(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0090424
(43) 공개일자 2016년08월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22F 1/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22F 1/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0009796
(22) 출원일자 2015년01월21일
심사청구일자 2015년01월21일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
김세종
경상남도 김해시 율하2로 198 1103동 802호 (율하동,율현마을율하e-편한세상아파트)
김대용
경남 창원시 성산구 원이대로 495 218동 602호
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 9 항

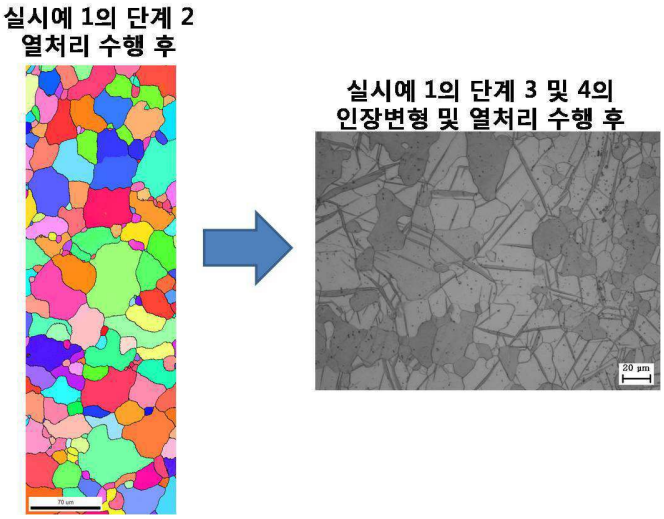
(54) 발명의 명칭 **마그네슘 합금 판재의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 마그네슘 합금 판재**

(57) 요 약

본 발명은 마그네슘 합금 판재의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 마그네슘 합금 판재에 관한 것으로, 구체적으로는 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향 및 압연면 방향에 수직 방향으로 동시에 압축 변형을 수행하는 단계(단계 1); 상기 마그네슘 합금 판재를 열처리하는 단계(단계 2); 상기 단계 2의 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향에 수직 방향으로 인장 변형을 수행하는 단계(단계 3); 및 상기 단계 3의 마그네슘 합금 판재를 재열처리하는 단계(단계 4);를 포함하는 마그네슘 합금 판재의 제조방법을 제공한다.

본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 제조방법은 이축성형 및 열처리를 수행함으로써 집합조직이 비저면으로 변하고, 다시 인장변형을 수행하여 인장 쌍정을 생성시킴으로써 상온에서 성형성이 향상될 수 있고, 버클링 현상이 발생하지 않으며, 보다 얇은 판재에 적용 가능한 장점이 있다.

대 표 도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	융합실용화-13-11-KITECH
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	산업기술연구회
연구사업명	펄스전류 융합판재성형 기술을 이용한 마그네슘 차체부품 실용화 기술개발
연구과제명	펄스 전류 인가 마그네슘 소재거동 분석 및 성형성 향상기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간	2014.12.10 ~ 2015.12.09

명 세 서

청구범위

청구항 1

마그네슘 합금 판재를 압연면 방향 및 압연면 방향에 수직 방향으로 동시에 압축 변형을 수행하는 단계(단계 1);

상기 마그네슘 합금 판재를 열처리하는 단계(단계 2);

상기 단계 2의 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향에 수직 방향으로 인장 변형을 수행하는 단계(단계 3); 및

상기 단계 3의 마그네슘 합금 판재를 재열처리하는 단계(단계 4);를 포함하는 마그네슘 합금 판재의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 단계 1 및 단계 3의 변형은 상온에서 수행하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금 판재의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 단계 1의 압연면 방향에 수직 방향으로의 압축 변형은 1 내지 10 %의 변형률로 수행하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금 판재의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 단계 1의 압연면 방향으로의 응력은 400 내지 600 kgf인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금 판재의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 단계 1의 마그네슘 판재의 두께는 0.1 내지 30 ㎜인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금 판재의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 단계 2의 열처리 및 단계 4의 재열처리는 250 내지 400 ℃에서 수행하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금 판재의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 단계 2의 열처리 및 단계 4의 재열처리는 30 분 내지 2 시간 동안 수행하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금 판재의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 단계 3의 인장 변형은 1 내지 5 %의 변형률로 수행하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금 판재의 제조방법.

청구항 9

마그네슘 합금 판재를 압연면 방향 및 압연면 방향에 수직 방향으로 동시에 압축 변형을 수행하는 단계(단계 1);

상기 마그네슘 합금 판재를 열처리하는 단계(단계 2);

상기 단계 2의 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향에 수직 방향으로 인장 변형을 수행하는 단계(단계 3); 및

상기 단계 3의 마그네슘 합금 판재를 재열처리하는 단계(단계 4);를 포함하는 마그네슘 합금 판재의 성형성 향상방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 마그네슘 합금 판재의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 마그네슘 합금 판재에 관한 것으로, 마그네슘 합금 판재를 이축방향(biaxial)으로 동시에 압축변형을 수행하고, 다시 인장변형을 수행함으로써 마그네슘 합금 판재의 성형성을 향상시키는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 마그네슘은 밀도가 1.74g/㎤ 로 알루미늄 및 철강을 포함하는 구조용 금속 중에서 최소의 밀도를 가지는 가장 가벼운 금속이다. 또한, 비강도가 높고, 기계가공성이 뛰어나며, 진동흡수능, 전자파 차폐성 등이 우수한 특징이 있다.

[0003] 또한, 지구상 여덟번째로 풍부한 원소로서 지구상의 약 2.7 %를 차지하며, 특히 바닷물의 0.13 %가 마그네슘으로 구성되어 있으므로 자원이 무한히 제공된다고 할 수 있다. 나아가, 재활용이 용이하여 환경 친화형 소재이다.

[0004] 상기와 같은 특징을 갖는 마그네슘 합금은 최근 알루미늄 합금을 대신하여 연비 향상을 위한 수송기기의 경량화 요구에 따라 점차 사용이 증대되고 있으며, 또한 경박단소 및 우수한 전자파 차폐성의 요구에 따라 휴대폰, 노트북 등 3Cs제품에 적용이 증가하고 있다.

