



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0122443
(43) 공개일자 2007년12월31일

(51) Int. Cl.

C22C 23/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-7012047

(22) 출원일자 2007년05월28일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2007년05월28일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2005/001363

국제출원일자 2005년01월31일

(87) 국제공개번호 WO 2006/046320

국제공개일자 2006년05월04일

(30) 우선권주장

JP-P-2004-00316330 2004년10월29일 일본(JP)

(71) 출원인

도꾸리쯔교세이호진 상교기쥬쥬 소고겐쥬쥬

일본 도쿄도 치요다쿠 카스미가세키 1-3-1

후안 신 (비브이아이) 리미티드

영령버진군도 토틀라 로드 타운 피.오.박스 362

워크램스 카이 1 오마르 핫지 빌딩

(72) 발명자

치노 야스마사

일본 아이치켄 나고야시 모리야마쿠 오아자 시모

시다미 아자아나가호라 2266반지노 98 도꾸리쯔

교세이호진 상교기쥬쥬소고겐쥬쥬 츄부센터 나이

마부치 마노루

일본 아이치켄 나고야시 모리야마쿠 오아자 시모

시다미 아자아나가호라 2266반지노 98 도꾸리쯔

교세이호진 상교기쥬쥬소고겐쥬쥬 츄부센터 나이

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

하상구, 하영옥

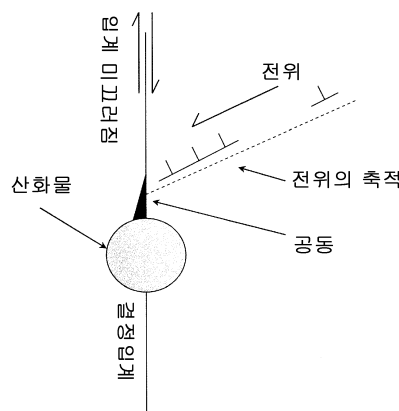
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 마그네슘 합금제 케이스체

(57) 요약

본 발명은 마그네슘 합금의 조성을 특정화하고, 내부의 불순물량을 적정값이하로 함으로써, 성형성을 보증한 고품질의 복잡형상을 갖는 마그네슘 합금제 케이스체를 제공하는 것이며, 본 발명은 첨가 합금 원소의 일부로서 알루미늄을 1.0~10.0mass%, 아연을 0.5~3.0mass%, 망간을 0.1~0.8mass% 함유하고, 산소 농도가 300mass ppm이하인 마그네슘 합금제 판재의 초소성 성형체로 이루어지며, 초소성 성형에 있어서의 공동 형성이 제어된 구조를 갖는 마그네슘 합금제 케이스체에 관한 것이다. 본 발명은 마그네슘 합금제 판재의 불순물 및 조성을 정밀하게 규정함으로써, 초소성 성형을 거친 복잡형상을 갖는 마그네슘 합금제 케이스체를 제작하여 제공할 수 있다. 본 발명의 마그네슘 합금제 케이스체는, 예를 들면 가전제품 등의 케이스체에 적극적으로 적용할 수 있다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

아라키 카즈오

일본 미에켄 옷카이치시 히가시모치부쿠쵸 12-7

후지이 히로유키

일본 카나가와켄 카와사키시 아사오쿠 호소야마
5-6-2

사쿠라이 순지

일본 사이타마켄 히가시마츠야마시 마츠바쵸
2-5-36-104

특허청구의 범위

청구항 1

마그네슘 합금제 판재의 초소성 성형체에 있어서, 첨가 합금 원소의 일부로서 알루미늄을 1.0~10.0mass%, 아연을 0.5~3.0mass%, 망간을 0.1~0.8mass% 함유하고, 산소 농도가 300mass ppm이하인 마그네슘 합금제 판재의 초소성 성형체로 이루어지며, 초소성 성형에 있어서의 공동 형성이 억제된 구조를 갖고 있는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금제 케이스체.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 산소 농도가 100mass ppm이하인 마그네슘 합금제 판재의 초소성 성형체로 이루어지는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금제 케이스체.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 마그네슘 합금제 판재의 일부 부위가 초소성 성형에 의해 성형되어 있는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금제 케이스체.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 초소성 성형이 딥 드로잉 성형인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금제 케이스체.

청구항 5

제 3 항에 있어서, 초소성 성형이 스트레치 성형인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금제 케이스체.

청구항 6

제 3 항에 있어서, 초소성 성형이 블로우 성형인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금제 케이스체.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 마그네슘 합금제 케이스체의 일부 결정 입자가 20 μ m이하인 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금제 케이스체.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 기재된 마그네슘 합금제 케이스체로 이루어지는 것을 특징으로 하는 구조용 경량 부재.

명세서

기술 분야

<1> 본 발명은 마그네슘 합금제 판재의 초소성 성형체로 이루어지는 마그네슘 합금제 케이스체에 관한 것이며, 더욱 상세하게는 마그네슘 합금제 판재의 산소 농도 및 재료조성을 고정밀도로 제어함으로써 초소성 성형에 있어서의 공동 형성을 억제한 고품질이고 복잡형상을 갖는 초소성 성형체로 이루어지는 마그네슘 합금제 케이스체 및 그 제조 기술에 관한 것이다. 본 발명은, 예를 들면 우주·항공 재료, 전자 기기 재료, 자동차 부재 등의 폭넓은 분야에서 이용할 수 있는 고내파괴성 및 고강도의 특성을 부여한 신규 마그네슘 합금제 케이스체를 제공하는 것이다.

