



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년10월19일
(11) 등록번호 10-0768568
(24) 등록일자 2007년10월12일

(51) Int. Cl.

C22F 1/06 (2006.01) C22C 49/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0050408

(22) 출원일자 2006년06월05일

심사청구일자 2006년06월05일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020050024735 A

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

한정환

경기 성남시 분당구 수내동 푸른마을신성아파트
301-1102

임희택

경기 부천시 원미구 상동 420-6

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 씨엔에스·로고스

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 정상익

(54) 마그네슘 재료의 상온 ECAP 방법

(57) 요약

본 발명은 고강도 마그네슘 재료를 제조하기 위한 상온 ECAP 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 종래 연성이 부족하여 열간에서 실시할 수 밖에 없었던 ECAP(Equal Channel Angular Process)을 상온에서 실시함으로써 용이하게 마그네슘 재료의 물성을 개선시킬 수 있는 상온 ECAP 방법에 관한 것이다.

본 발명의 ECAP 방법은, 마그네슘 재료를 300~340℃로 예열하는 단계; 상기 예열된 마그네슘 재료를 압출하는 단계; 상기 압출된 마그네슘 재료를 350~450℃에서 열처리하는 단계; 및 상기 열처리된 마그네슘 재료를 상온에서 ECAP(Equal Channel Angular Process) 처리하는 단계;로 이루어진 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도3

비교예1		
비교예2		
비교예3		
비교예4		
실시예		

(72) 발명자

강정훈

경기 광명시 소하2동 현대아파트 101동 810호

신현준

서울 서대문구 연희동 719-12

특허청구의 범위

청구항 1

마그네슘 재료를 300~340℃로 예열하는 단계;

상기 예열된 마그네슘 재료를 압출하는 단계;

상기 압출된 마그네슘 재료를 350~450℃에서 열처리하는 단계; 및

상기 열처리된 마그네슘 재료를 상온에서 ECAP(Equal Channel Angular Process) 처리하는 단계;로 이루어진 것을 특징으로 하는 마그네슘 재료의 상온 ECAP 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 마그네슘 재료의 압출비는 15:1 ~ 30:1 사이인 것을 특징으로 하는 마그네슘 재료의 상온 ECAP 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 열처리는 아르곤, 헬륨 또는 질소 등의 불활성 분위기에서 실시하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 재료의 상온 ECAP 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 열처리는 20~28 시간 실시하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 재료의 상온 ECAP 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 ECAP 처리시 두 채널이 교차하는 교차각은 120~150° 인 것을 특징으로 하는 마그네슘 재료의 상온 ECAP 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 ECAP 처리시 채널의 만곡각은 45~60° 인 것을 특징으로 하는 마그네슘 재료의 상온 ECAP 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 ECAP은 1~4회 실시하는 것을 특징으로 하는 마그네슘 재료의 상온 ECAP 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <5> 본 발명은 고강도 마그네슘 재료를 제조하기 위한 상온 ECAP 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 종래 연성이 부족하여 열간에서 실시할 수 밖에 없었던 ECAP(Equal Channel Angular Process)을 상온에서 실시함으로써 용이하게 마그네슘 재료의 물성을 개선시킬 수 있는 상온 ECAP 방법에 관한 것이다.
- <6> 마그네슘 재료는 현재 경량소재로 많이 사용되는 알루미늄 재료보다도 훨씬 비중이 낮은 반면 강도가 높아 경량 부품용 재료로서 각광받고 있는 재료이다. 본 발명에서 칭하는 마그네슘 재료는 순수 마그네슘 또는 필요에 따라 알루미늄이나 아연 등의 합금원소들을 소량 첨가하여 원하는 특성을 가지는 합금 재료를 포괄한다.
- <7> 그러나, 일반적으로 입방체 결정구조를 가지는 통상의 금속재료와는 달리 육방최밀격자(HCP) 구조를 가져서 그 슬립(slip)면이 소수로 제한되므로 매우 브리틀(brittle)한 것이 큰 단점이다. 따라서, 마그네슘 재료를 각종 부품에 이용하기 시작한 기술개발 초기단계에서는 상기 마그네슘 재료에 단조나 프레스 등의 기계가공을 통하여 최종형상으로 제조하지 못하고 원하는 형상의 틀에 용융 마그네슘을 주조(특히, 다이캐스팅)하여 제조하는 주조

법이 많이 사용되었다.