[0005] 하지만, 마그네슘 합금은 알루미늄 합금에 비해 상대적으로 강도, 연성 및 내식성이 낮은 문제가 있다. 이 중, 상기 마그네슘 합금의 연성은 가공온도를 높임으로써 향상시킬 수 있으나, 복잡한 형상 또는 날카로운 코너를 갖는 제품에 대한 압축성형이 어려워 상용화에 한계가 있었다.

[0006] 종래에 마그네슘 판재의 성형성 향상을 위하여, 비저면 슬립계를 활성시키기 위해 희토류 원소를 첨가하는 방법

과 심한 전단 변형을 통한 저면 집합 조직을 약화시켜 저면 슬립을 활성화시키는 방법이 제안되었다.

[0007] 그러나 상기 방법들은 높은 생산 비용과 낮은 생산성으로 그 적용이 제한적이다.

[0008] 한편, 마그네슘 합금의 성형성 향상과 관련된 종래의 기술로써, 일본 특허 제19311335호에서는 수지 피복 마그네슘(magnesium) 합금판, 수지 피복 마그네슘

[0009] (magnesium) 합금 성형체의 제조 방법을 개시하고 있다. 구체적으로, 마그네슘(magnesium) 합금판 및 수지 필름을 갖추어 그 마그네슘(magnesium) 합금판이 적어도 한쪽 면이 그 수지 필름에 따라 피복되고 있어 그 수지 필름의 20℃에서의 동적 탄성률이 1.0×10^{9} N/m^{2} 이상 3.5×10^{9} N/m^{2} 이하이며, 그 수지필름의 JIS K7127에 준거해 측정한 파단 신장(breaking extension)이 100%이상 600%이하이며, 그 수지 필름의 마그네슘(magnesium) 합금판에 대한 박리 강도가 5 N/20 mm폭 이상인, 수지 피복 마그네슘(magnesium) 합금판을 개시하고 있습니다.

[0010] 그러나, 상기 방법은 마그네슘에 별도로 수지를 도입하고 있어 순수한 마그네슘 합금 판재의 응용이 어려운 문제점이 있다.

[0011] 최근 저면 집합 조직이 발달한 마그네슘 후판의 측면 방향으로 압축하여 쌍정을 유발시켜 저면 집합 조직을 약화시키는 방법이 제안되었다. 그러나 이 방법은 사용이 확대될 것으로 기대되는 얇은 판재에 적용할 수 없는 문제가 있다.

[0012] 이에, 본 발명자들은 얇은 판재에도 성형 가능한 마그네슘 합금의 제조방법에 관하여 연구를 수행하던 중, 이축 방향으로 압축 변형을 가하고, 다시 인장변형을 수행함으로써 성형성이 향상되는 것을 확인하고 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명의 목적은,

[0014] 마그네슘 합금 판재의 제조방법을 제공하는 데 있다.

[0015] 본 발명의 또 다른 목적은,

[0016] 마그네슘 합금 판재의 성형성 향상방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0017] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은,

[0018] 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향 및 압연면 방향에 수직 방향으로 동시에 압축 변형을 수행하는 단계(단계 1);

[0019] 상기 마그네슘 합금 판재를 열처리하는 단계(단계 2);

[0020] 상기 단계 2의 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향에 수직 방향으로 인장 변형을 수행하는 단계(단계 3); 및

[0021] 상기 단계 3의 마그네슘 합금 판재를 재열처리하는 단계(단계 4);를 포함하는 마그네슘 합금 판재의 제조방법을 제공한다.

[0022] 또한, 본 발명은,

[0023] 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향 및 압연면 방향에 수직 방향으로 동시에 압축 변형을 수행하는 단계(단계 1);

[0024] 상기 마그네슘 합금 판재를 열처리하는 단계(단계 2);

[0025] 상기 단계 2의 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향에 수직 방향으로 인장 변형을 수행하는 단계(단계 3); 및

[0026] 상기 단계 3의 마그네슘 합금 판재를 재열처리하는 단계(단계 4);를 포함하는 마그네슘 합금 판재의 성형성 향상방법을 제공한다.

발명의 효과

[0027] 본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 제조방법은 이축성형 및 열처리를 수행함으로써 집합조직이 비저면으로 변하고, 다시 인장변형을 수행하여 인장 쌍정을 생성시킴으로써 상온에서 성형성이 향상될 수 있고, 버클링 현상이 발생하지 않으며, 보다 얇은 판재에 적용 가능한 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 따른 제조방법의 단계 1을 나타낸 모식도이고;

도 2는 실시예 1의 단계 1의 변형 전 및 후의 마그네슘 합금 판재를 광학현미경으로 관찰한 사진이고;

도 3은 실시예 2의 열처리 수행 후의 마그네슘 합금 판재를 전자후방산란회절로 관찰한 사진 및 방위각 차이 분포를 나타낸 그래프이고;

도 4는 실시예 1의 단계 1의 변형 후의 마그네슘 합금 판재를 전자후방산란회절로 관찰한 IPF(inverse pole figures) 맵 및 이를 상용 프로그램 크로스코트(crosscourt)로 분석한 GND 밀도 사진이고;

도 5는 실시예 1에서 제조된 마그네슘 합금 판재를 주사전자현미경으로 관찰한 사진이고;

도 6은 실시예 1 및 비교예 1 내지 4에서 제조된 마그네슘 합금 판재에 에릭슨 시험을 수행하고 펀치 힘에 따른 변위를 나타낸 그래프이고;

도 7은 실시예 1 및 비교예 1 내지 4에서 제조된 마그네슘 합금 판재에 에릭슨 시험을 수행하고 한계 돔 높이를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 본 발명은,

[0030] 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향 및 압연면 방향에 수직 방향으로 동시에 압축 변형을 수행하는 단계(단계 1);

[0031] 상기 마그네슘 합금 판재를 열처리하는 단계(단계 2);

[0032] 상기 단계 2의 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향에 수직 방향으로 인장 변형을 수행하는 단계(단계 3); 및

[0033] 상기 단계 3의 마그네슘 합금 판재를 재열처리하는 단계(단계 4);를 포함하는 마그네슘 합금 판재의 제조방법을 제공한다.

[0034] 이하, 본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 제조방법을 각 단계별로 상세히 설명한다.