배경 기술

<2> 마그네슘 합금 재료는 실용 구조 금속 재료 중에서 가장 저밀도(=1.7g/cm³)이며, 금속 재료 특유의 리사이클의 용이성을 갖고, 자원도 풍부하게 존재하므로 차세대의 구조용 경량 재료로서 주목받고 있다. 현재, 일본에 있어서의 마그네슘 제품의 대부분은 다이캐스트나 티소캐스트 등의 주조법에 의해 제작되고 있다. 이들 방법에 의해 박육 성형이 가능해진 것이 마그네슘 합금 재료의 산업적 이용을 조장한 최대의 요인이다. 특히 가전제품에서는, 예를 들면 퍼스널 컴퓨터, 휴대전화, 및 디지털 카메라 등의 가전제품 케이스체에 마그네슘 합

금 주조재가 이용되고 있다. 그러나 현재의 주조법에 의한 마그네슘 합금 재료의 생산법에는 주조 결함을 보충하기 위한 후처리가 필요한 것, 수율이 낮은 것, 부재의 강도·강성에 문제가 있는 것 등의 문제가 존재한다.

<3> 소성 가공 프로세스는 일반적으로 수율이 높고, 성형과 동시에 고강도·고인성화를 도모할 수 있으므로 수요 확대의 유효한 수단이라고 말할 수 있다. 특히 마그네슘 합금제 판재로 딥 드로잉 성형, 스트레치 성형, 및 블로우 성형 등에 의해 성형체를 제작할 수 있으면, 박육 또한 고강도의 성형체를 저렴한 프로세스로 제작할 수 있어 가전제품의 케이스체 등의 많은 수요를 기대할 수 있다. 그러나 지금까지 소성 가공 프로세스에 의해 제작된 마그네슘 합금제 부재가 유통된 예는 거의 없는 것이 실정이다.

<4> 마그네슘 합금의 비저면 슬라이딩의 입계 분해 전단 응력은 상온에 있어서 다른 슬라이딩계와 비교해서 매우 크고, 상온 성형성은 낮다. 또, 마그네슘 합금 압연재에는 {0001}면이 판면에 대하여 평행하게 배향하는 집합 조직이 형성되는 특징이 있고, 소성 변형시의 판두께 방향의 변형을 기대할 수 없어 상온 성형성을 방해하는 하나의 원인으로 되어 있다. 상기의 문제로부터 냉간 프레스 성형을 실시하는 것이 본질적으로 곤란한 것이 소성 가공 프로세스에 의해 마그네슘 합금 부재를 제작할 수 없는 큰 이유이다.

<5> 냉간 성형성이 부족한 마그네슘 합금을 소성 가공에 의해 성형하는 방법으로서 현재 주목받고 있는 것이 초소성 변형을 이용한 성형이다. 금속 재료는 결정 입자를 미세화시키면 초소성 현상이 발현된다. 본 발명에 있어서, 초소성 변형이란 「다결정 재료의 인장 변형에 있어서 변형 응력이 높은 변형 속도 의존성을 나타내고, 국부 수축을 발생시키는 일 없이 수백%이상의 거대 신장을 나타내는 현상」을 가리킨다. 이 초소성 변형에서는 결정 자체의 형상은 기본적으로 변화되지 않고, 결정끼리가 계면 사이에서 슬라이딩함으로써 변형이 달성된다. 이 현상은 입계 슬라이딩이라고 불린다. 일반적으로 재료의 결정 입자 지름을 미세하게 하고, 액상선온도에 대하여 약 50%이상의 온도로 시료를 가열했을 때에 초소성 변형이 생긴다.

<6> 초소성 성형을 이용한 마그네슘 합금 판재의 성형 방법에 관한 사례로서는, 예를 들면 (1)마그네슘 합금 부품과 그 제조 방법(특허문헌1), (2)마그네슘 부품과 그 제조 방법(특허문헌2), (3)마그네슘 소재의 스핀들 가공 방법 및 그 장치(특허문헌3), (4)마그네슘 합금제 판재의 딥 드로잉 성형 방법 및 그 성형체(특허문헌4) 등을 들 수 있다. 상기의 방법에서는 초소성 성형에 의해 판재로의 보스 세우기, 스핀들 가공, 딥 드로잉 성형 등을 함으로써 복잡 구조 부재를 초소성 성형에 의해 제작하는데 주안을 두고 있다.

<7> [특허문헌1] 일본 특허 공개 2004-149841호 공보

<8> [특허문헌2] 일본 특허 공개 2003-311360호 공보

<9> [특허문헌3] 일본 특허 공개 2000-126827호 공보

<10> [특허문헌4] 일본 특허 공개 2004-58111호 공보

발명의 상세한 설명

<11> 마그네슘 합금의 주된 초소성 변형 기구로서는 입계 슬라이딩을 들 수 있다. 입계 슬라이딩의 원리도를 도 1에 나타낸다. 입계 슬라이딩이란 입자 내의 변형을 수반하지 않고, 입계 사이에서 결정이 이동함으로써 변형이 달성되는 기구를 가리킨다. 또, 이상적인 입계 슬라이딩이 결정 사이에서 일어났을 경우, 입자 내의 변형을 수반하지 않고 입계 사이에서 결정이 이동하므로 입계의 삼중점 부근에 불가피하게 공동이 생기게 된다. 도 2에 각종 합금의 입계 확산 계수의 온도 의존성을 나타낸다(M. Mabuchi et al. : "Tensile Properties at Room Temperature to 823K of Mg-4Y-3RE Alloy", Mater. Trans. 43(2002), pp.2063-2068). 도 2의 가로축은 융점에 의해 규격화된 무차원 온도를 나타낸다. 세로축은 무차원화된 입계 확산 계수를 나타낸다. 마그네슘의 입계 확산 계수는 모든 온도 영역에 걸쳐 알루미늄, 철과 비교해서 현저하게 높은 것을 확인할 수 있다. 입계 확산 계수가 큰 마그네슘에서는 초소성 성형 중에 입계 삼중점 부근에서 공동이 생겼다고 해도 확산에 의해 공동 형성을 완화할 수 있다고 생각된다. 마그네슘 합금의 성형 방법으로서 초소성 성형을 적극적으로 이용하고자 하는 것은 상기 이유에 의해서이다.