- <8> 그러나, 주조법은 기계가공법에 비하여 주형을 따로 제조하여야 할 뿐만 아니라 형상이 복잡할 경우에는 적용이 곤란하고, 또한 그 제조과정에 있어서도 마그네슘재료를 용융시키는 절차가 수반되어야 하고 최종 제조된 부품도 브리틀하다는 단점을 가지고 있다. 이러한 주조법의 단점은 상술한 마그네슘 재료의 우수한 특성에도 불구하고 마그네슘 재료의 용도를 제한하는 요인이 되어왔다.
- <9> 따라서, 많은 연구자들이 주조법을 통하지 않고 기계가공법을 통하여 마그네슘 재료를 부품형상으로 가공할 수 있도록 마그네슘 재료의 물성을 변화시키는 방법에 대하여 여러 측면에서 연구를 수행하여 왔다.
- <10> 그 결과, ECAP 법이 제안되기에 이르렀다. ECAP은 Equal Channel Angular Process의 약자로서 도 1에 도시한 바와 같이 입구와 출구가 동일한 형상이며, 중간에 굴곡진 부위를 가지는 채널에 재료를 통과시켜서 재료의 최종 형상은 변경되지 않지만 상기 굴곡진 부위에서 심한 전단 변형을 받음으로써 내부에 강한 집합조직을 형성시키는 기술이다.
- <11> 상기 ECAP을 실시할 경우 기계가공을 실시할 수 있을 정도로 재료의 연성 등을 현저히 향상시킬 수 있는데, 예를 들면, 대한민국 특허공개공보 제2005-24735호에서는 집합조직제어를 통한 마그네슘 합금의 연성증가 방법이 기재되어 있다. 상기 발명에 기재된 마그네슘 합금의 연성을 증가시키는 방법은, 재료 및 다이를 가열하는 단계 I, 예열된 재료에 대하여 ECAP 가공을 실시하는 단계 II 및 ECAP 가공된 재료를 일정시간동안 일정온도 범위에서 유지시키는 단계 III을 포함하고, 상기 단계 I 과 상기 단계 II를 연속하여 순서대로 1회 이상 반복한 후 단계 III 을 행하는 과정으로 이루어진 것을 특징으로 하고 있다.
- <12> 상기 공보에서는 상기 방법으로 AZ61 마그네슘 합금에 대하여 ECAP을 실시할 경우 연성이 약 1.5배 정도까지 향상될 수 있다는 우수한 결과를 보여주고 있다. 즉, 마그네슘 재료에 대한 ECAP 방법은 연성이 불량한 마그네슘 재료의 연성확보를 위하여 효과적인 방법인 것이며, 이를 통하여 원하는 마그네슘 부품 형상을 주조에 의하지 않고 단조나 프레스 등의 기계가공을 통하여 제조할 수 있는 것이다.
- <13> 그러나, 상기 과정을 실시하기 위해서는 상기 공보의 특허청구범위에서도 확인할 수 있듯이, 마그네슘 재료와 다이를 일정온도에서 유지하면서 ECAP 가공할 필요가 있다. 즉, 상술하였듯이 마그네슘 재료는 매우 브리틀한 성질을 가지므로 바로 극심한 전단변형을 줄 경우에는 ECAP 처리 도중 파손되어 버리기 때문에 ECAP에 필요한 최소한의 연성을 확보하기 위하여 상기한 바와 같이 재료와 다이의 온도를 일정한 범위로 유지시켜 주는 것은 통상적인 주조재를 사용한 경우에는 필수적인 것이다.
- <14> 그러나, 재료와 다이를 계속 일정한 온도 범위로 유지시켜주기 위해서는 별도의 가열 또는 보온장치가 필요하기 때문에, ECAP 공정이 번거러워질 우려가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <15> 본 발명은 상술한 종래의 ECAP 방법의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 상온에서도 ECAP 처리가 가능한 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