[0035] 본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 제조방법에 있어서, 상기 단계 1은 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향 및 압연면 방향에 수직 방향으로 동시에 압축 변형을 수행하는 단계이다. 도 1에 단계 1의 일례를 도시하였다.

[0036] 종래에는 저면 집합 조직이 발달한 마그네슘 후판을 측면 방향으로 압축하여 쌍정을 유발시킴으로써, 저면 집합 조직을 약화시키는 방법이 제안되었다. 그러나 보다 얇은 판재에 적용할 수 없는 문제가 있었다.

[0037] 반면, 본 발명은 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향에 수직 방향으로 압축 변형을 수행할 뿐만 아니라, 압연면 방향으로도 동시에 압축변형을 수행하기 때문에 버클링(buckling) 현상이 발생하지 않고 얇은 판재에도 적용이 가능하다.

[0038] 또한, 이축변형으로 인해 결정립 간 잔류 응력의 차이가 크고, 이것이 후속공정의 열처리 단계에서 트윈된 결정립의 성장을 유도함으로써 집합조직이 비저면(non-basal)으로 변하면서 성형성이 향상될 수 있다.

[0039] 이때, 상기 마그네슘 합금 판재는 AZ31, ZM21, ZC63, AZ91, AZ91D, AM50A, AM60B 및 AZ81으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상일 수 있으나, 상기 마그네슘 합금 판재가 이에 제한되는 것은 아니다.

[0040] 상기 단계 1의 압축 변형은 상온에서 수행할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0041] 상기 단계 1의 압연면 방향에 수직 방향으로의 압축 변형은 1 내지 10 %의 변형률로 수행할 수 있다.

[0042] 만약, 상기 압축 변형이 1 % 미만의 변형률로 수행되는 경우에는 단계 2에서 열처리 특정 결정립에서만 결정립 성장이 일어나 결정립 크기가 불균일한 조직이 만들어지는 문제점이 발생할 수 있고, 상기 압축 변형이 15 %를 초과하는 변형량으로 수행되는 경우에는 버클링이 발생하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0043] 상기 단계 1의 압연면 방향으로의 응력은 400 내지 600 kgf일 수 있다.

[0044] 만약, 상기 응력이 400 kgf 미만인 경우에는 압연면 상의 축에 따른 압축변형으로 인한 버클링 현상이 발생하는 문제점이 있고, 상기 응력이 600 kgf 초과인 경우에는 표면과 기계 사이의 마찰 증가로 폭 방향 압축 시 필요 하중의 증가와 시편 손상을 야기하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0045] 상기 단계 1의 마그네슘 판재의 두께는 0.1 내지 30 ㎜일 수 있다.

[0046] 본 발명에서는 이축 방향에서 변형을 동시에 수행하기 때문에, 보다 얇은 마그네슘 판재를 성형할 수 있다.

[0047] 본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 제조방법에 있어서, 상기 단계 2는 상기 마그네슘 합금 판재를 열처리하는 단계이다.

[0048] 이축변형이 수행된 판재를 열처리함으로써, 트윈된 결정립의 성장을 유도하고, 집합조직이 비저면(non-basal)으로 변하면서 성형성이 향상될 수 있다.

[0049] 상기 단계 2의 열처리는 250 내지 400 ℃에서 수행할 수 있다.

[0050] 만약, 상기 단계 2의 열처리가 250 ℃ 미만의 온도에서 수행되는 경우에는, 인장 쌍정(tensile twin)이 여전히 미세조직 내에 분포하며, 결정립이 성장하지 않는 문제점이 발생할 수 있고, 상기 단계 2의 열처리가 400 ℃ 초과의 온도에서 수행되는 경우에는 결정립의 크기가 조대화되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0051] 상기 단계 2의 열처리는 30 분 내지 2 시간 동안 수행할 수 있다.

[0052] 만약, 상기 단계 2의 열처리가 30 분 미만의 시간 동안 수행되는 경우에는, 인장 쌍정(tensile twin)이 여전히 미세조직 내에 분포하며, 특정 결정립에서만 성장하여 결정립 크기의 불균일한 분포를 야기하는 문제점이 발생

할 수 있고, 상기 단계 2의 열처리가 2 시간 초과 시간 동안 수행되는 경우에는 결정립 조대화 및 공정경제상 비용이 증가하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0053] 본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 제조방법에 있어서 단계 3은 상기 단계 2의 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향에 수직 방향으로 인장 변형을 수행하는 단계이다.

[0054] 이와 같이 인장변형을 수행함으로써 압연 방향 결정립 내부에 인장 쌍정(tensile twin)을 형성할 수 있고, 이에 따라 결정립 미세화를 통해 재료의 인성(toughness) 향상과 쌍정으로 집합 조직을 약화시켜 변형 수용능력을 향상시킬 수 있다.

[0055] 상기 단계 3의 인장 변형은 상온에서 수행할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0056] 상기 단계 3의 인장 변형은 1 내지 5 %의 변형률로 수행할 수 있다.

[0057] 만약, 상기 인장 변형이 1 % 미만의 변형률로 수행되는 경우에는 인장 쌍정이 형성되지 못하는 문제점이 발생할 수 있고, 상기 인장 변형이 5 %를 초과하는 변형량으로 수행되는 경우에는 판재의 두께가 얇아져 두께 조절이 어려워지고, 쌍정 폭과 분율이 증가하여 결정립 미세화 효과가 약해지며, 쌍정 주위에 전위 밀도가 높아져서 연신율이 저하되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0058] 본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 제조방법에 있어서, 상기 단계 4는 상기 단계 3의 마그네슘 합금 판재를 재열처리하는 단계이다.

[0059] 인장 쌍정이 형성된 판재를 열처리함으로써, 누적된 전위 밀도를 낮추어 성형성이 향상될 수 있다.

[0060] 상기 단계 4의 열처리는 250 내지 400 ℃에서 수행할 수 있다.

[0061] 만약, 상기 단계 4의 열처리가 250 ℃ 미만의 온도에서 수행되는 경우에는, 누적된 전위밀도를 낮추는데 효과적이지 못한 문제점이 발생할 수 있고, 상기 단계 4의 열처리가 400 ℃ 초과의 온도에서 수행되는 경우에는 결정립의 크기가 조대화되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0062] 상기 단계 4의 열처리는 30 분 내지 2 시간 동안 수행할 수 있다.

