



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0101100
(43) 공개일자 2013년09월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C22C 23/02 (2006.01) **B21C 23/00** (2006.01)
 B21J 1/02 (2006.01) **C22F 1/06** (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-7013196
 (22) 출원일자(국제) 2011년10월28일
 심사청구일자 2013년05월23일
 (85) 번역문제출일자 2013년05월23일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2011/074959
 (87) 국제공개번호 WO 2012/057329
 국제공개일자 2012년05월03일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2010-244816 2010년10월29일 일본(JP)

(71) 출원인
산텐 가부시키키가이샤
 일본 군마췌 이세사끼시 고토부끼췌 20
고쿠리츠다이가쿠호진 나가오카기췌츠가가쿠다이가쿠
 일본국 니이가타켄 나가오카시 카미토미오카마치
 1603-1
 (72) 발명자
히라와타리, 스에지
 일본 3728502 군마췌 이세사끼시 고토부끼췌 20
산텐 가부시키키가이샤 (내)
호소이, 히데노리
 일본 3728502 군마췌 이세사끼시 고토부끼췌 20
산텐 가부시키키가이샤 (내)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **마그네슘 합금부재, 에어컨용 압축기 및 마그네슘 합금부재의 제조 방법**

(57) 요약

본원 발명은, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품에 적용가능한 기계적 강도 및 고온에서의 피로 강도를 출현가능한 마그네슘 합금부재 및 그 제조 방법을 제공하고, 더욱이, 필요한 기계적 강도 및 고온에서의 피로 강도를 구비한 마그네슘 합금을 기구 부품에 사용하며, 중량을 경감한 자동차 에어컨용 압축기를 제공한다.

구체적으로는, 질량%로, 칼슘(C a)을 0.3~10%, 알루미늄(A l)을 0.2~15%, 망간(M n)을 0.05~1.5% 함유하고, C a / A l 의 질량비가 0.6~1.7이며, 잔부가 마그네슘(M g) 및 불가피 불순물로 이루어지는 마그네슘 합금의 주조 소재를, 250~500℃에서 소성가공(압출 가공)해서 마그네슘 합금부재를 형성한다. 이것에 의해, 마그네슘 합금부재에 있어서, 실온에 있어서의 0.2% 내력이 300MP a 이상, 150℃에 있어서의 피로 강도가 100MP a 이상을 출현가능하다.

(72) 발명자

후쿠이, 츠요시

일본 3728502 군마켄 이세사끼시 고토부끼쵸 20 산
덴 가부시키키가이샤 (내)

후쿠시마, 마코토

일본 3728502 군마켄 이세사끼시 고토부끼쵸 20 산
덴 가부시키키가이샤 (내)

카마도, 시게하루

일본 9402188 니이가타켄 나가오카시 카미토미오카
마치 1603-1 고크리츠다이가쿠호진 나가오카기쥬츠
가가쿠다이가쿠 (내)

혼마, 토모유키

일본 9402188 니이가타켄 나가오카시 카미토미오카
마치 1603-1 고크리츠다이가쿠호진 나가오카기쥬츠
가가쿠다이가쿠 (내)

특허청구의 범위

청구항 1

질량%로, 칼슘을 0.3~10%, 알루미늄을 0.2~15%, 망간을 0.05~1.5% 함유하고, 칼슘/알루미늄의 질량비가 0.6~1.7이며, 잔부(殘部)가 마그네슘 및 불가피 불순물로 이루어지는 마그네슘 합금의 주조 소재를, 250~500℃에서 소성가공해서 형성한 마그네슘 합금부재.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 소성가공 후에, 용체화 처리 및 인공시효 처리를 실시한 마그네슘 합금부재.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 소성가공 후에, 450~510℃의 처리 온도로 0.08시간 이상 유지하는 용체화 처리를 실시한 후, 150~250℃의 처리 온도로 0.3시간 이상 유지하는 인공시효 처리를 실시한 마그네슘 합금부재.

청구항 4

질량%로, 칼슘을 0.3~10%, 알루미늄을 0.2~15%, 망간을 0.05~1.5% 함유하고, 칼슘/알루미늄의 질량비가 0.6~1.7이며, 잔부가 마그네슘 및 불가피 불순물로 이루어지는 마그네슘 합금의 주조 소재를 소성가공해서 이루어지고, 실온에 있어서의 0.2% 내력이 300MP a 이상, 150℃에 있어서의 피로 강도가 100MP a 이상인 마그네슘 합금부재.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 소성가공이 압출 가공인 마그네슘 합금부재.

