(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0105576
(43) 공개일자 2013년09월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22F 1/06 (2006.01) *B21D 22/02* (2006.01)
B21D 37/16 (2006.01) *C21D 1/34* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0096920(분할)
(22) 출원일자 2013년08월14일
심사청구일자 2013년08월14일
(62) 원출원 특허 10-2011-0062314
원출원일자 2011년06월27일
심사청구일자 2011년06월27일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
김수호
경남 창원시 성산구 가음정동 13-3 한국기계연구원 아파트 408
오창석
경상남도 창원시 성산구 상남동 44-1 대동아파트 123-706
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

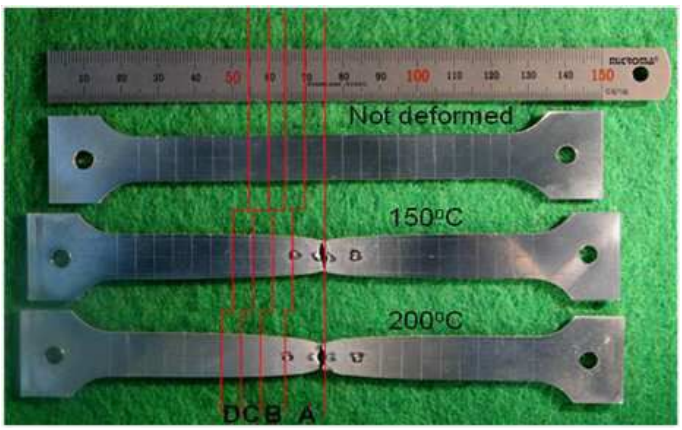
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **급속가열에 의한 국부연화 공정을 통한 고강도 마그네슘 판재의 성형가공법 및 이에 의하여 성형가공된 고강도 마그네슘 판재 성형부품**

(57) 요 약

본 발명은 급속가열에 의한 국부연화 공정을 통한 고강도 마그네슘 판재의 성형가공법 및 이에 의하여 성형가공된 고강도 마그네슘 판재에 관한 것으로서, 상세하게는 고강도 마그네슘 판재(H-temper) 중 성형가공이 필요한 부위만 열처리하여 국부적으로 연신율을 높이는 국부연화 단계(단계 1); 및 상기 단계 1에서 국부연화된 마그네슘 판재를 성형가공하는 단계(단계 2)를 포함하는 국부연화 공정을 통한 마그네슘 판재의 성형가공법 및 상기 성형가공법에 의해 성형가공된 마그네슘 판재를 제공한다. 본 발명에 따른 국부연화 공정을 통한 고강도 마그네슘 판재의 성형가공법 및 이에 의하여 성형가공된 고강도 마그네슘 판재는 성형이 필요한 부위만을 선택적으로 국부 가열하여 연신율을 높일 수 있으며, 이때 가공이 필요하지 않아 고강도를 유지해야 하는 부위는 무가열 또는 최소한의 가열만이 수행되어 성형 전 초기 기계적 특성을 유지시킬 수 있는 효과가 있다. 또한 국부적인 가열과 동시에 성형이 이루어짐으로써 열과 변형의 작용에 의해 고강도 마그네슘 판재 미세조직 내에서 발생하는 동적재결정현상을 활용하여 성형부위의 기계적 성질을 향상시킬 수 있는 부가적인 효과를 얻을 수 있다. 이에 따라, 본 발명에 따른 고강도 마그네슘 판재는 우수한 기계적 특성을 유지하며 성형될 수 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

박찬희

경상남도 창원시 성산구 가음정동 13-3 한국기계연구원 아파트 108

이영선

경상남도 창원시 성산구 상남동 45-1 성원아파트 301-1501

특허청구의 범위

청구항 1

소둔 열처리가 수행되지 않은 H-temper 마그네슘 판재 중 성형가공이 필요한 부위만 열처리하여 국부적으로 연신율을 높이는 국부연화 단계(단계 1); 및