<12> 한편, 시판되고 있는 마그네슘 합금 판재를 초소성 성형에 제공한 경우, 성형 조건을 잘못하면 공동 형성에 기인해서 판재는 성형 도중에 파단된다. 도 3에 AZ31 마그네슘 합금(Mg-3mass% Al-1mass% Zn-0.5mass% Mn) 압연재에 623K, 변형 속도 $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 로 진변형 0.9까지 인장 변형을 인가했을 때에 생기는 내부 공동의 모양을 나타낸다. 또, 이 경우 초기 결정 입자 지름은 $10 \mu\text{m}$ 였다. 도 3에 의하면 $1 \mu\text{m}$ 미만의 미세한 공동과 $5 \mu\text{m}$ 이상의 비교적 거칠고 큰 공동을 확인할 수 있다. 도 3에 보여지는 공동은 입계 근방의 공동 형성을 물질의 확산에 의해 완화

할 수 없을 때에 발생한다. 즉, 확산 속도에 영향을 미치는 변형 온도, 공동 형성 속도에 영향을 미치는 변형 속도의 제어가 초소성 성형에 있어서 매우 중요한 요소로 된다.

<13> 초소성 변형 중의 공동 형성의 기점은 입계 뿐만 아니라 내부의 불순물을 기점으로 하는 것도 고려된다. 그런데 마그네슘 합금의 합금 규격에는 성형성에 기인한 불순물의 규격은 전무하며, 불순물이 초소성 변형에 미치는 영향을 무해화하기 위한 대책도 볼 수 없다. 본 발명은 상기 문제를 감안하여 이루어진 것이며, 마그네슘 합금제 판재의 조성을 특정화하고, 내부의 불순물량을 적정값이하로 함으로써 초소성 성형체로서의 성형성을 보증하며, 복잡형상을 갖는 마그네슘 합금제 케이스체를 제작하여 제공하는 것을 실현할 수 있게 된다는 본 발명자들의 신규 발견에 기초해서 완성된 것이다. 본 발명은 초소성 성형체로서의 성형성을 보증하고, 고품질이고 복잡형상을 갖는 마그네슘 합금제 케이스체를 제공하는 것을 목적으로 하는 것이다.

<14> 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명은 마그네슘 합금제 판재의 초소성 성형체에 있어서 첨가 합금 원소의 일부로서 알루미늄을 1.0~10.0mass%, 아연을 0.5~3.0mass%, 망간을 0.1~0.8mass% 함유하고, 산소 농도가 300mass ppm이하인 마그네슘 합금제 판재의 초소성 성형체로 이루어지며, 초소성 성형에 있어서의 공동 형성이 억제된 구조를 갖고 있는 것을 특징으로 하는 마그네슘 합금제 케이스체이다. 본 마그네슘 합금제 케이스체는 (1)산소 농도가 100mass ppm이하인 마그네슘 합금제 판재의 초소성 성형체로 이루어지는 것, (2)마그네슘 합금제 판재의 일부 부위가 초소성 성형에 의해 성형되어 있는 것, (3)초소성 성형이 딥 드로잉 성형인 것, (4)초소성 성형이 스트레치 성형인 것, (5)초소성 성형이 블로우 성형인 것, (6)마그네슘 합금제 케이스체의 일부의 결정 입자가 20 μ m이하인 것을 바람직한 형태로 하고 있다. 또한 본 발명은 상기의 마그네슘 합금제 케이스체로 이루어지는 것을 특징으로 하는 구조용 경량 부재이다.

<15> 다음에 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명한다.

<16> 본 발명자들은 초소성 성형체로서의 성형성을 보증하고, 고품질이고 복잡형상을 갖는 마그네슘 합금제 케이스체를 제공하는 것을 실현하기 위한 수단으로서 마그네슘 합금제 판재 내부에 존재하는 산화물에 주목했다. 마그네슘은 실용 금속 중 가장 산소와의 친화력이 높은 원소이며, 철강 정련 등에 있어서는 탈산제로서 이용되고 있다. 마그네슘 합금의 합금 조제·주조 공정에 있어서는, 용융 마그네슘이 대기와 접하지 않도록 SF₆과 CO₂의 혼합 가스 등의 커버 가스 내에서 작업이 행해지지만, 응고 과정을 거칠 때까지 일어나는 용융 마그네슘의 산화를 전무하게 하는 것은 프로세스의 제한상 곤란하다. 현상황에서는 비금속 개재물로서의 산화물(MgO 혹은 Al₂O₃)을 용융 상태의 마그네슘에 아르곤을 분사함으로써 응집하고, 부상·침강 분리를 행하고 있다.

<17> 초소성 성형을 행하는 마그네슘 합금제 판재의 내부에 상기 산화물이 과도하게 혼입되어 있을 경우, 산화물을 기점으로 한 공동 형성이 일어난다. 공동 형성의 메커니즘을 도 4에 나타낸다. 초소성 성형 중에 산화물 근방에서 응력 집중이 일어남으로써, 또한 산화물 주변에 전위가 축적됨으로써 산화물을 기점으로 한 공동 형성이 발생한다. 도 4에 나타내는 공동 형성이 재료 내부에서 빈번히 발생할 경우, 공동끼리의 합체가 일어나 파괴의 기점이 된다. 본 발명자들은 예의 연구개발의 결과, 재료의 산소 농도를 적정값으로 제어함으로써, 또한 적정한 첨가 원소를 마그네슘에 첨가함으로써 공동 형성을 억제하면서 초소성 변형을 달성할 수 있으며, 고품질이고 복잡형상을 갖는 마그네슘 합금제 판재에 의한 케이스체를 창제할 수 있다는 신규 발견을 얻었다.