청구항 6

제1항에 기재된 마그네슘 합금부재를 기구 부품에 사용한 에어킨용 압축기.

청구항 7

질량%로, 칼슘을 0.3~10%, 알루미늄을 0.2~15%, 망간을 0.05~1.5% 함유하고, 칼슘/알루미늄의 질량비가 0.6~1.7이며, 잔부가 마그네슘 및 불가피 불순물로 이루어지는 마그네슘 합금의 주조 소재를, 250~500℃에서 소성가공을 행하는 마그네슘 합금부재의 제조 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 소성가공 후에, 용체화 처리 및 인공시효 처리를 행하는 마그네슘 합금부재의 제조 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 소성가공 후에, 450~510℃의 처리 온도로 0.08시간 이상 유지하는 용체화 처리를 행한 후, 150~250℃의 처리 온도로 0.3시간 이상 유지하는 인공시효 처리를 행하는 마그네슘 합금부재의 제조 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 소성가공이 압출 가공인 마그네슘 합금부재의 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 알루미늄, 칼슘, 망간을 함유하는 마그네슘 합금부재, 해당 마그네슘 합금부재를 기구 부품에 사용한 에어컨(air conditioners)용 압축기, 및, 상기 마그네슘 합금부재의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자동차 부품에 있어서, 경량화를 위해, 저(低)비중인 마그네슘 합금을 사용하는 경우가 있다. 종래, 마그네슘 합금의 적용 부품은, 고강도나 내열성이 요구되지 않는 케이싱이나 커버 등의 부품이 주된 것이었다. 그러나, 강도나 내열성을 향상시킨 마그네슘 합금이 개발되고 있다.

[0003] 예컨대, 특허문헌 1~3에는, 주조성(castability) 및 내열성(heat resistance)을 향상시킨 마그네슘 합금이 개시되며, 특허문헌 4에는, 고온에서의 강도(strength) 및 단조성(forgeability)을 향상시킨 마그네슘 합금이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) 일본 특허공개공보 제2004-232060호
- (특허문헌 0002) 일본 특허공개공보 제2007-197796호
- (특허문헌 0003) 일본 특허공개공보 제2004-162090호
- (특허문헌 0004) 일본 특허공개공보 제2000-104137호
- (특허문헌 0005) 일본 특허공개공보 제2000-109963호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그런데, 자동차 에어컨용 압축기는, 엔진 근방에 설치되어, 폭로 온도가 100~150℃ 정도가 된다. 이 때문에, 압축기의 부품소재에는 내열성이 요구되며, 더욱이, 압축기에 있어서의 압축을 담당하는 기구 부품에서는, 고온에서의 높은 피로 강도(fatigue strength)가 요구된다.

[0006] 그러나, 특허문헌 1~3에 개시되는 마그네슘 합금은 주조(casting)용이기 때문에, 기계적 강도가 불충분하여, 압축기와 같은 고온에서의 고강도가 요구되는 부품에는 적용할 수 없다.

[0007] 또한, 특허문헌 4, 5에 개시되는 마그네슘 합금은, 강도 및 단조성이 뛰어나다고 해도, 고온 피로 강도에 관한 검증이 없어, 압축기의 기구 부품에 대한 적용 가능성이 불확실했다.

[0008] 더욱이, 마그네슘 합금에 고가인 희소금속(rare metal)을 첨가하면, 마그네슘 합금의 강도를 올릴 수 있지만, 이 경우, 가격 상승으로 되어, 압축기의 기구 부품의 소재로서는 적합하지 않다.

[0009] 따라서, 본 발명은, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품에 적용가능한 기계적 강도 및 고온에서의 피로 강도를 출현가능한, 마그네슘 합금부재 및 마그네슘 합금부재의 제조 방법을 제공하는 것, 및, 필요한 기계적 강도 및 고온에서의 피로 강도를 구비한 마그네슘 합금체의 기구 부품을 구비한 에어컨용 압축기를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위해서, 본 발명은, 질량%로, 칼슘을 0.3~10%, 알루미늄을 0.2~15%, 망간을 0.05~1.5% 함유하고, 칼슘/알루미늄의 질량비가 0.6~1.7이며, 잔부(殘部)가 마그네슘 및 불가피 불순물로 이루어지는 마그네슘 합금의 주조 소재를, 250~500℃로 소성가공(plastic working)하는 것을 특징으로 한다.