상기 단계 1에서 국부연화된 마그네슘 판재를 성형가공하는 단계(단계 2)를 포함하는 국부연화 공정을 통한 마그네슘 판재의 성형가공법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 국부연화는 150 내지 400 ℃의 온도에서 수행되는 것을 특징으로 하는 국부연화 공정을 통한 마그네슘 판재의 성형가공법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 국부연화는 1 내지 120초간 급속열처리되어 연속공정(In-line)으로 수행되는 것을 특징으로 하는 국부연화 공정을 통한 마그네슘 판재의 성형가공법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 열처리는 고주파, 레이저 및 할로겐 램프로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 열원(Heating element)에 의하여 수행되는 것을 특징으로 하는 국부연화공정을 통한 마그네슘 합금 판재의 성형가공법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 단계 2의 성형가공은 상온 내지 400 ℃의 온도에서 수행되는 것을 특징으로 하는 국부연화공정을 통한 마그네슘 합금 판재의 성형가공법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 단계 2의 성형가공은 스탬핑(Stamping), 프레스 단조(Press forging) 및 굽힘(Bending) 공정으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 공정을 통하여 수행되는 것을 특징으로 하는 국부연화공정을 통한 마그네슘 합금 판재의 성형가공법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 국부연화 및 단계 2의 성형가공은 열원(Heating element)을 포함하는 금형에 의해 동시에 수행되는 것을 특징으로 하는 국부연화공정을 통한 마그네슘 합금 판재의 성형가공법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 하나의 성형가공법에 의해 성형가공된 마그네슘 합금 성형 부품

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 성형가공된 마그네슘 성형부품은 수송기기의 부품으로 적용되는 것을 특징으로 하는 마그네슘 성형부품.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 성형가공된 마그네슘 성형부품은 전자제품 및 전자기기에 적용되는 것을 특징으로 하는 마그네슘 성형부품.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 국부연화 공정을 통한 고강도 마그네슘 판재의 성형가공법 및 이에 의하여 성형가공된 고강도 마그네슘 판재 성형부품에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 정부의 정책 및 연구개발 방향은 고갈위기에 처해 가는 에너지 자원의 효율적인 이용과 환경오염 저감에 대한 사회적 요구에 부응하기 위한 방향으로 추진되고 있다. 특히 지구온난화의 주원인인 이산화탄소 및 각종 배기가스에 의한 환경오염을 감소시키기 위한 규제가 단계적으로 제정되고 있으며, 한정된 에너지 자원의 효율적인 이용을 위한 연구개발이 활발하게 진행되고 있는 상황이다.

[0003] *그 중 환경오염을 감소시키고 에너지 자원 이용의 효율성을 향상시키기 위하여 각종 수송기기에 경량소재를 적용하여 기존의 철강소재를 대체함으로써 수송기기의 경량화를 이루고자 하는 기술이 핵심적인 기술로 손꼽히고 있으며, 이러한 목적을 달성하기 위하여 경량소재 중에서 비중이 철의 1/4 이하이며 비강도가 높은 마그네슘이 가장 유력한 경량소재로 주목 받고 있다.

[0004] 한편 기술적으로 성숙단계에 있는 마그네슘 주조재의 생산공정에 비하여, 소성가공 공정을 이용한 마그네슘 판재 부품제조 기술의 경우, 기술적 기반이 매우 취약하여 최근에야 전 세계적으로 연구개발이 시작되고 있으며, 국내의 경우에도 기술개발 초기단계에 있다. 따라서 국내 부품소재산업을 활성화시키고 고부가가치를 창출할 수 있는 마그네슘 판재 부품을 자동차산업, 전자기기산업 등에 적용하기 위해서는 다양한 마그네슘 판재의 성형공정 및 부품제조 기술 개발이 절실하게 요구되는 실정이다.