[0063] 만약, 상기 단계 4의 열처리가 30 분 미만의 시간 동안 수행되는 경우에는, 누적된 전위밀도를 낮추는데 효과적이지 못한 문제점이 발생할 수 있고, 상기 단계 4의 열처리가 2 시간 초과 시간 동안 수행되는 경우에는 결정립 조대화 및 공정경제상 비용이 증가하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0064] 또한, 본 발명은,

[0065] 상기 제조방법에 따라 제조되는 마그네슘 합금 판재를 제공한다.

[0066] 상기 제조방법에 따르는 경우, 마그네슘 합금 판재의 미세조직의 변화에 따라 저면 집합 조직이 약화되면서 성형성이 향상된 마그네슘 합금 판재를 제조할 수 있다.

[0067] 나아가, 본 발명은,

[0068] 상기 마그네슘 합금 판재를 포함하는 전자제품 케이스 또는 자동차 외판재를 제공한다.

[0069] 마그네슘은 비강도가 높고, 기계가공성이 뛰어나며, 진동흡수능, 전자파 차폐성 등이 우수한 특징이 있다.

[0070] 상기 제조방법에 따라 제조된 마그네슘 합금 판재는 상기와 같은 장점뿐만 아니라 우수한 성형성을 가지므로, 전자제품 케이스나 자동차 외판재 등의 다양한 제품에 응용될 수 있으나, 마그네슘 합금 판재의 활용이 이에 제한되는 것은 아니다.

[0071] 본 발명은,

[0072] 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향 및 압연면 방향에 수직 방향으로 동시에 압축 변형을 수행하는 단계(단계 1);

[0073] 상기 마그네슘 합금 판재를 열처리하는 단계(단계 2);

[0074] 상기 단계 2의 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향에 수직 방향으로 인장 변형을 수행하는 단계(단계 3); 및

[0075] 상기 단계 3의 마그네슘 합금 판재를 재열처리하는 단계(단계 4);를 포함하는 마그네슘 합금 판재의 성형성 향상방법을 제공한다.

[0076] 이하, 본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 성형성 향상방법을 각 단계별로 상세히 설명한다.

[0077] 본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 성형성 향상방법에 있어서, 상기 단계 1은 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향 및 압연면 방향에 수직 방향으로 동시에 압축 변형을 수행하는 단계이다. 도 1에 단계 1의 일례를 도시하였다.

[0078] 이때, 상기 마그네슘 합금 판재는 AZ31, ZM21, ZC63, AZ91, AZ91D, AM50A, AM60B 및 AZ81으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상일 수 있으나, 상기 마그네슘 합금 판재가 이에 제한되는 것은 아니다.

[0079] 상기 단계 1의 압축 변형은 상온에서 수행할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0080] 상기 단계 1의 압연면 방향에 수직 방향으로 압축 변형은 1 내지 10 %의 변형률로 수행할 수 있다.

[0081] 만약, 상기 압축 변형이 1 % 미만의 변형률로 수행되는 경우에는 단계 2에서 열처리 특정 결정립에서만 결정립 성장이 일어나 결정립 크기가 불균일한 조직이 만들어지는 문제점이 발생할 수 있고, 상기 압축 변형이 15 %를 초과하는 변형량으로 수행되는 경우에는 버클링이 발생하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0082] 상기 단계 1의 압연면 방향으로의 응력은 400 내지 600 kgf일 수 있다.

[0083] 만약, 상기 응력이 400 kgf 미만인 경우에는 압연면 상의 축에 따른 압축변형으로 인한 버클링 현상이 발생하는 문제점이 있고, 상기 응력이 600 kgf 초과인 경우에는 표면과 기계 사이의 마찰 증가로 폭 방향 압축 시 필요 하중의 증가와 시편 손상을 야기하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0084] 상기 단계 1의 마그네슘 판재의 두께는 0.1 내지 30 ㎜일 수 있다.

[0085] 본 발명에서는 이축 방향에서 변형을 동시에 수행하기 때문에, 보다 얇은 마그네슘 판재를 성형할 수 있다.

[0086] 본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 성형성 향상방법에 있어서, 상기 단계 2는 상기 마그네슘 합금 판재를 열처리하는 단계이다.

[0087] 상기 단계 2의 열처리는 250 내지 400 ℃에서 수행할 수 있다.

[0088] 만약, 상기 단계 2의 열처리가 250 ℃ 미만의 온도에서 수행되는 경우에는, 인장 쌍정(tensile twin)이 여전히 미세조직 내에 분포하며, 결정립이 성장하지 않는 문제점이 발생할 수 있고, 상기 단계 2의 열처리가 400 ℃ 초과의 온도에서 수행되는 경우에는 결정립의 크기가 조대화되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0089] 상기 단계 2의 열처리는 30 분 내지 2 시간 동안 수행할 수 있다.

[0090] 만약, 상기 단계 2의 열처리가 30 분 미만의 시간 동안 수행되는 경우에는, 인장 쌍정(tensile twin)이 여전히

미세조직 내에 분포하며, 특정 결정립에서만 성장하여 결정립 크기의 불균일한 분포를 야기하는 문제점이 발생할 수 있고, 상기 단계 2의 열처리가 2 시간 초과 시간 동안 수행되는 경우에는 결정립 조대화 및 공정경제상 비용이 증가하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0091] 본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 성형성 향상방법에 있어서 단계 3은 상기 단계 2의 마그네슘 합금 판재를 압연면 방향에 수직 방향으로 인장 변형을 수행하는 단계이다.

[0092] 상기 단계 3의 인장 변형은 상온에서 수행할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0093] 상기 단계 3의 인장 변형은 1 내지 5 %의 변형률로 수행할 수 있다.