- <16> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 ECAP 방법은, 마그네슘 재료를 300~340℃로 예열하는 단계; 상기 예열된 마그네슘 재료를 압출하는 단계; 상기 압출된 마그네슘 재료를 350~450℃에서 열처리하는 단계; 및 상기 열처리된 마그네슘 재료를 상온에서 ECAP(Equal Channel Angular Process) 처리하는 단계;로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- <17> 이때, 상기 마그네슘 재료의 압출비는 15:1 ~ 30:1 사이인 것이 바람직하다.
- <18> 그리고, 상기 열처리는 아르곤, 헬륨 또는 질소 등의 불활성 분위기에서 실시하는 것이 효과적이며, 20~28 시간 실시하는 것이 좋다.
- <19> 또한, 상기 ECAP 처리시 두 채널이 교차하는 교차각은 120~150° 인 것이 재료의 파손 방지와 ECAP 효과 극대화를 위하여 바람직하다.
- <20> 이때, 채널의 만곡각은 45~60° 인 것이 효과적이다.
- <21> 재료의 물성을 개선하기 위한 상기 상온 ECAP은 1~4 회 실시하는 것이 보다 바람직하다.

- <22> 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명을 상세히 설명한다.
- <23> 본 발명의 발명자들은 ECAP을 상온에서 처리할 수 있도록 하기 위한 조건에 대하여 면밀히 검토한 결과, 전처리로서 압출과정을 수행하고 이후 적절한 열처리를 해줄 경우에는 재료의 결정립이 미세화 되어 ECAP을 실시할 수 있을 정도로 연성이 확보되어 상온 ECAP이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.
- <24> 즉, 본 발명은 ECAP전 전처리로서 도 2에 도시한 압출과정을 수행한다. 상기 압출과정은 가압봉(7)을 이용하여 원하는 단면형상을 가지는 다이(6)의 구멍으로 큰 단면을 가지는 재료(8)를 강제로 통과시켜 단면이 작고 긴 형상의 재료(9)를 제조하는 방법을 말한다.
- <25> 본 발명의 발명자들은 상기 압출을 단 1회 수행함으로써 재료의 파손없이 상온 ECAP을 실시할 수 있도록 한다. 다만, 마그네슘 재료를 상온에서 압출할 경우에는 ECAP과 마찬가지로 파손이 일어날 수 있으므로 재료를 예열하는 단계가 필요하다. 상기 종래기술과 본 발명의 차이점은 재료와 다이의 온도를 계속 유지하면서 여러회 처리하는 것이 아니라 처리전에 1회의 예열만 실시하기 처리 도중에 온도를 유지할 필요가 없으며, 추가적인 예열과정이 필요없다는 것이다.
- <26> 상기와 같이 압출전의 마그네슘 재료를 예열하는 온도는 300~340℃ 인 것이 바람직하다. 만일 예열온도가 300℃ 미만일 경우에는 압출시 마그네슘 재료에 파손이 일어날 수 있으며, 340℃를 초과할 경우에는 압출시 재결정 등으로 인하여 결정립 미세화 등의 효과를 충분히 얻기 힘들기 때문이다.