<18> 구체적으로는 마그네슘 합금제 판재의 산소 농도를 300mass ppm이하, 바람직하게는 100mass ppm이하로 제어함으로써 초소성 성형을 이용해서 복잡형상을 마그네슘 합금에 부여할 수 있는 것이 실험적으로 확인되었다. 즉, 마그네슘 합금제 판재 내부의 산화물을 소정량으로 제어함으로써, 비록 산화물을 기점으로 한 공동 형성이 초소성 성형 중에 발생해도 공동의 확대가 일어나지 않고, 확산에 의해 완화되는 것을 알 수 있었다. 한편, 마그네슘 합금제 판재의 산소 농도가 증가하면 불순물로서의 산화물이 입계 삼중점에 존재할 확률이 향상되게 된다. 산화물이 입계 삼중점에 존재할 경우에는 산화물이 입계 확산의 장벽으로 되고, 공동 형성의 완화를 저해하여 성형성은 현저하게 열화된다. 그러므로 마그네슘 합금 판재 내부로의 산화물의 혼입은 최대한 피해야 한다. 즉, 본 발명자들은 산소 농도를 300ppm이하, 바람직하게는 100ppm으로 억제함으로써 산화물이 공동 형성을 조장하는 현상을 억제할 수 있는 것을 확인했다. 마그네슘 합금제 판재의 산소 농도가 300ppm을 상회하면 상기 공동 형성 및 공동의 확대를 억제할 수 없다. 본 발명에서는 특히 산소 농도가 300mass ppm을 초과하지 않도록 상기 산소 농도를 소정의 범위로 고정밀도로 제어한 마그네슘 합금제 판재를 사용하여 상기 초소성 성형체를 제작하는 것이 중요하다.

<19> 본 발명에서는 마그네슘 합금이 20 μ m이하의 미세 결정 입자를 갖고 있으면, 바람직하게는 15 μ m이하의 미세 결정 입자를 갖고 있으면, 473K이상 723K이하의 온도역, 1×10^{-5} 1/s이상 1×10^{-1} 1/s이하의 변형 속도 영역에서 용이하

게 초소성 현상을 발현시킬 수 있다. 여기서는 마그네슘 합금제 판재의 일부의 변형이 1.0이상인 것, 또는 판재의 일부가 입계 슬라이딩에 의해 변형되는 것을 초소성 변형의 정의로 한다. 입계 슬라이딩에 의해 판재가 변형되었을 경우, 판재의 결정 입자는 성형 중에 입자 성장을 일으키지 않거나, 혹은 동적 재결정에 따라 결정 입자가 미세화된다. 즉, 본 발명에서는 성형체에서 가장 변형이 일어난 부위의 결정 입자가 $20\mu\text{m}$ 이하, 바람직하게는 $15\mu\text{m}$ 인 것을 초소성 성형의 증거로 할 수 있다.

<20> 이상적으로는 초소성 성형에 제공되는 마그네슘 합금제 판재의 결정 입자 지름을 $20\mu\text{m}$ 이하로 미세하게 해 두는 것이 필요하다. 한편, $40\mu\text{m}$ 정도의 비교적 거칠고 큰 입자 지름을 갖는 마그네슘 합금제 판재라도 초소성 성형에 제공할 수 있다. $40\mu\text{m}$ 정도의 거칠고 큰 입자 지름을 갖는 마그네슘 합금제 판재를 초소성 성형에 제공했다고 해도, 가공 중에 수반되는 동적 재결정을 이용함으로써 판재의 결정 입자를 미세화하여 유효한 초소성 성형을 마그네슘 합금제 판재에 부여할 수 있다.

<21> 성형 중의 결정 입자의 성장을 억제하기 위해서, 또한 성형 후의 마그네슘 합금제 판재의 강도, 부식 특성을 보증하기 위해서는 마그네슘 합금의 다른 조성을 정밀하게 규정할 필요가 있다. 구체적으로는 첨가 합금 원소의 일부로서 알루미늄을 1.0~10.0mass%, 아연을 0.5~3.0mass%, 및 망간을 0.1~0.8mass% 함유하도록 하는 것이 바람직하다.

<22> 상술과 같이 본 발명에서는 첨가 합금의 일부로서 알루미늄은 1.0~10.0mass% 첨가되는 것이 바람직하다. 알루미늄을 1mass%이상 첨가함으로써 마그네슘 합금의 고용강화를 기대할 수 있다. 또, 6mass%이상 알루미늄을 첨가하면 입계에 네트워크형상의 β 상($\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$)을 석출할 수 있어 재료의 강도를 더욱 향상시킬 수 있다. 한편, 알루미늄을 10mass%이상 첨가하면 성형 후의 마그네슘 합금의 연성을 현저히 열화시켜버릴 가능성이 있다. 그 때문에 알루미늄의 첨가량은 1.0mass%이상 10mass%이내로 하는 것이 바람직하다.

<23> 또한 본 발명에서는, 아연의 첨가는 재생재의 강도를 유지하기 위해 필요하다. 한편, 3.0mass%이상의 아연의 첨가는 부식 특성을 저하시키는 일이 있어 바람직하지 않다. 망간은 내식성을 저하시키는 불순물 원소인 철의 영향을 완화할 수 있어 망간을 상기의 범위 내에서 첨가함으로써 그 효과를 가장 발휘할 수 있다.