- [0011] 칼슘(C a)과 알루미늄(A l)의 쌍방을 첨가함으로써, Mg-C a계 화합물과, Mg-A l-C a계 화합물이 입계(grain boundaries)에 정출(晶出)되어, 실온에서의 기계적 강도 및 내열성이 향상한다.
- [0012] 이들의 정출물은, C a/A l의 질량비가 변함으로써 변화되고, 특히, C a/A l의 질량비를 0.6~1.7로 한 경우, Mg-C a계 화합물인 Mg₂C a과, Mg-A l-C a계 화합물인 (Mg, A l)₂C a이 동시에 정출되어, 기계적 강도와 내열성의 향상에 큰 효과가 있다.
- [0013] 한편, C a/A l의 질량비가 1.7보다도 커지면, Mg₂C a만, 혹은, 약간의 (Mg, A l)₂C a이 정출될 정도이며, 기계적 강도의 향상 효과는 기대할 수 없다. 또한, C a/A l의 질량비가 0.6보다도 작아지면, Mg-A l계 화합물인 β-Mg₁₇A l₁₂이 정출되어, 내열성에 악영향을 미친다.
- [0014] 또한, 망간(Mn)을 소량 첨가함으로써, 결정 입자직경이 미세화하여, 기계적 강도가 향상한다. 망간(Mn)의 첨가량은, 0.05~1.5%의 범위가 적절하며, 이 범위를 벗어나면, 결정 입자직경의 미세화의 효과가 낮아져, 기계적 강도의 향상 효과는 기대할 수 없다.
- [0015] 그리고, 상기 조성의 마그네슘 합금으로 이루어지는 주조(鑄造) 소재에, 250~500℃로 소성가공을 실시하면, 고온에서의 높은 피로 강도를 출현가능하다. 그리고, 250~500℃에서의 소성가공 후의 마그네슘 합금부재는, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품에 요구되는 기계적 강도 및 고온에서의 피로 강도인, 실온에 있어서의 0.2% 내력(耐力)이 300MP a 이상, 150℃에 있어서의 피로 강도가 100MP a 이상을 출현시킨다.
- [0016] 한편, 소성가공의 온도가 250℃를 하회(下回)하면, 충분한 왜곡량(strain amount)을 확보할 수 없기 때문에 성형이 불가능하며, 크랙(cracks) 등이 발생하고, 또한, 500℃를 상회하면, 고온 산화나 부분적인 용해가 발생하며, 피로 강도의 향상 효과는 기대할 수 없다.
- [0017] 여기서, 상기 소성가공 후에, 용체화 처리(solution heat treatment) 및 인공시효 처리(artificial aging treatment)를 실시할 수 있고, 바람직하게는, 소성가공 후에, 450~510℃의 처리 온도에 0.08시간 이상 유지하는 용체화 처리를 실시한 후, 150~250℃의 처리 온도에 0.3시간 이상 유지하는 인공시효 처리를 실시하는 것이 바람직하다.
- [0018] 용체화 가열의 처리 온도가 450~510℃의 범위이면, 입계 및 입자 내부가 미세한 석출물에 의해 강화되어, 국소 변형이 억제되며, 균일 변형 영역이 커지기 때문에, 고온에서의 가공 연화(軟化)가 일어나기 어려워져, 고온 피로 강도가 향상한다.
- [0019] 용체화 가열의 처리 온도가 450℃를 하회하면, 고용체(solid solution)가 형성되기 어려워져, 입계 및 입자 내부의 석출물의 양이 저하하며, 적절한 상태로 되지 않아, 고온 피로 강도의 향상은 기대할 수 없다. 한편, 용체화 가열의 처리 온도가 510℃를 상회하면, 합금의 일부가 용융하는 버닝(burning)이 발생하여, 기공 결함(pore defects)이 생긴다.
- [0020] 또한, 용체화 가열의 처리 시간은, 0.08시간을 하회하면, 충분한 용체화 처리를 할 수 없으므로, 유지시간은 0.08시간보다도 긴 것이 바람직하다.
- [0021] 또한, 담금질(hardening)에 사용하는 냉각은, 온수이어도 좋고, 얼마간의 첨가제를 가한 것이어도 좋으며, 공지의 담금질용의 냉각이면 다양한 것을 적용할 수 있다.
- [0022] 인공시효 처리에 있어서의 처리 온도가 150℃를 하회하면, 적절한 경도(hardness)로 향상시키기 위해서 처리 시간이 길어지며, 처리 온도가 250℃를 상회하면, 경도 및 강도가 저하하므로, 인공시효 처리에 있어서의 처리 온도는, 150~250℃의 범위로 하는 것이 바람직하다.
- [0023] 또한, 인공시효 처리의 유지시간이 0.3시간을 하회하면, 충분한 시효 경화가 얻어지지 않으므로, 인공시효 처리에 있어서의 유지시간은, 0.3시간 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0024] 상기 소성가공으로서, 압출 가공(extrusion processing)을 실시할 수 있고, 압출 가공을 250~500℃에서 행하면, 크랙이나 표면 산화를 억제하면서, 피로 강도를 향상시킬 수 있다.
- [0025] 또한, 상기의 마그네슘 합금부재를, 에어컨용 압축기의 기구 부품에 사용할 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 본 발명에 의하면, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품에 적용가능한 기계적 강도 및 고온에서의 피로 강도,