- <27> 또한, 상기와 같은 압출시의 또다른 주요한 요소로서는 압출비를 들 수 있다. 압출비라 함은 압출전의 재료의 단면과 압출후의 재료의 단면의 단면적 비율을 의미하는 것으로서, 압출비가 클수록 재료내 결정립 미세화 효과는 커지고 그 결과 ECAP에 적합한 조직으로 변화될 수 있다. 그러나, 압출비가 과다하게 클 경우에는 압출시 재료가 파손되어 버릴 우려가 있으므로 압출비는 적절한 범위내로 규제되어야 한다. ECAP에 적합한 미세조직을 가지는 재료로 가공하면서도 재료의 파손이 일어나지 않도록 하는 적절한 압출비율은 15 : 1 ~ 30 : 1 이다. 즉, 상기 15 : 1 미만의 압출비로 압출할 경우 이후 ECAP 처리시 재료가 파손될 가능성이 크고, 30 : 1 를 초과하는 압출비로 압출할 경우에는 압출과정에서 재료가 파손되어 버린다.
- <28> 상기와 같은 압출과정 이후에는 재료를 일정한 온도에서 열처리할 필요가 있다. 상기 열처리는 재료내 존재하는 전위 등을 소멸시켜서 재료를 더욱 연화시켜 재료가 ECAP에 적절한 물성을 지니도록 하는 것으로서, 350 ~ 450℃에서 실시한다. 상기 열처리 온도가 350℃ 미만일 경우에는 본 발명에서 의도하는 열처리 효과를 얻기 어려우며, 반대로 열처리 온도가 450℃를 초과할 경우에는 재결정이 일어나서 압출에 의해 개선되었던 조직이 다시 원상회복되는 결과를 초래할 우려가 있다.
- <29> 충분한 열처리 효과를 얻기 위해서는 상기 열처리 시간을 20시간이상 유지할 필요가 있다. 다만, 열처리시간이 28시간이면 충분하고 그 이상 처리될 경우 열처리 비용이 상승하기 때문에 상기 열처리시간은 28시간 이하로 정할 필요가 있다.
- <30> 상기 열처리 분위기는 특별히 제한되지는 않으나 마그네슘 재료가 고온에서 산화되는 성질이 비교적 강하므로 가급적이면 불활성 분위기(예를 들면 Ar, He, N₂ 등)에서 실시하는 것이 재료의 반응을 방지하기 위해서 필요하다.
- <31> 상술한 압출-열처리로 이어지는 전처리를 겪은 재료는 상온에서 ECAP 처리가능하다. 즉, 상술한 전처리에 의해서 재료는 ECAP 처리되기에 적합한 조직을 가지게 되는 것이다. 본 발명에서 상온이라 함은 특별히 가열이나 냉각을 실시하지 않은 대기온도를 의미하는 것으로서 보다 구체적으로는 20 ~ 25℃ 범위의 온도를 의미한다.
- <32> 다만, 비록 상기 전처리를 거친 재료라 하여도 ECAP 처리 도중 재료에 가해지는 전단응력이 대단히 가혹하기 때문에 모든 조건으로 ECAP 처리가 가능한 것은 아니다. 즉, 상온 ECAP 처리에 적합한 ECAP 조건을 적용하여야 재료의 파손없이 또한 ECAP 처리 후 충분한 연성을 가지는 고강도 마그네슘 재료를 얻을 수 있는 것이다.
- <33> 상술한 적합한 ECAP 조건은 ECAP시 받는 재료의 전단응력을 적절한 범위로 규제하는 것이라 할 수 있는데, 이는 도 1에서 규정한 바와 같이 ECAP시 입구(5)측에서 연장되는 채널(4)과 출구측에서 연장되는 채널(6)이 이루는 각도인 교차각(3)과 상기 두 채널의 교차부의 바깥쪽에 원호가 형성되는 각도인 만곡각(2)을 규정함으로써 구현될 수 있다.
- <34> 즉, 상기 교차각이 작아지면 재료에 전단응력이 과다하게 작용하여 재료가 파손될 우려가 있으므로 상기 교차각은 120° 이상되어야 하며, 교차각이 커지면 재료의 파손 우려는 없어지나 ECAP 처리 효과가 적어 ECAP 처리 후