[0094] 만약, 상기 인장 변형이 1 % 미만의 변형률로 수행되는 경우에는 인장 쌍정이 형성되지 못하는 문제점이 발생할 수 있고, 상기 인장 변형이 5 %를 초과하는 변형량으로 수행되는 경우에는 판재의 두께가 얇아져 두께 조절이 어려워지고, 쌍정 폭과 분율이 증가하여 결정립 미세화 효과가 약해지며, 쌍정 주위에 전위 밀도가 높아져서 연신율이 저하되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0095] 본 발명에 따른 마그네슘 합금 판재의 성형성 향상방법에 있어서, 상기 단계 4는 상기 단계 3의 마그네슘 합금 판재를 재열처리하는 단계이다.

[0096] 상기 단계 4의 열처리는 250 내지 400 ℃에서 수행할 수 있다.

[0097] 만약, 상기 단계 4의 열처리가 250 ℃ 미만의 온도에서 수행되는 경우에는, 누적된 전위밀도를 낮추는데 효과적이지 못한 문제점이 발생할 수 있고, 상기 단계 4의 열처리가 400 ℃ 초과의 온도에서 수행되는 경우에는 결정립의 크기가 조대화되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0098] 상기 단계 4의 열처리는 30 분 내지 2 시간 동안 수행할 수 있다.

[0099] 만약, 상기 단계 4의 열처리가 30 분 미만의 시간 동안 수행되는 경우에는, 누적된 전위밀도를 낮추는데 효과적이지 못한 문제점이 발생할 수 있고, 상기 단계 4의 열처리가 2 시간 초과 시간 동안 수행되는 경우에는 결정립 조대화 및 공정경제상 비용이 증가하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0100] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 상세히 설명한다. 단, 하기의 실시예는 본 발명을 설명하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.

[0101] <실시예 1>

[0102] 단계 1: 압연 가공된 AZ31 마그네슘 합금 판재(두께: 1.2 ㎜)를 압연면 상에서 압연 방향에 수직방향으로 5 %의 변형량으로 압축변형하고, 판재의 두께 방향으로 500 kgf의 응력을 가해 동시에 이축 변형을 실시하였다.

[0103] 단계 2: 상기 변형된 마그네슘 합금 판재를 300 ℃에서 1시간 동안 열처리하였다.

[0104] 단계 3: 상기 단계 2의 판재를 압연면 상에서 압연 방향에 수직방향으로 1.5 %의 변형량으로 인장변형하였다.

[0105] 단계 4: 상기 단계 3의 판재를 300 ℃에서 1시간 동안 열처리하여 마그네슘 합금 판재를 제조하였다.

[0106] <실시예 2>

[0107] 상기 실시예 1의 단계 1에서 마그네슘 합금 판재의 두께가 10 ㎜인 것을 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 판재를 제조하였다.

[0108] <실시예 3>

[0109] 상기 실시예 1의 단계 1에서 마그네슘 합금 판재의 두께가 30 ㎜인 것을 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 판재를 제조하였다.

[0110] <비교예 1>

[0111] 압연 가공된 AZ31 마그네슘 합금 판재(두께: 1.2 ㎜)를 300 ℃에서 1시간 동안 열처리하였다.

[0112] <비교예 2>

[0113] 상기 비교예 1에서 200 ℃의 온도로 열처리한 것을 제외하고는 상기 비교예 1과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 판재를 제조하였다.

[0114] <비교예 3>

[0115] 상기 실시예 1의 단계 3 및 4를 수행하지 않은 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 판재를 제조하였다.

[0116] <비교예 4>

[0117] 상기 비교예 3의 단계 2에서 200 ℃의 온도로 열처리한 것을 제외하고는 상기 비교예 3과 동일하게 수행하여 마그네슘 합금 판재를 제조하였다.

[0118] *표 1*

	판재두께(㎜)	단계 1의 압축변형	단계 2의 열처리(℃)	단계 3의 인장변형	단계 4의 열처리(℃)
실시예 1	1.2	○	300	○	300
실시예 2	10	○	300	○	300
실시예 3	30	○	300	○	300
비교예 1	1.2	×	300	×	×
비교예 2	1.2	×	200	×	×
비교예 3	1.2	○	300	×	×
비교예 4	1.2	○	200	×	×

[0119] <실험예 1> 마그네슘 합금 판재의 미세조직 분석

[0120] 상기 실시예 1의 마그네슘 합금 판재의 미세조직을 분석하기 위해, 실시예 1의 마그네슘 합금 판재 및 단계 1의 변형 후의 마그네슘 합금 판재를 광학현미경으로 관찰하고 그 결과를 도 2에 도시하였고, 단계 2의 열처리 후의 마그네슘 합금 판재를 전자후방산란회절(EBDS)로 관찰하고 그 결과를 도 3에 도시하였으며, 전자후방산란회절로 판재 두께 방향(ND)에서의 IPF(inverse pole figures) 맵 및 이를 상용 프로그램 크로스코트(crosscourt)로 분석한 GND(geometrically necessary dislocation) 밀도를 관찰하고 그 결과를 도 4에 도시하였고, 단계 3 및 4의 인장변형 및 열처리 후의 마그네슘 합금판재를 주사전자 현미경으로 관찰하고 그 결과를 도 5에 도시하였다.

[0121] 도 2에 도시한 바와 같이, 마그네슘 합금의 단계 1의 변형 전에는 평균 8 ㎛의 결정립 크기를 갖는 미세구조가 관찰되고, 단계 1의 이축 변형 후에는 결정립이 트윈되어 평균 3.78 ㎛의 결정립 크기를 갖는 미세구조를 갖는 것을 알 수 있다.

[0122] 도 3에 도시한 바와 같이, 단계 2의 열처리를 수행한 후의 마그네슘 미세조직을 살펴본 결과, 결정립이 성장하고 저면 집합조직이 약화되며, 인장 쌍정이 소멸됨을 알 수 있다.

[0123] 도 4의 실시예 1의 단계 1의 변형 후의 결정립을 관찰해보면, 불균일한 변형으로 인해 비저면 집합 조직이 성장됨을 알 수 있다.

[0124] 도 5에 도시한 바와 같이, 실시예 1의 단계 3 및 4의 인장변형 및 열처리 후의 결정립을 관찰해보면, 압연 방향의 결정립 내부에 인장 쌍정이 형성되어 있음을 알 수 있다.