<24> 또한 본 발명에서는, 망간의 첨가는 마그네슘 합금제 판재의 결정 입자 지름을 제어하는데 있어서 불가결하다. 망간을 적당량 첨가하지 않으면 초소성 성형 중에 재료 내부의 결정 입자가 성장하여 입계 슬라이딩을 일으킬 수 있는 미세 결정을 유지하는 것이 곤란해진다. 구체적으로는 망간을 0.1mass%이상 첨가하는 것이 요망된다. 한편, 망간을 0.8mass%이상 첨가하면 거칠고 큰 망간·알루미늄에 의한 금속간 화합물이 재료 내부에 형성되고, 재료의 연성·강도에 악영향을 미치게 되어 0.8mass%이상의 망간의 첨가는 바람직하지 않다.

<25> 본 발명의 마그네슘 합금제 판재에 초소성 성형을 실시한 마그네슘 합금제 케이스체는 초소성 성형의 종류에는 의존하지 않는다. 초소성 성형에 의한 마그네슘 합금제 판재의 성형으로서는 딥 드로잉 성형, 스트레치 성형, 및 블로우 성형을 들 수 있다. 본 발명은 기본적으로는 마그네슘 합금제 판재의 재질을 고정밀도로 제어함으로써 초소성 성형체로서의 성형성을 보증하고, 고품질이고 복잡형상을 갖는 케이스체를 제작할 수 있게 하는 것이며, 본 발명은 어느 방법을 이용하여 제작된 마그네슘 합금제 케이스체라도 대상이 될 수 있다.

<26> 본 발명의 마그네슘 합금제 케이스체는 초소성 성형을 거쳐 제작되므로 특정량의 알루미늄, 아연 및 망간을 첨가 원소의 일부로서 마그네슘 합금제 판재에 첨가해 두면 초소성 성형에 의해 미세한 결정을 유지할 수 있다. 구체적으로는 이들 첨가 원소의 첨가량과 산소 농도의 고정밀도 제어에 의해 마그네슘 합금제 케이스체의 일부 결정 입자가 $20\mu\text{m}$ 이하인 초소성 성형체로 이루어지는 마그네슘 합금제 케이스체를 제작할 수 있게 된다. 마그네슘 합금의 항복 강도(경도)는 결정 입자 지름과 강한 상관이 있고, 결정 입자를 $20\mu\text{m}$ 이하로 미세화함으로써 고강도의 케이스체를 제작하는 것을 실현할 수 있다. 종래의 방법으로는 초소성 성형에 의한 공동 형성을 막는 것 및 결정 입자를 $20\mu\text{m}$ 이하로 미세화하는 것은 곤란했지만, 본 발명에 의해 제작된 마그네슘 합금제 케이스체는 다른 방법을 거쳐서 제작된 케이스체와 비교해서 초소성 성형에 있어서의 공동 형성이 억제되어 있는 것 및 결정 입자가 $20\mu\text{m}$ 이하로 미세화되어 있는 것, 그것에 의해 고내파괴성 및 고강도를 갖는 제품으로 되는 것으로부터, 이들의 성상을 분석함으로써 양쪽을 명확하게 구별(판별)할 수 있다.

<27> <발명의 효과>

<28> 본 발명에 의해 1)마그네슘 합금제 판재의 산소 농도 및 재료 조성을 제어함으로써 복잡형상을 갖는 마그네슘 합금제 케이스체를 초소성 성형에 의해 제작할 수 있고, 2)그것에 의해 초소성 성형에 있어서의 공동 형성이 억제된 구조를 갖는 고내파괴성 및 고강도를 갖는 초소성 성형체로 이루어지는 마그네슘 합금제 케이스체를 제공할 수 있으며, 3)차세대 구조용 경량 재료로서 기대되고 있는 초경량 마그네슘 합금제 케이스체를 제공하는 것

을 실현할 수 있다는 특별한 효과가 나타난다.

실시예

<36> 다음에 본 발명을 실시예에 기초하여 구체적으로 설명하지만, 본 발명은 이들 실시예에 의해 조금도 한정되는 것은 아니다.

<37> 다양한 산소 농도를 갖는 AZ31 마그네슘 합금 압연재를 준비하여 그 초소성 성형성을 평가했다. AZ31 마그네슘 합금의 조성은 Mg-3mass% Al-1mass% Zn-0.5mass% Mn이며, 대표적인 신장용 마그네슘 합금이다. 내부의 산소 농도가 다른 폭 50mm, 두께 5mm의 AZ31 마그네슘 합금 판재를 준비했다. 상기 마그네슘 합금 판재를 시료 온도 673K에서 열간압연에 제공함으로써 두께 1mm의 마그네슘 합금 압연 재를 제작했다. 열간압연에 있어서는 롤 가열은 실시하지 않고, 1패스마다의 압하율을 12%로 했다. 얻어진 시험편의 산소 농도와 시료의 평균 결정 입자 지름을 표 1에 정리해서 나타낸다. 또, 산소 농도는 글로우 방전 질량 분석계(GDMS)에 의해 측정을 실시하고, 결정 입자 지름은 압연 방향과 평행한 면의 조직을 광학 현미경에 의해 관찰하여 절편법으로 측정했다.