구체적으로는, 실온의 0.2% 내력이 300MP a 이상, 150℃의 피로 강도가 100MP a 이상을 출현가능한 마그네슘 합금부재를 제공할 수 있다. 또한, 이러한 마그네슘 합금부재를 기구 부품에 사용한 에어컨용 압축기를 제공할 수 있다.

[0027] 그리고, 본 발명에 의하면, 고강도 알루미늄 합금과 거의 동등한 기계적 강도 및 고온 피로 강도를 마그네슘 합금부재에 있어서 출현가능하기 때문에, 고강도 알루미늄 합금에 비해서 저비용인 마그네슘 합금부재로의 치환이 가능하게 되어, 자동차 에어컨용 압축기의 대폭적인 중량 저감을 실현할 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 발명의 실시 형태를 상세하게 설명한다.

[0029] 표 1은, 마그네슘 합금에 있어서의 알루미늄(A l), 칼슘(C a), 망간(M n)의 함유율(질량%) 을 변경한 복수 종의 시료 각각에 있어서의 실온, 예컨대 10~35℃에서의 인장강도(MP a) 및 0.2% 내력(MP a)을 나타낸다.

[0030] 표 1의 「판정」은, 0.2% 내력이, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품에 요구되는 값인 300MP a 이상인 것을 ○표시로 나타내고, 0.2% 내력이 300MP a 미만인 것을 ×표시로 나타내는 것이다.

[0031] 0.2% 내력의 요구 값으로서의 300MP a은, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품에 이용되고 있는, 용체화 처리 후에 인공시효 처리를 실시하는 T6처리가 실시된 알루미늄 합금 단조재의 0.2% 내력을 기준으로서 설정했다.

[0032] 표 1의 결과를 얻은 시료는, 표 중의 함유율로 한 마그네슘 합금의 주조품을 제작하고, 이 주조 소재에 소성가공, 구체적으로는, 열간 간접 압출 가공(hot indirect extrusion processing)을 실시한 것이며, 열처리(T6처리)를 실시하지 않은 것이다.

[0033] 보다 상세하게는, 합금 용체(alloy melting)는 전기 저항로(electric resistance furnace)를 이용하여 대기 중에서 행하고, 용탕(molten metal)의 산화 방지에는, S F₆과 C O₂의 혼합 가스를 이용했다. 그리고, 교반(攪拌) 후에, C a 첨가시의 산화물 제거를 위해 A r 가스를 흘려보내서 버블링(bubbling)을 행하며, 300℃로 가열한 빌렛용 금형(billet mold)에 주입(鑄入)하여, 주조 소재를 제작했다.

[0034] 또한, 간접 압출 가공에는 유압 프레스기를 이용하여, 350℃로 가열한 금형 중에, 압출 가공용의 시료를 투입하고, 10분간 유지하고 나서, 압출비(比)를 20으로 한 압출 가공을 개시하였다. 한편, 압출비란, 소성가공 전의 단면적/소성가공 후의 단면적이다.

[0035] 또한, 압출재의 인장특성을 평가하기 위한 인장시험(tensile test)에 있어서는, 만능시험기(universal tester)를 이용하였다. 또한, 압출 방향과 하중 부하 방향(load applying direction)이 평행하게 되도록 시험편을 채취하고, 시험부 지름 4mm, 평점 거리(gauge length) 20mm의 J I S 14A호 시험편을 제작했다. 더욱이, 시험 속도는, 초기 왜곡 속도(initial strain rate) $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 으로 했다.

[0036] 표 1의 최하단은, J I S 규정 소재인 A l 합금 단조재(A4032-T6)에서의 인장강도(MP a) 및 0.2% 내력(MP a)을 참고값으로서 나타내고 있다. 또한, 표 중의 「판정」은, 이 A l 합금 단조재(A4032-T6)의 0.2% 내력인 300MP a 이상인지 여부를 나타낸다.