[0125] 이를 통해, 마그네슘의 이축 변형으로 인해 잔류 응력의 차이가 큰 결정립이 생성되고, 이로 인해 열처리 단계에서 트윈된 결정립의 성장을 유도함으로써 집합조직이 비저면(non-basal)으로 변하고, 이후 인장 변형 및 열처리를 통해 인장 쌍정이 형성되는 것을 알 수 있다.

[0126] <실험예 2> 마그네슘 합금 판재의 성형성 분석

[0127] 상기 실시예 1 비교예 1 내지 4에서 제조된 마그네슘 합금 판재를 펀치 스피드 10 ㎜/s, 펀치 직경 20 ㎜, 시편 직경 50 ㎜로 하고 상온에서 에릭슨 시험을 수행한 후, 그 결과를 도 6 및 도 7에 도시하였다.

[0128] 도 6에 나타낸 바와 같이, 마그네슘 판재에 이축 압축변형 및 인장 변형을 모두 수행한 실시예 1의 경우, 한계 돔 높이가 4.9 ㎜로 나타났다.

[0129] 반면, 도 7에 나타낸 바와 같이, 아무런 변형 없이 열처리만을 수행한 비교예 1 및 2의 경우, 열처리의 온도에 크게 관계없이 한계 돔 높이가 2.27 ㎜ 정도로 나타났고, 인장변형 및 열처리를 수행하지 않은 비교예 3 및 4의 경우에는 한계 돔 높이 4.30 ㎜, 2.92 ㎜로 나타나, 실시예 1의 경우는 비교예 1보다 약 115 % 향상된 한계 돔 높이를 갖는 것을 알 수 있다.

[0130] 이를 통해, 이축 압축변형 및 인장 변형을 모두 수행함으로써, 마그네슘 합금 판재의 성형성이 향상됨을 알 수 있다.

[0131] 또한, 상기 실시예 2에서 제조된 마그네슘 합금 판재를 가공된 시편(두께: 1.2 ㎜, 직경 50 ㎜)으로 제작하여, 펀치 스피드 10 ㎜/s, 펀치 직경 20 ㎜, 시편 직경 50 ㎜로 하고 상온에서 에릭슨 시험을 수행한 후, 그 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2

[0132]

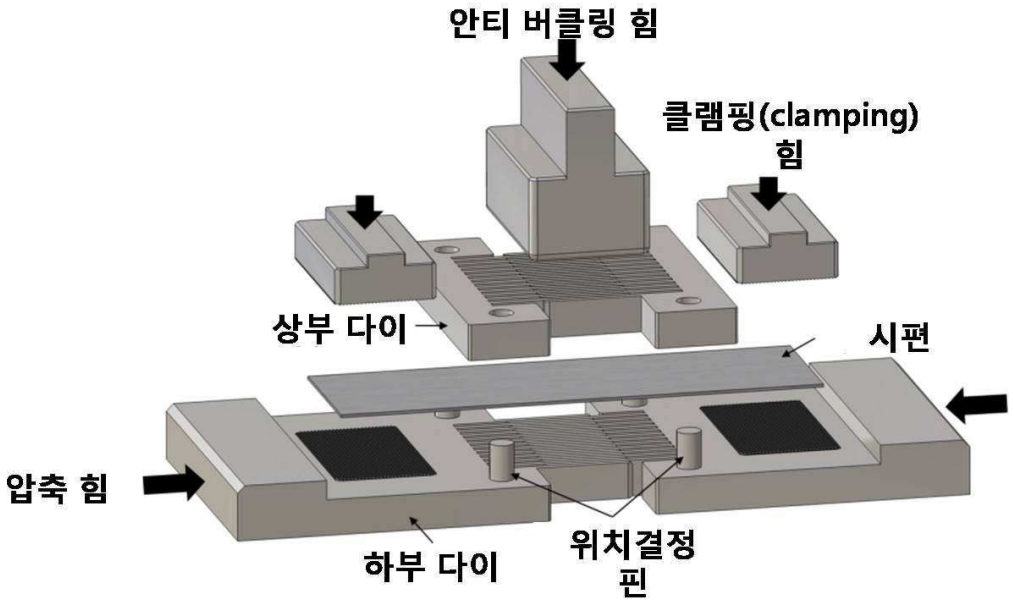
	실시예 2
LDH(한계 돔 높이)	4.8 ㎜

[0133] 표 2에 나타낸 바와 같이, 10 ㎜의 판재에 변형 및 열처리를 수행한 실시예 2의 경우, 한계 돔 높이가 4.8 ㎜로 나타났다.

[0134] 이를 통해, 10 ㎜의 두께를 갖는 마그네슘 판재에도 이축 압축변형 및 인장 변형을 모두 수행함으로써 마그네슘 합금 판재의 성형성이 향상되는 것을 알 수 있다.