표 1

재료	산소농도 (massppm)	성형전입자치름(μm)
시료 1	14	14.8
시료 2	15	17.8
시료 3	52	16.8
시료 4	73	19.5
시료 5	173	16.3
시료 6	248	14.6
시료 7	350	14.9
시료 8	500	14.6

<38> <39> 상기 압연재로부터 세로 70mm, 가로 70mm, 두께 1mm의 직사각형상의 마그네슘 합금 판재를 잘라내서 초소성 블로우 성형에 제공했다. 블로우 성형에 있어서는 도 5에 기재된 누름 금형 및 성형 금형을 이용했다. 양 금형 사이에 마그네슘 합금 판재를 고정하고, 금형과 시험편을 673K로 뜨겁게 한 상태에서 누름 금형으로부터 N_2 가스를 마그네슘 합금 판재에 0.2MPa 또는 0.5MPa의 압력으로 인가함으로써 블로우 성형을 실시했다. 또, 0.2MPa의 압력을 인가했을 때의 재료의 변형 속도는 약 $1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 0.5MPa의 압력을 인가했을 때의 재료의 변형 속도는 약 $1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 에 상당한다. 판재의 일부가 파단된 시점에서 성형을 완료했다.

<40> 표 2에 각종 AZ31 마그네슘 합금 판재를 블로우 성형에 제공한 결과를 정리해서 나타낸다. 또, 블로우 성형 후의 판재의 대표적인 외형을 도 6에 나타낸다. 도 6의 실시예1 및 실시예7의 외형에 주목하면, 실시예1에서는 완전한 컵 형상이 성형 가능한 것을 확인할 수 있다. 한편, 실시예7에서는 컵 형상은 성형할 수 없지만 돔형상의 성형이 가능했다. 실시예1 및 실시예7은 내부의 산소 농도가 가장 낮은(14mass ppm) 판재의 결과이다. 또한, 각종 실시예에 의하면 산소 농도의 증가와 함께 성형성은 저하되는 경향이 있었다. 표 2의 "성형성"의 난에 나타내는 기호는 실시예1 또는 실시예7의 결과와, 상기 실시예의 결과를 눈으로 보고 비교한 결과이다. ○는 눈으로 봤을 때 차이를 거의 확인할 수 없는 조건을 나타낸다. △는 성형성의 열화가 눈으로 봤을 때 일부 보여진 조건을 나타낸다. ×는 동일한 조건에서 복수회 성형을 실시해서 성형성의 열화가 분명하게 확인된 조건을 나타낸다. 실시예3 및 실시예11에 나타내는 바와 같이 ○및 △의 부분에서는 성형성의 열화는 육안으로는 거의 확인되지 않았다. 한편, 실시예7 및 실시예15에 나타내는 바와 같이 산소 농도가 300mass ppm보다 커지면 명확한 성형성의 열화가 확인되었다.

<41> 또한, 표 2에 블로우 성형 후 시료의 결정 입자 지름도 정리해서 나타낸다. 측정 개소는 가장 판재가 변형된 부분인 판재의 중앙 부분이다. 어느 결정 입자나 미세($20\mu\text{m}$ 이하)한 상태를 유지하고 있고, 초소성 성형에 의해 시료가 변형된 것이 시사되었다.

표 2

	재료	압력(MPa)	산소농도(massppm)	성형전입자치름(μm)	성형성	성형후입자치름(μm)
실시예1	시료1	0.2	14	14.2	○	14.8
실시예2	시료2	0.2	15	17.9	○	17.8
실시예3	시료3	0.2	52	17.6	○	16.8
실시예4	시료4	0.2	73	18.2	○	19.5
실시예5	시료5	0.2	173	15.3	△	16.3
실시예6	시료6	0.2	248	14.3	△	14.6
실시예7	시료7	0.2	350	14.6	×	14.9
실시예8	시료8	0.2	500	14.3	×	14.6
실시예9	시료1	0.5	14	14.2	○	14.3
실시예10	시료2	0.5	15	17.9	○	18.2
실시예11	시료3	0.5	52	17.6	○	18
실시예12	시료4	0.5	73	18.2	○	18.8
실시예13	시료5	0.5	173	15.3	△	16.4
실시예14	시료6	0.5	248	14.3	△	14.6
실시예15	시료7	0.5	350	14.6	×	14.9
실시예16	시료8	0.5	500	14.3	×	15.1

<42>

<43>

도 7에 실시예3 및 실시예11에서 블로우 성형을 실시한 시료의 단면을 관찰하여 각 부위의 판두께 변형을 측정 한 결과를 나타낸다. X축은 변형의 측정 개소를 나타내고 있고, 판재의 중앙 부분을 0mm로 규정해서 동심원 상 의 판두께 변형 분포를 나타내고 있다. Y축은 각 측정점에서의 판두께 변형 분포를 나타내고 있다. 도 7에서 확 인할 수 있는 바와 같이 어느 변형 속도에 있어서나 1.0이상의 판두께 변형이 일부의 측정 개소에서 확인되어 있어 초소성 성형이 달성되어 있는 것을 알 수 있다. 즉, 산소 농도를 고정밀도로 제어한 시료에 관해서는 초소 성 성형이 발현된 것이 확인되었다.

산업상 이용 가능성

<44>

이상 상세하게 서술한 바와 같이 본 발명은 마그네슘 합금제 케이스체에 관한 것이며, 본 발명에 의해 마그네슘 합금제 판재의 불순물 및 조성을 정밀하게 규정함으로써 초소성 성형을 거쳐도 공동 형성이 억제된 구조를 갖는 고내파괴성 및 고강도의 특성이 부여된 복잡형상을 갖는 마그네슘 합금제 케이스체를 제공할 수 있다. 본 발명 은, 예를 들면 디지털 카메라, 노트북, PDA 등 가전제품의 케이스체에 적극적으로 적용할 수 있는 초경량 마그 네슘 합금제 케이스체의 실용화와 양산화를 가능하게 하는 것으로서 유용하다.

도면의 간단한 설명

<29>

도 1은 입계 슬라이딩의 원리를 나타낸 도면으로서, 결정 입자 내를 변형시키지 않고 입계 사이를 결정이 이동 함으로써 재료가 변형되는 것을 나타내고 있다.