[0005] 조밀육방격자구조(Hexagonal Close Packed: HCP)를 갖는 마그네슘 소재는 상온에서의 성형성이 매우 열악하여 스탬핑(Stamping), 프레스 단조(Press Forging), 디프드로잉(Deep Drawing) 등 통상의 금속판재 성형공정을 통한 판재성형품 제조가 불가능하여 불가피하게 열간성형 공법을 적용하여야 한다. 그러나 고온에서의 성형은 성형 후에 소재의 강도 저하를 유발하므로, 원소재의 강도 유지를 위한 저온 또는 상온에서의 성형공법 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

[0006] 이에 본 발명자들은 마그네슘 소재 성형부품의 전체적인 강도를 성형 전의 강도수준으로 유지함과 동시에 성형성을 향상시킬 수 있는 방법을 연구하던 중, 마그네슘 판재의 제조 시 압연 후에 마지막 소둔을 수행하지 않아 높은 강도를 갖는 마그네슘 판재 원소재(H-temper)에 성형이 필요한 부분만을 국부적으로 급속가열하여 연신율을 향상시킴으로써 성형이 필요하지 않거나 적은 양의 성형이 필요한 부분의 강도를 원소재의 강도로 유지 또는 저하시키지 않으면서 국부적인 성형이 가능한 마그네슘 판재 성형가공법을 개발하고, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 급속가열에 의한 국부연화 공정을 통한 고강도 마그네슘 판재의 성형가공법 및 이에 의하여 성형가공된 고강도 마그네슘 판재 성형부품을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에서는 소둔 열처리가 수행되지 않은 H-temper 마그네슘 판재 중 성형가공이 필요한 부위만 열처리하여 국부적으로 연신율을 높이는 국부연화 단계(단계 1); 및

[0009] 상기 단계 1에서 국부연화된 마그네슘 판재를 성형가공하는 단계(단계 2)를 포함하는 국부연화 공정을 통한 마그네슘 판재의 성형가공법을 제공한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명에 따른 급속가열에 의한 국부연화 공정을 통한 고강도 마그네슘 판재의 성형가공법 및 이에 의하여 성형된 고강도 마그네슘 판재 성형부품은 성형이 필요한 부위만을 선택적으로 국부가열하여 연신율을 높이고 이에 따라 성형성을 향상시킬 수 있으며, 이때 가공이 불필요하거나 가공량이 적고 고강도를 유지해야 하는 부위는 무가열 또는 최소한의 가열만이 수행되어 성형 전의 마그네슘 판재가 갖는 초기 기계적 특성을 유지할 수 있는 효과가 있다. 또한 국부적인 가열과 동시에 성형이 이루어짐으로써 열과 변형의 작용에 의해 고강도 마그네슘 판재 미세조직 내에서 발생하는 동적재결정현상을 활용하여 성형부위의 기계적 성질을 향상시킬 수 있는 부가적인 효과가 있다. 이에 따라, 본 발명에 따른 고강도 마그네슘 판재는 가열이 이루어지지 않는 부위는 원소재가 갖는 기계적 특성을 유지하고 국부적으로 가열이 이루어지는 부위는 성형성이 향상되어 목적하는 부품형상으로 성형할 수 있어, 본 발명에 따른 마그네슘 판재 성형부품은 초기 고강도 마그네슘 판재의 우수한 기계적 특성을 유지하게 된다. 따라서 본 발명에 따른 마그네슘 판재 성형부품을 수송기기에 적용함으로써 높은 기계적 강도를 유지함과 동시에 최대한의 무게감량 효과를 나타내어 수송기기의 연비향상을 통한 에너지 절감이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 성형 전후의 시험편 변형을 나타낸 사진이고;

도 2는 시험편이 변형된 후 비커스경도값 변화를 측정한 그래프이고;

도 3은 시험편이 변형된 후 미세조직을 관찰한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0013] 본 발명은

[0014] 소둔 열처리가 수행되지 않은 H-temper 마그네슘 판재 중 성형가공이 필요한 부위만 열처리하여 국부적으로 연신율을 높이는 국부연화 단계(단계 1); 및

[0015] 상기 단계 1에서 국부연화된 마그네슘 판재를 성형가공하는 단계(단계 2)를 포함하는 국부연화 공정을 통한 마그네슘 판재의 성형가공법을 제공한다.

[0016] 이하, 본 발명을 단계별로 상세히 설명한다.

