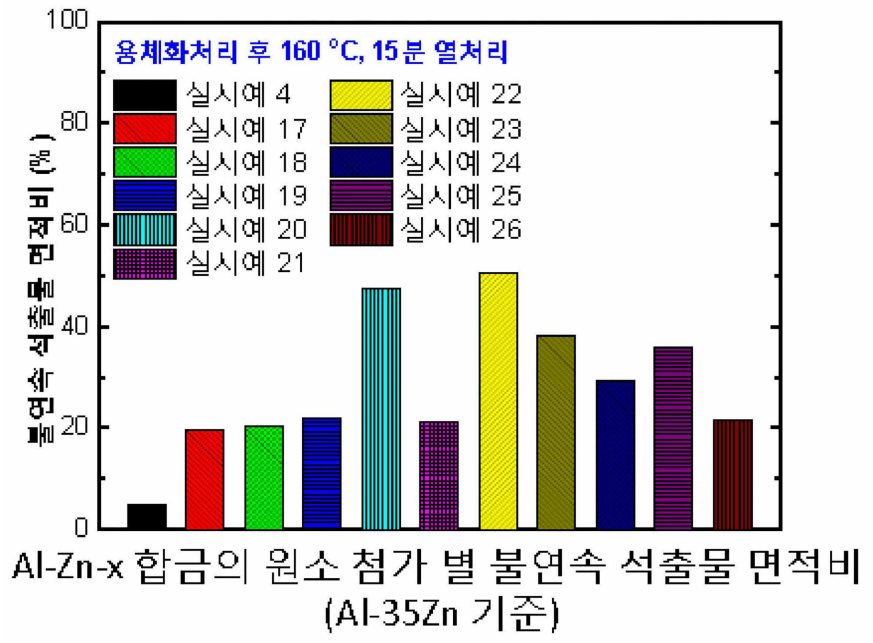
도면26


Stress(MPa)
Engineering strain (%)
Aged at 160°C for 360min
80% area reduction
Al-(35-X)Zn-XCu
0 Cu
2 Cu
3 Cu
Stress (MPa)
Engineering strain (%)
Aged at 160°C for 360min
80% area reduction
Al-(45-X)Zn-XCu
1 Cu
2 Cu
3 Cu

도면27



도면28



Al-Zn-x 합금의 원소 첨가 별 불연속 석출물 면적비
(Al-35Zn 기준)

도면29