<30>

도 2는 마그네슘, 철, 알루미늄의 입계 확산 계수의 온도 의존성을 나타낸 도면으로서, 마그네슘의 입계 확산 계수는 모든 온도 영역에 걸쳐 알루미늄, 철과 비교해서 현저하게 높은 것을 나타내고 있다. 또한, 가로축은 용 점에 의해 규격화된 무차원 온도를 나타내고, 세로축은 무차원화된 입계 확산 계수를 나타낸다.

<31>

도 3은 AZ31 마그네슘 합금(Mg-3mass% Al-1mass% Zn-0.5mass% Mn) 압연재에 623K, 변형 속도 $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 로 진변 형 0.9까지 인장 변형을 인가했을 때에 생기는 내부 공동의 모양을 나타낸 도면으로서, $1 \mu\text{m}$ 미만의 미세한 공동 과 $5 \mu\text{m}$ 이상의 비교적 거칠고 큰 공동의 형성을 나타내고 있다. 또한, 초기 결정 입자 지름은 $10 \mu\text{m}$ 이다.

<32>

도 4는 재료 내부에 불순물이 존재했을 때의 초소성 성형 중의 공동 형성의 원리를 나타낸 도면으로서, 초소성 성형 중에 산화물 근방에서 응력 집중이 일어남으로써, 또한 상기 산화물 주변에 전위가 축적됨으로써 산화물을 기점으로 한 공동 형성이 발생하는 것을 나타내고 있다.

<33>

도 5는 실시예에서의 블로우 성형에 이용된 금형의 형상을 나타낸 도면이다.

<34>

도 6은 블로우 성형 후의 마그네슘 합금 판재의 외관을 측면에서 관찰한 도면으로서, 인가 가스 압력을 0.5MPa 및 0.2MPa로 했을 때의 결과를 나타내고 있다. 마그네슘 합금 판재의 내부 산소 농도의 증가와 함께 판재의 성형 성이 열화되는 것을 나타내고 있다.

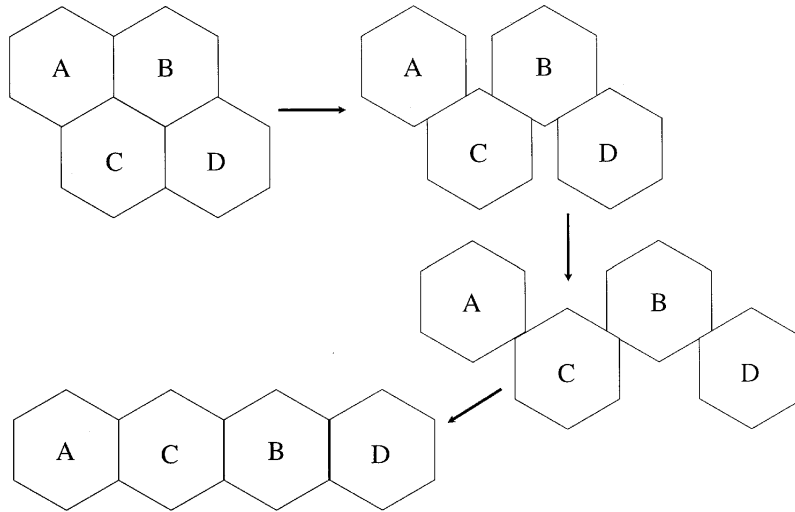
<35>

도 7은 실시예3 및 실시예11에서 블로우 성형에 제공된 시료의 판두께 변형 분포를 나타낸 도면으로서, 시료의 일부 부위에서 1.0이상의 판두께 변형이 발현되어 있는 것을 나타내고 있다. X축은 변형의 측정 개소를 나타내

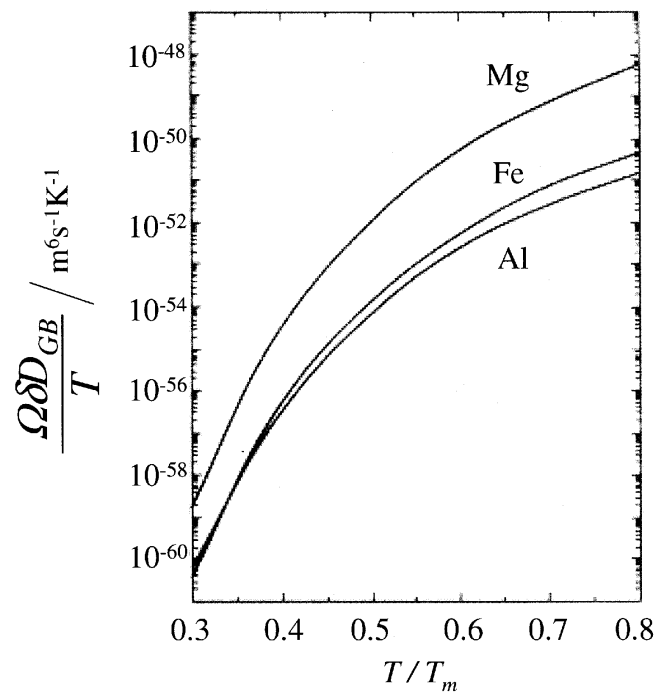
고 있고, 판재의 중앙 부분을 0mm로 규정해서 동심원 상의 판두께 변형 분포를 나타내고 있다. Y축은 각 측정점에서의 판두께 변형 분포를 나타내고 있다.