[0017] 본 발명에 따른 마그네슘 판재의 성형가공법에 있어서, 단계 1은 소둔 열처리가 수행되지 않은 H-temper 마그네슘 판재 중 성형가공이 필요한 부위만 열처리하여 국부적으로 연신율을 높이는 국부연화 단계이다. 기존의 마그네슘 판재 성형공정에서는 판재 전체를 가열하여 성형함으로써 성형이 필요하지 않거나 성형이 적게 필요한 부분까지 가열되었고, 이에 따라 판재 전체가 소둔되어 연화되는 효과에 의해 기계적 특성이 저하되는, 즉 성형 전 원소재의 고강도 특성을 잃어버리는 문제가 있었다. 하지만 본 발명에 따른 성형가공법에서는 마그네슘 판재 원소재의 성형가공이 필요한 부분만을 가열함으로써, 성형이 필요하지 않은 부분의 기계적 특성을 유지하면서 동시에 판재의 성형이 필요한 부분의 연신율을 높여 성형성을 향상시킬 수 있다.

[0018] 상기 단계 1의 급속가열 열처리는 고주파, 레이저 및 할로겐 램프 등의 열원을 이용한 가열을 통하여 수행될 수 있으며, 바람직하게는 성형부위에만 가열원(Heating element)를 삽입한 온간 성형 금형을 통하여 수행될 수 있다.

[0019] 이때, 상기 국부연화를 위한 급속열처리는 150 내지 400 ℃의 온도에서 수행되는 것이 바람직하다. 상기 급속열처리가 150 ℃ 미만에서 수행되는 경우, 원하는 수준의 성형성을 얻을 수 없는 문제점이 있으며, 400 ℃를 초과하는 온도에서 급속열처리가 수행되는 경우 성형성은 증가하지만 기계적 특성이 과도하게 떨어지는 문제가 있다.

[0020] 상기 급속열처리는 1 내지 120초 이내에 수행됨으로써 연속공정(In-line)에서의 판재성형공정에 적합하다. 급속열처리가 수행되는 시간이 길수록 마그네슘 판재의 성형공정이 연속적이지 못하고 지연되므로 이에 따라 생산성이 떨어진다. 하지만 본 발명에 따른 성형가공법에서는 급속열처리를 통해 마그네슘 판재를 국부적으로 연화시킴으로써 연속공정을 통한 생산이 가능하며, 생산성이 향상될 수 있다.

[0021] 본 발명에 따른 마그네슘 판재의 성형가공법에 있어서, 단계 2는 상기 단계 1에서 국부연화된 마그네슘 판재를 성형가공하는 단계이다. 단계 2의 성형가공은 판재를 적용할 분야 및 가공 정도에 따라 스탬핑, 프레스 단조 등과 같은 소성변형공정을 통하여 가공이 수행되게 되며, 이에 특별한 제한을 두지 않는다.

[0022] 상기 단계 2의 성형은 상온 내지 400 ℃ 이하의 온도에서 수행될 수 있으며, 가장 바람직하게는 상온에서 수행된다. 상기 범위의 온도에서 단계 2의 성형이 수행됨으로써 마그네슘 판재의 성형을 수행함과 동시에 기계적 특성을 유지할 수 있다. 또한 상기한 온도범위에서 열과 변형의 복합적인 영향에 의해 발생하는 동적재결정현상을 활용하여 성형부위의 기계적 성질이 향상되는 부가적인 효과를 얻을 수 있다. 이에 따라 본 발명에 의해 성형된 마그네슘 판재는 강도가 우수한 특징이 있다.

[0023] 본 발명에 따른 마그네슘 판재의 성형가공법은 상기 단계 1의 급속열처리에 의한 국부연화와 상기 단계 2의 성형가공이 열원(Heating element)을 포함하는 금형에 의해 동시에 수행될 수 있으며, 이에 의한 연속적인 공정에 의해 생산성이 향상된다. 이때, 상기 금형의 열원은 고주파, 레이저, 할로겐 램프 등이 이용될 수 있으며, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

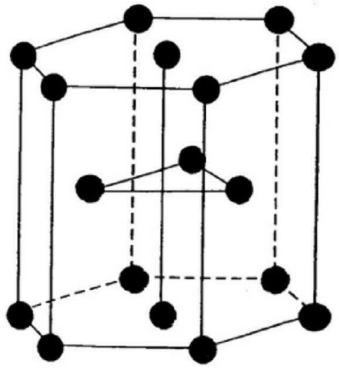
[0024] 또한, 본 발명은 상기 성형가공법을 통해 성형가공된 마그네슘 성형부품을 제공한다.