에도 재료의 연성 증가폭이 크지 않아 기계가공을 실시하는 것이 곤란하게 되거나, 또는 ECAP 처리를 과다한 횟수로 실시하여야 한다는 문제가 있을 수 있다. 따라서 상기 교차각은 120~150° 사이로 규제하는 것이 바람직하다.

<35> 또한, 만곡각은 같은 굽힘 저항을 받더라도 재료가 큰 저항없이 배출될 수 있도록 하는 것으로 재료의 형상과 상기 교차각을 고려할 때 45~60° 사이의 범위로 유지하는 것이 바람직하다.

<36> 상기와 같은 조건으로 실시하는 ECAP 가공은 1~4회 실시하는 것이 바람직하다. 즉, 재료의 연성 증가를 위해서는 적어도 1회의 ECAP 가공은 실시할 필요가 있으며 4회를 초과하여 실시할 경우에는 연성이 더이상 크게 증가하지 않으며, 시간과 처리 비용이 증가하기 때문에 상기 가공횟수는 1~4회로 제한하는 것이 바람직하다.

<37> 또한, 본 발명에서 제한하는 ECAP시의 또하나의 조건으로서 ECAP시 플런저(1)에 의한 가압속도(편치속도)로서 그 값은 60mm/min이하인 것이 바람직하다. 상기 가압속도가 과다하게 빠를 경우에는 재료의 변형속도가 너무 빨라 재료가 파손될 수 있기 때문이다. 다만, 가압속도를 낮게 하여도 재료의 물성에 미치는 악영향은 거의 없으므로 가압속도의 하한을 특별히 정할 필요가 없으나, 너무 느린 속도로 가압할 경우에는 생산성이 저하되므로 경제성을 고려한다면 그 하한은 10mm/min으로 하는 것이 바람직하다.

<38> 다만, 본 발명에서는 ECAP 실시시의 시편의 회전방법인 라우트(route)의 종류는 특별히 제한하지 않는다. 시편을 1회 ECAP 하고 나서 그다음 시편을 장입할 때의 시편장입 방향을 정하는 것을 소위 라우트라고 하는데, 현재 많이 사용되고 있는 라우트는 A, Bc, C 라우트로서 본 발명에서는 이들 라우트 모두 적용가능하다. 그 중 A 라우트는 장입시 시편의 방향을 계속 동일하게 유지하는 방식을 의미하고, Bc 라우트는 시편을 90° 씩 같은 방향으로 회전시키면서 장입하는 방식을 의미하며, C 라우트는 180° 씩 시편을 회전시키면서 장입하는 경우를 의미한다.

<39> 또한, 본 발명에서 의미하는 마그네슘 재료라 함은 상기 종래의 기술에서도 언급하였듯이, 순수한 마그네슘 금속 뿐만 아니라 마그네슘이 주성분으로 함유된 합금으로서 그 주된 결정구조가 상온에서 일반적인 기계가공법으로 가공하기 힘든 육방최밀격자구조이면 모두 포함하는 의미이다. 특히, 마그네슘이 주성분으로 함유된 합금이라 함은 마그네슘이 90% 이상 함유된 것이 바람직하며, 그중 다른 합금원소로서는 알루미늄(Al), 아연(Zn), 망간(Mn), 베릴륨(Be), 실리콘(Si) 중에서 1종 또는 그 이상 선택하여 포함될 수 있다. 마그네슘 합금의 대표적인 예로서는 AZ31, AZ61 등 알루미늄과 아연을 포함하고 기타 소량의 합금원소를 선택적으로 포함하는 AZ 합금계와 AS21, AS41 등과 같이 알루미늄과 실리콘을 포함하고 기타 소량의 합금원소를 선택적으로 포함하는 AS 합금 등을 들 수 있다.

<40> 기타, ECAP 시에는 이황화몰리브덴(MoS₂)과 같은 고체 윤활제를 재료와 함께 장입하여 윤활성능을 향상시키는 데 사용할 수 있다.

<41> 이하, 하기하는 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명하고자 한다. 다만, 하기하는 실시예는 본 발명을 예시하기 위하여 나타낸 것일 뿐 본 발명의 권리범위를 한정하기 위한 것이 아니라는 점에 유의할 필요가 있다. 본 발명의 권리범위는 본 발명의 청구범위와 그로부터 해석되는 균등범위에 의해 정해지는 것이기 때문이다.

<42> (실시예)

<43> 재료의 압출

<44> 하기 표 1에 기재된 바와 같이 알루미늄과 아연 및 마그네슘이 3 : 1 : 96의 비율로 포함된 AZ31 마그네슘 합금괴를 압출하여 ECAP 처리에 사용하였다. 압출시 합금괴의 예열온도는 340℃로 하였다. 총 4개의 합금괴에 대하여 압출을 실시하였으며, 그 중 3개의 합금괴에 대해서는 4:1의 압출비로 압출(비교예2 내지 비교예4)하였으며, 다른 하나의 괴에 대해서는 20:1의 압출비로 압출(실시예)하여 단면을 이루는 각변의 길이가 30mm인 압출재를 제작하였다. 또한, 나머지 하나의 재료로 동일한 직경의 주조재(비교예1)를 준비하였다.

<45> 열처리

<46> 상기 표 1에 기재된 조건으로 열처리를 실시하였다. 재료에 상관없이 열처리시 분위기는 아르곤 가스로 제어하였으며, 열처리 시간은 24시간으로 동일하였다. 각 시료별로 열처리 온도를 320℃ 또는 415℃으로 고정하였다.