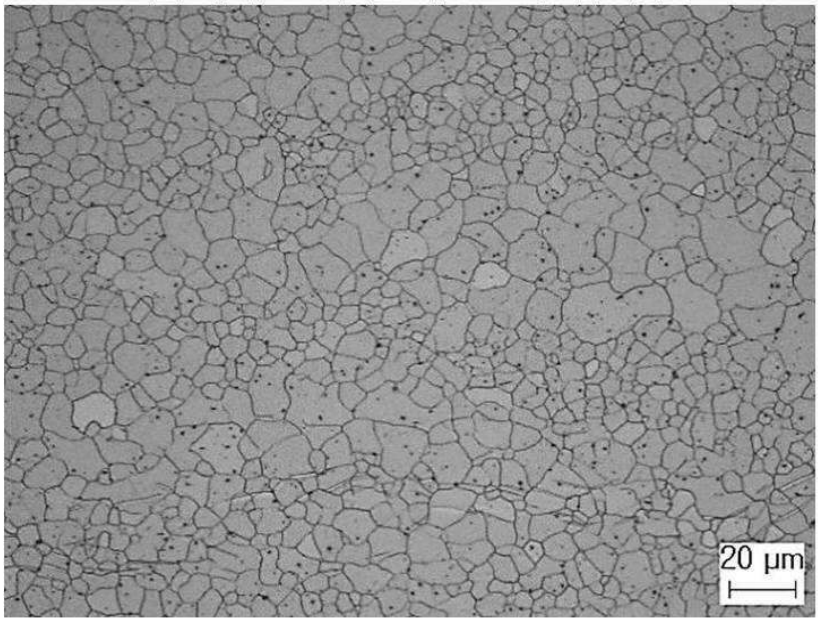
도면

도면1

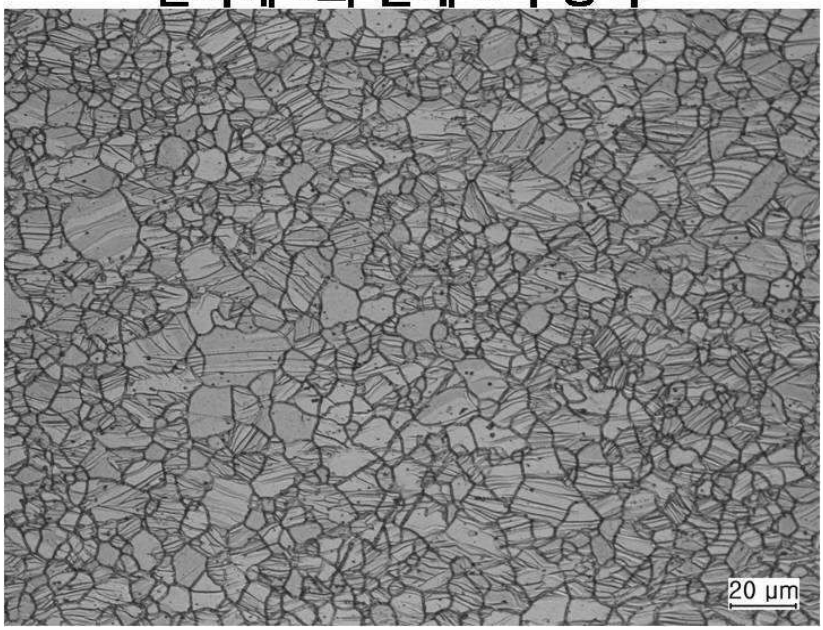


도면2

실시예 1의 단계 1 수행 전

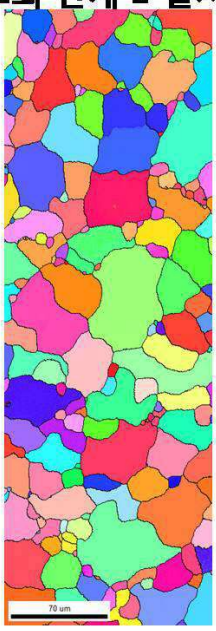


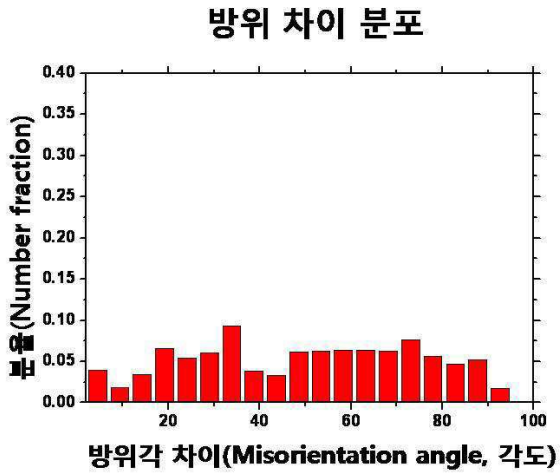
실시예 1의 단계 1 수행 후

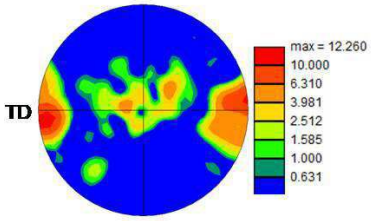


도면3

실시예 1의 단계 2 열처리 수행 후

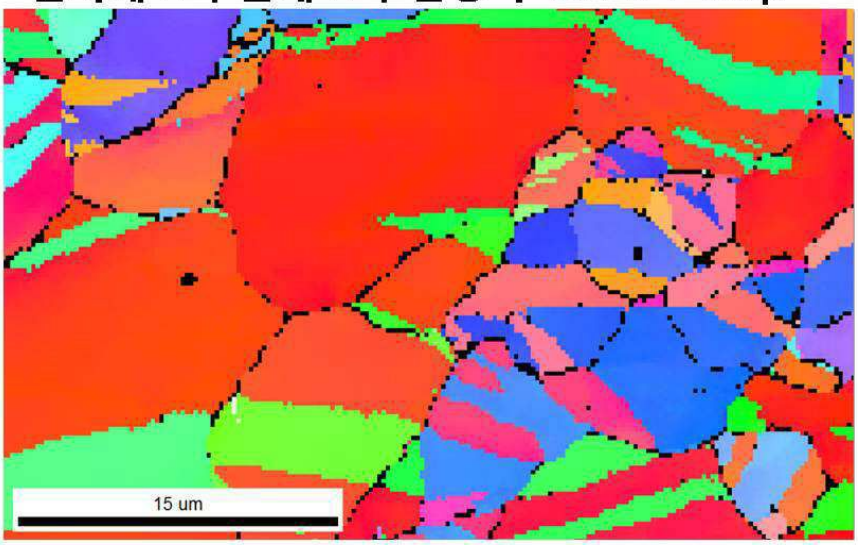