[0025] 조밀육방격자(HCP) 결정구조를 갖는 마그네슘 및 마그네슘 합금 판재는 체심입방정(BCC) 결정구조를 갖는 탄소강 및 면심입방정(FCC) 결정구조를 갖는 알루미늄합금 등에 적용되는 통상의 소성가공 공정을 이용한 판재성형이 어렵다. 이는 조밀육방정 결정구조의 특징인 낮은 대칭성과 압연공정 시 조밀면이 압연방향에 평행하게 우선적으로 배열됨으로써 나타나는 압연판재의 큰 이방성으로 인해 외부응력에 대해 작용하는 슬립계가 극히 제한되기 때문이다. 이러한 마그네슘 판재의 난성형성을 해결하기 위해서는 비조밀면 슬립계가 활성화되어 성형성이

향상되는 고온에서의 성형 또는 가공이 불가피 하며, 이에 따라 고온에서의 성형으로 원소재의 기계적 강도가 떨어지게 되는 문제점이 있었다.

[0026] 하지만 본 발명에 따른 마그네슘 판재 성형부품은 성형이 필요한 부분만을 선택적으로 가열하여 성형성을 향상시키고, 성형이 필요하지 않은 부분은 가열하지 않아 가열이 되지 않은 부위는 원래의 마그네슘 판재의 기계적 특성을 유지하며 성형가공이 수행된다. 이를 통하여 마그네슘 판재를 가공하기 위해 고온의 열을 판재 전체에 가하여 기계적 특성이 저하되었던 종래의 문제를 해결하고, 마그네슘 판재의 성형성을 향상시키고 기계적 특성을 유지하거나 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0027] <조밀육방격자 결정구조>

[0028] 

[0029] 한편, 본 발명에 따른 마그네슘 판재 성형부품은 수송기기의 차체 또는 전자제품 케이스로 이용할 수 있다. 본 발명에 따른 마그네슘 판재 성형부품을 수송기기의 대면적 부품으로 이용함으로써, 수송기기의 경량화가 가능하며 이에 따라 연비가 향상되어 에너지 절감효과가 있다. 또한, 노트북 등의 전자제품에 적용함으로써 전자제품의 경량화 효과를 얻을 수 있으며 전자제품 케이스의 강도가 향상되어 외부 충격으로부터 보호할 수 있다.

[0030] 예를 들어, 자동차의 천장(Roof)과 같은 대면적 부품은 도장 후 열처리 공정에서 열팽창계수의 차이에 의해 발생하는 비틀림(Buckling) 등에 의해 치수 및 형상의 변화가 발생되며, 이를 최소화하기 위해 200 MPa 이상의 항복강도가 요구된다. 가공할 판재 전체를 가열하는 기존의 방법으로는 상기와 같은 높은 항복강도 값을 유지하기 어려웠지만, 차체에 본 발명에 의해 성형된 마그네슘 판재를 적용하는 경우 바람직하게는 판재의 가장자리 부위만 연신율을 높여주어 가공함으로써 차체에 적용되기 위한 항복강도 값 이상을 유지함과 동시에 원하는 형태로의 가공이 가능하며, 마그네슘 판재의 적용으로 인한 경량화로 인하여 연비 향상 및 에너지 절감 효과를 얻을 수 있다.

[0031] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0032] <실시예 1> 고강도 마그네슘 합금 판재의 국부성형 1

[0033] 단계 1: 1mm 두께의 H-Temper 고강도 마그네슘 합금(AZ31-H24) 판재를 길이 150mm, 폭 15mm의 시험편으로 가공한 후, 전기저항 가열방법을 이용하여 시험편 중심부를 40 ℃/초의 가열속도로 150 ℃까지 가열하고 60초간 온도를 유지하는 국부연화 열처리를 수행하였다. 이때 가열이 이루어지는 중심부로부터 좌우 40mm까지 시험편에 점용접된 열전대를 이용하여 온도를 측정하였다.