<47> ECAP 처리

<48> 하기 표 1에 기재된 각 재료에 대하여 25℃의 상온에서 ECAP을 실시하였다. ECAP시 플런저(plunger)에 의한 가압속도는 50mm/min으로 정하였다. 상온 ECAP 실시가능성을 확인하기 위하여 1회 ECAP 실시한 다음 재료의 파손

여부를 검토하고 그 결과를 표 1과 도 3에 나타내었다.

- <49> 표와 도면의 사진에서 확인할 수 있듯이, 주조재를 사용하거나, 압출재를 사용하더라도 압출비 또는 열처리 온도가 본원에서 규정하는 조건에 해당하지 않는 비교예1 내지 비교예4에 의해 전처리된 경우에는 재료가 모두 파손됨을 알 수 있었다. 그러나, 본 발명의 규정에 부합되는 조건으로 전처리하고 ECAP 처리된 경우에는 재료의 파손이나 균열없이 양호한 표면형상으로 ECAP 됨을 알 수 있었다.
- <50> 따라서, 본 발명에서 제공하는 ECAP 처리 방법의 효과를 확인할 수 있었다.

표 1

<51>

구분	압출구분	압출비	열처리 온도	열처리 시간	ECAP시 재료상태
비교예1	주조재	-	-	-	파손됨
비교예2	압출재	4:1	-	-	파손됨
비교예3	압출재	4:1	320℃	24시간	파손됨
비교예4	압출재	4:1	415℃	24시간	파손됨
실시예	압출재	20:1	415℃	24시간	양호함

- <52> 이는 압출-열처리로 이어지는 재료의 전처리 과정에 기인한 것으로서, 전처리의 효과를 확인하기 위하여 상기 전처리된 재료의 조직 형상과 주조재의 조직 형상을 도 4에 나타내었다. 즉, 도 4는 상기 실시예의 조건으로 압출되고 열처리된 재료의 광학현미경 조직 사진(b)과 주조만 되었을 뿐 아무런 전처리 되지 않은 비교예1에 의해 준비된 광학현미경 조직 사진(a)를 비교한 것으로서, 도면을 보면 실시예에 의해 전처리된 재료의 경우에는 매우 미세하고 비교적 균일한 형태의 결정립을 가지고 있음에 비하여 비교예1의 주조재의 경우에는 결정립의 크기가 100 μ m 이상인 경우가 대다수였으며, 또한 결정립의 크기 편차가 심하다는 것을 알 수 있다.
- <53> 이러한 차이로 인하여 이후 ECAP 시 본 발명의 조건에 의해 제조된 실시예의 경우에는 재료 파손없이 양호하게 ECAP 가공될 수 있음에 반하여, 비교예의 경우에는 ECAP시 재료가 심하게 파손되는 현상이 일어나는 것이다.
- <54> 또한, ECAP에 의한 연성 증가효과를 관찰하기 위하여 상기 실시예의 조건으로 마련된 재료에 대하여 상온 ECAP을 A 라우트로 1회 실시하여 그 결과를 관찰하였다. 그 결과 인장강도 482MPa, 항복강도 132MPa 및 연신율 13%인 고강도 고연성 마그네슘 재료를 제조할 수 있었으며, 상기 마그네슘 재료를 이용하여 단조 등의 과정을 거칠 경우 간편한 방법으로 원하는 부품형상을 제조할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