도면

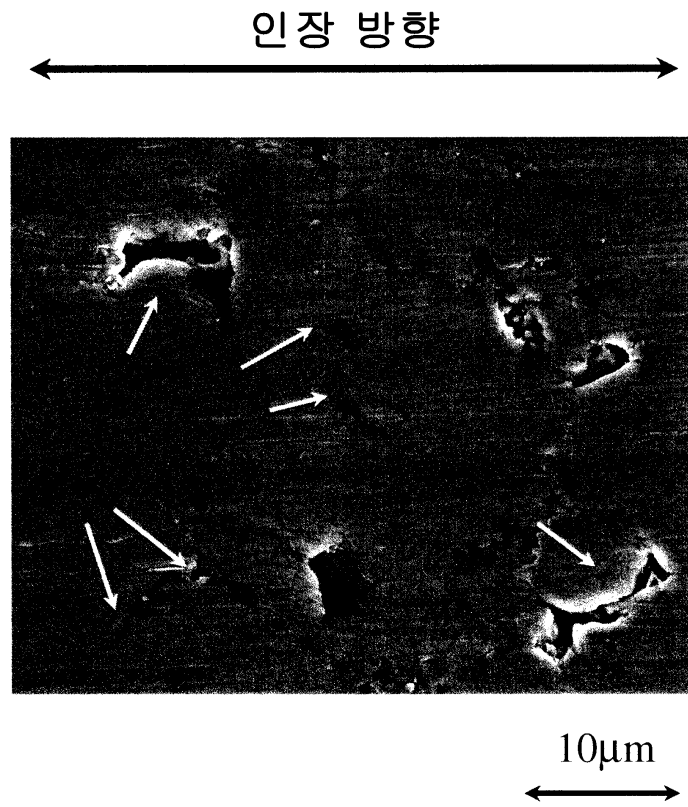
도면1



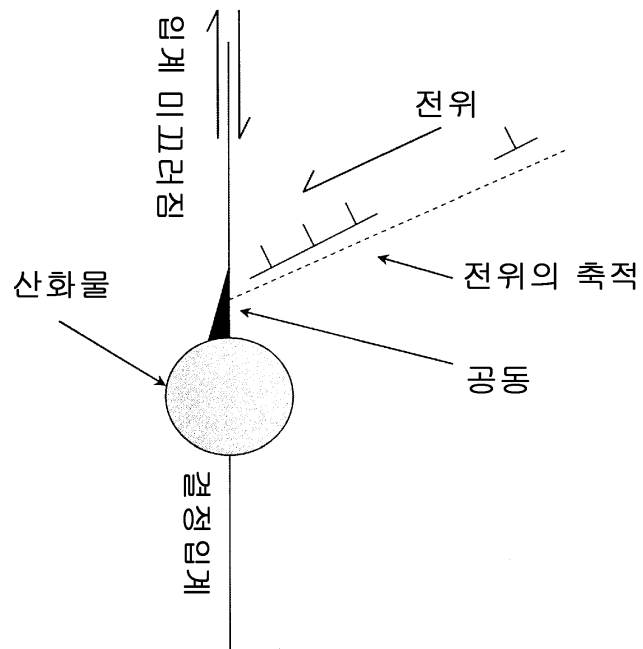
도면2



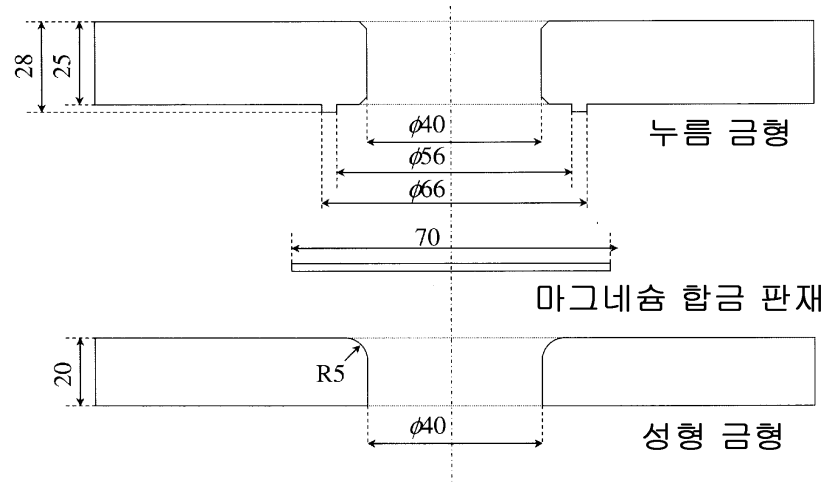
도면3



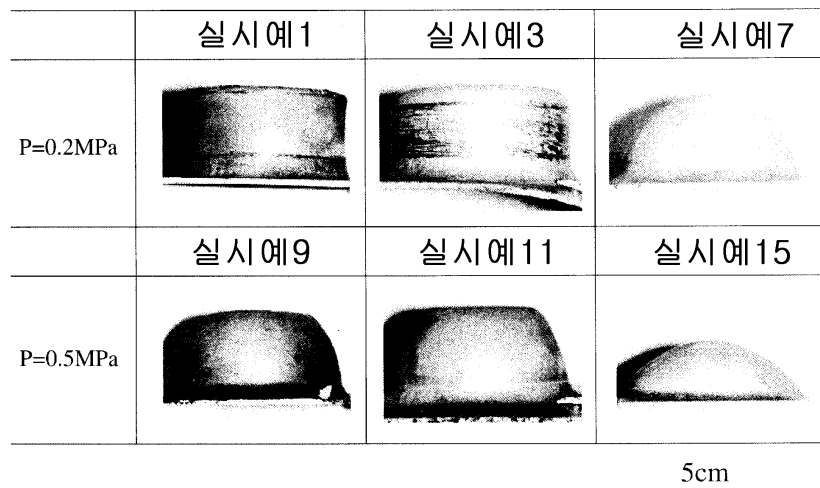
도면4



도면5



도면6



도면7