[0034] 단계 2: 상기 단계 1에서 국부연화된 마그네슘 판재 시험편을 0.3mm/초의 크로스헤드 속도로 파단이 일어날 때까지 일축 인장하여 고강도 마그네슘 합금 판재를 성형하였다.

[0035] <실시예 2> 고강도 마그네슘 합금 판재의 국부성형 2

[0036] 상기 실시예 1의 단계 1에서 시험편 중심부를 200 ℃까지 가열하여 국부연화 열처리를 수행한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 고강도 마그네슘 합금 판재를 성형하였다.

[0037]

[0038] <비교예 1>

[0039] 상기 실시예 1의 단계 1을 수행하지 않고, 상온에서 시험편의 파단이 일어날 때까지 일축 인장하여 고강도 마그네슘 합금 판재를 성형하였다.

[0040] <실험예 1> 마그네슘 판재의 연신율 측정

[0041] 상기 실시예 1 및 2와 비교예 1에서 성형된 고강도 마그네슘 합금 판재의 연신율을 분석하기 위하여, 시험편에 표시한 그리드의 위치 변화로부터 국부 연신율을 측정하였고, 그 결과를 도 1 및 표 1에 나타내었다.

표 1

[0042]

	가열온도 (℃)	연신율(%) 국부가열부에서 5㎜	연신율(%) 국부가열부에서 10㎜	연신율(%) 국부가열부에서 15㎜	연신율(%) 국부가열부에서 20㎜
실시예 1	150	66	25	14	7
실시예 2	200	87	31	13	6
비교예 1	-	17.8	3	0	0

[0043] 도 1 및 표 1에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 실시예 1 및 실시예 2에 의해 일축 인장된 마그네슘 판재는 국부가열 후 변형에 의하여 국부연신율 즉, 성형성이 크게 향상되는 것으로 나타났으며, 미가열 상태로 일축인장된 비교예 1의 마그네슘 판재는 국부적인 가열에 의한 성형성 증가 효과가 나타나지 않아 AZ31 H-temper 판재가 통상적으로 나타내는 15-20%의 연신율 범위의 값을 나타내는 것을 확인하였다. 이를 통하여 본 발명에 따른 성형가공법으로 고강도 마그네슘 판재의 성형성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

[0044] <실험예 2> 비커스 경도 측정

[0045] 본 발명의 실시예 1 및 2에 의해 국부가열이 이루어진 고강도 마그네슘 판재(H-temper)의 성형이 수행된 후, 국부가열 열원으로부터 50㎜ 떨어진 위치까지 비커스 경도값을 측정하였고, 그 결과를 하기 도 2에 나타내었다

[0046] 도 2에 나타낸 바와 같이, 실시예 1 및 2에 의해 성형된 마그네슘 판재는 국부가열 및 성형의 복합적인 작용에 의해 성형부위의 경도값이 완전히 소둔된 마그네슘 판재(O-temper)의 경도값에 비해 매우 높은 것을 알 수 있다. 이는 고강도 마그네슘 판재(H-temper)의 국부가열 및 성형의 복합적인 작용에 의해 미세조직 내에서 발생하는 동적재결정에 의한 것으로, 본 발명에 따른 성형가공법을 이용하여 성형부위의 기계적 성질이 향상되는 부가적인 효과를 얻을 수 있음을 확인하였다.