발명의 효과

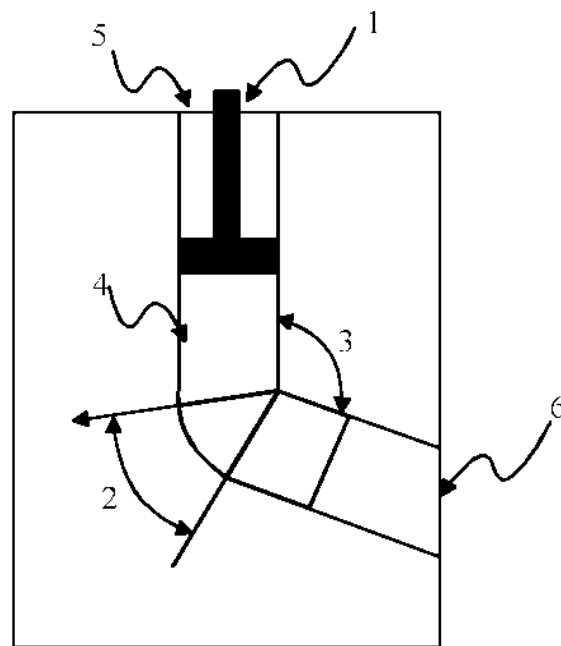
- <55> 상술한 바와 같이 본 발명에 의할 경우에는 기존에는 거의 불가능하였던 상온 ECAP을 실시할 수 있으며, 그 결과 마그네슘 주조재에 비하여 인장강도와 항복강도 및 연신율이 높은 고강도 고연성의 마그네슘 재료를 용이하게 제조할 수 있다는 유리한 효과를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

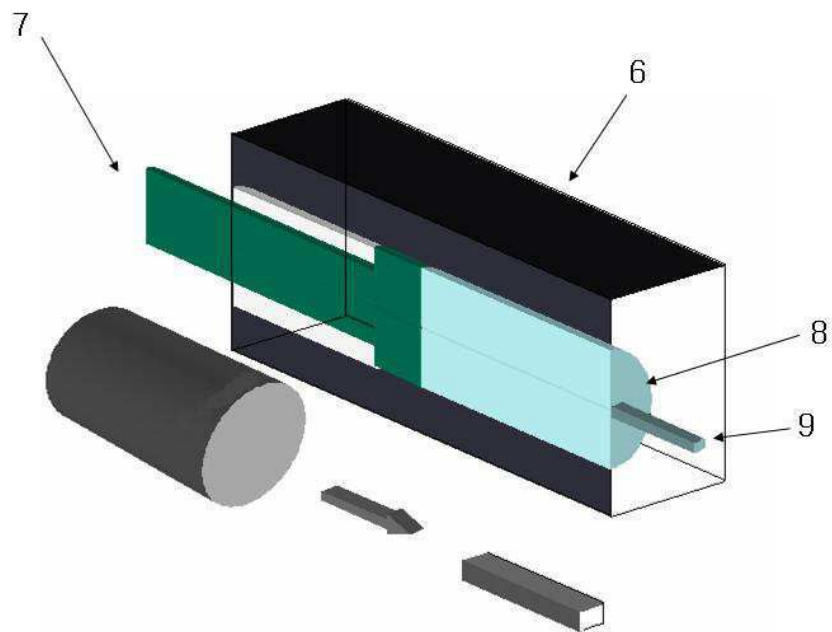
- <1> 도 1은 ECAP 처리 장치를 개략적으로 나타내는 단면도,
- <2> 도 2는 압출과정을 설명하는 개략도,
- <3> 도 3은 비교예1 내지 비교예4와 실시예에 의해 전처리된 재료를 ECAP 처리한 후 재료의 상태를 촬영한 사진, 그리고
- <4> 도 4는 특별한 전처리 없이 주조된 상태 그대로의 재료의 조직을 촬영한 광학현미경 사진(a)과 본 발명의 조건에 의해 전처리된 실시예1의 압출 및 열처리후의 조직을 촬영한 광학현미경 사진(b)을 나타내는 것이다.

도면

도면1



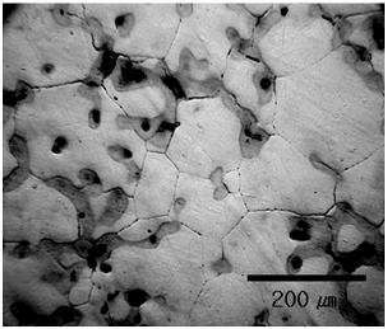
도면2



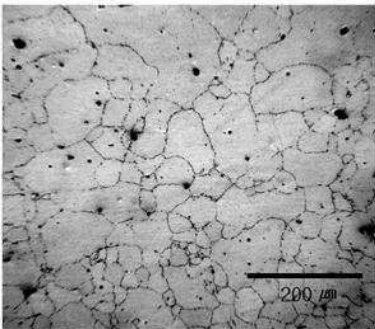
도면3

비교예1		
비교예2		
비교예3		
비교예4		
실시에		

도면4



(a)



(b)