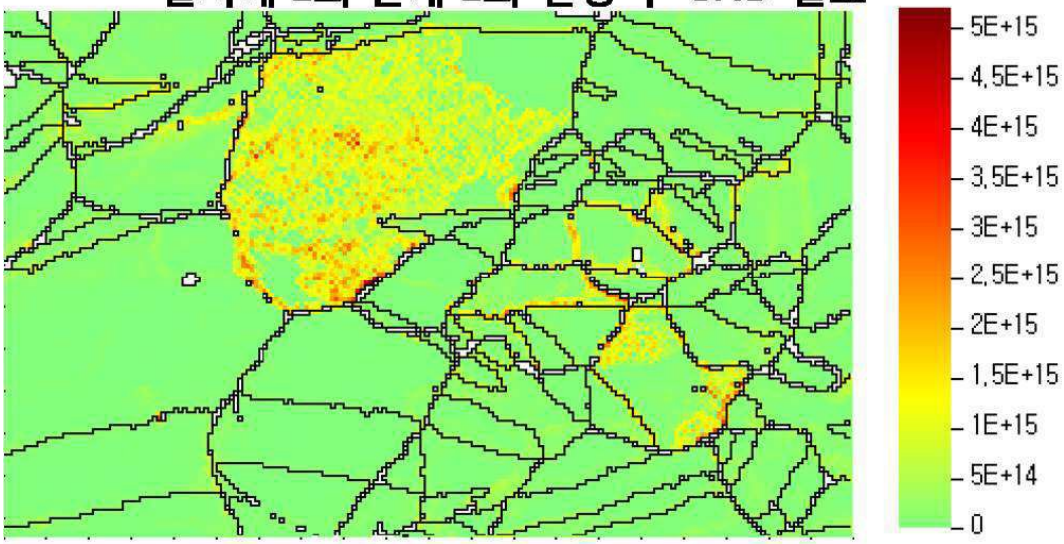


도면4

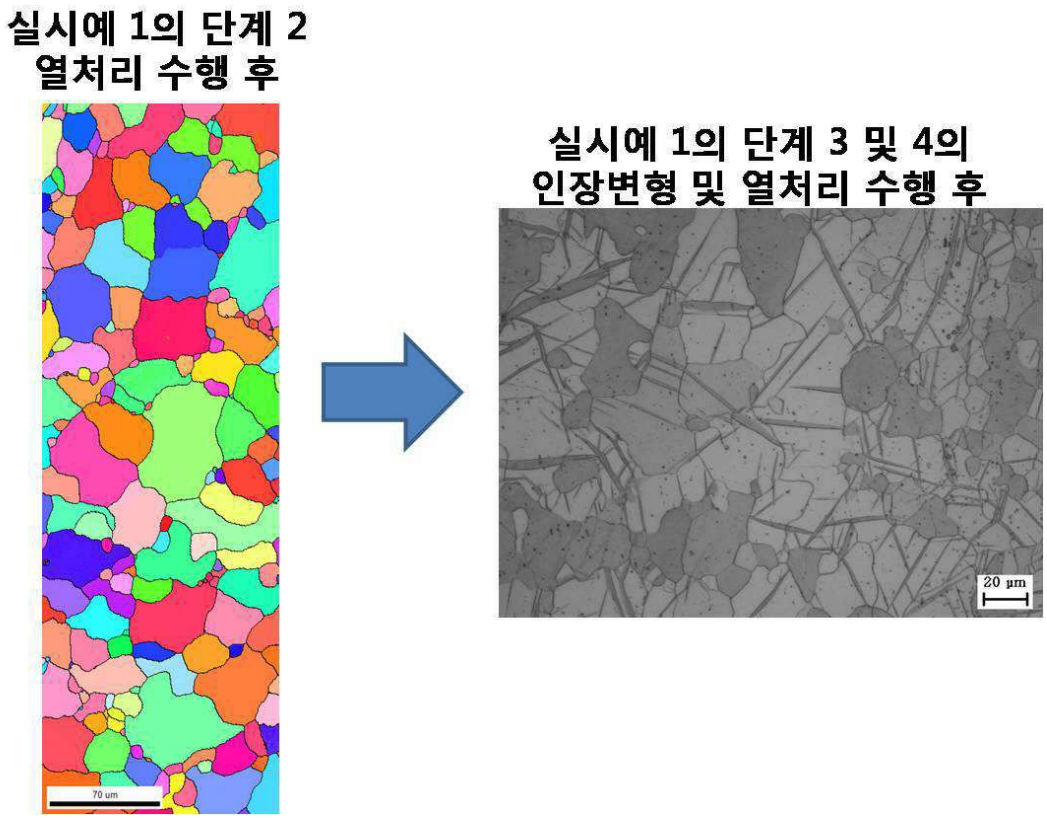
실시예 1의 단계 1의 변형 후 ND IPF map



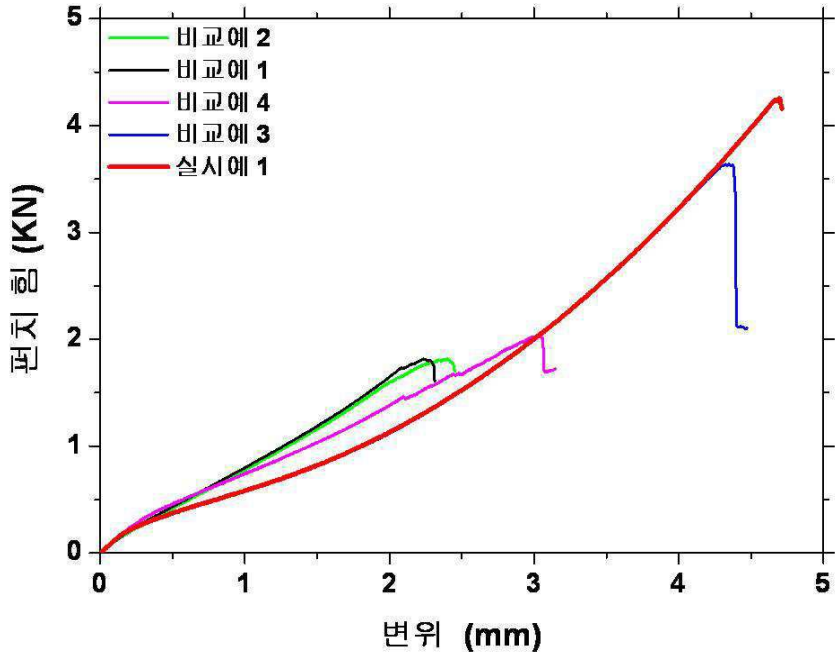
실시예 1의 단계 1의 변형 후 GND 밀도



도면5


실시예 1의 단계 2
열처리 수행 후
70 um
실시예 1의 단계 3 및 4의
인장변형 및 열처리 수행 후
20 μm

도면6


비교예 2
비교예 1
비교예 4
비교예 3
실시예 1
편치 힘 (KN)
변위 (mm)
0
1
2
3
4
5

도면7