[0047] <실험예 3> 주사전자현미경 분석

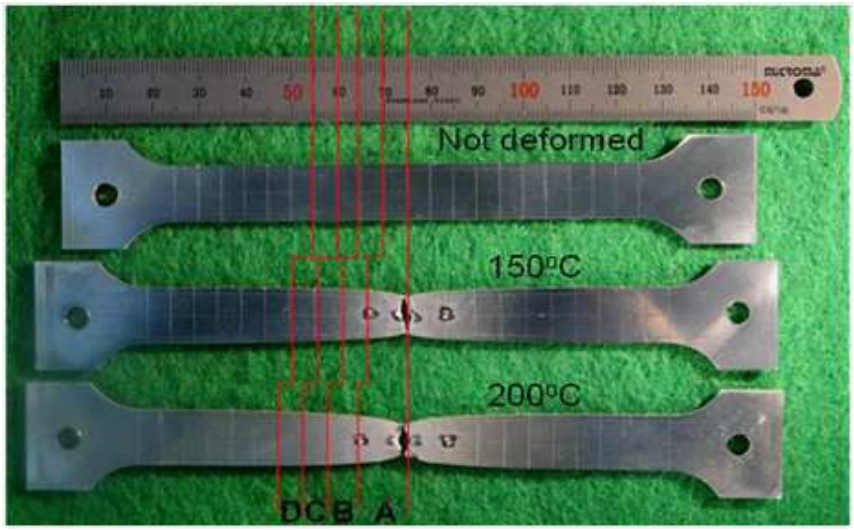
[0048] 본 발명에 따른 실시예 1에 의해 국부가열이 수행된 고강도 마그네슘 판재(AZ31 H-temper)의 성형부위를 주사전자현미경으로 관찰화여 미세구조를 분석하였고, 그 결과를 도 3에 나타내었다.

[0049] 도 3에 나타낸 바와 같이, 실시예 1에 의해 국부가열이 수행된 고강도 마그네슘 판재의 성형부위에는 가열 및 성형의 복합적인 작용에 의해 결정립계와 쌍정계면에서 광범위하게 동적재결정이 일어났고, 이에 의해 결정립 크기가 매우 작아진 것을 알 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 국부가열에 의한 연화 및 성형에 의해 동적재결정현상에 의한 결정립 미세화가 나타나고, 이로 인해 가공이 필요한 부위의 성형성이 향상되며, 성형 후 성형부위의

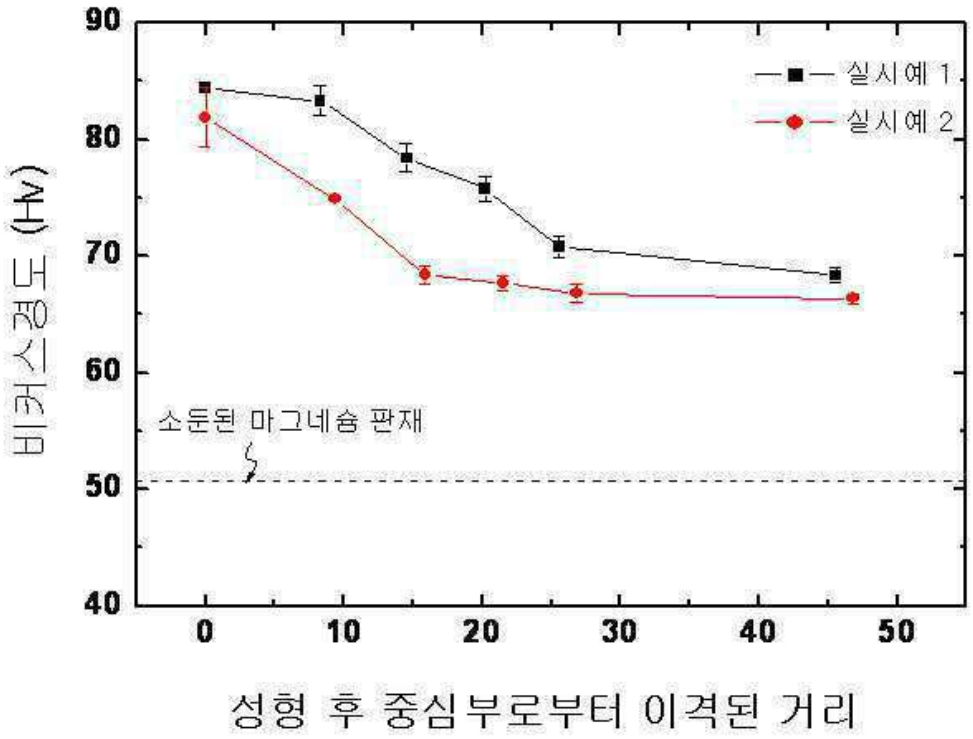
기계적 성질이 향상됨을 확인하였다.

도면

도면1



도면2



도면3