[0037] 표 1에 있어서, 실시예 1~11의 시료는, 칼슘(C a)을 0.3~10%, 알루미늄(A l)을 0.2~15%, 망간(M n)을 0.05~1.5% 함유하고, 칼슘(C a)/알루미늄(A l)의 질량비가 0.6~1.7이며, 잔부가 마그네슘(M g) 및 불가피 불순물로 이루어지는 마그네슘 합금의 주조 소재에, 350℃의 소성가공(압출 가공)을 실시한 것이다.

[0038] 한편, 비교예 1~7의 시료는, 칼슘(C a)의 함유율, 알루미늄(A l)의 함유율, 망간(M n)의 함유율, 칼슘(C a)/알루미늄(A l)의 질량비의 중 적어도 하나가, 상기 범위에서 벗어나 있는 마그네슘 합금의 주조 소재에, 350℃의 소성가공(압출 가공)을 실시한 것이다.

[0039] 한편, 표 1에 있어서의 「C a+A l」은, 칼슘(C a)과 알루미늄(A l)의 합계의 질량%을 나타낸다.

[0040] 표 1에 나타낸 바와 같이, 칼슘(C a)의 함유율=0.3~10%, 알루미늄(A l)의 함유율=0.2~15%, 망간(M n)의 함유율=0.05~1.5%, 칼슘(C a)/알루미늄(A l)의 질량비 0.6~1.7을 충족시키는 실시예 1~7의 시료는, 모두 0.2% 내력이 요구 값인 300MP a 이상이며, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품에 요구되는 기계적 강도를 충족시키고 있어, 압축기의 기구 부품으로서 이용할 수 있는 것을 나타내고 있다.

- [0041] 이에 대하여, 칼슘(Ca)의 함유율이 0.3~10%의 범위를 벗어나는 비교예 1 및 비교예 4, 또한, 알루미늄(Al)의 함유율이 0.2~15%의 범위를 벗어나는 비교예 2 및 비교예 3에서는, 0.2% 내력이 요구 값인 300MPa를 하회하고, 압축기의 기구 부품으로서 이용할 수 없는 것을 나타내고 있다.
- [0042] 또한, 칼슘(Ca)의 함유율 및 알루미늄(Al)의 함유율이, 0.2~15%의 범위내이더라도, 비교예 5 및 비교예 6과 같이, 칼슘(Ca)/알루미늄(Al)의 질량비가 0.6~1.7의 범위를 벗어나면, 0.2% 내력이 요구 값인 300MPa를 하회하여, 압축기의 기구 부품으로서 이용할 수 없는 것을 나타내고 있다.
- [0043] 더욱이, 칼슘(Ca)의 함유율 및 알루미늄(Al)의 함유율이 0.3~10%의 범위내이며, 또한, 칼슘(Ca)/알루미늄(Al)의 질량비가 0.6~1.7의 범위내이더라도, 망간(Mn)을 함유하지 않는 비교예 7에서는, 0.2% 내력이 요구 값인 300MPa를 하회하여, 압축기의 기구 부품으로서 이용할 수 없는 것을 나타내고 있다.
- [0044] 즉, 상기 인장시험의 결과로부터, 칼슘(Ca)의 함유율=0.3~10%, 알루미늄(Al)의 함유율=0.2~15%, 망간(Mn)의 함유율=0.05~1.5%, 칼슘(Ca)/알루미늄(Al)의 질량비=0.6~1.7을 만족하는 마그네슘 합금인 것이, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품에 요구되는 기계적 강도, 구체적으로는, 0.2% 내력이 300MPa 이상을 얻기 위한 조건으로 되는 것을 알 수 있다.
- [0045] 칼슘(Ca)과 알루미늄(Al)의 쌍방을 첨가함으로써, Mg-Ca계 화합물과, Mg-Al-Ca계 화합물이 입계에 정출되어, 실온에서의 기계적 강도 및 내열성이 향상한다. 실시예 1~11과 같이, 칼슘(Ca)/알루미늄(Al)의 질량비를 0.6~1.7로 한 경우, Mg-Ca계 화합물인 Mg₂Ca과, Mg-Al-Ca계 화합물인 (Mg, Al)₂Ca이 동시에 정출되어, 기계적 강도와 내열성이 향상한 것이라고 추정된다.
- [0046] 이에 대하여, 비교예 6과 같이, 칼슘(Ca)/알루미늄(Al)의 질량비가 1.7보다도 커지면, Mg₂Ca만, 혹은, 약간의 (Mg, Al)₂Ca이 정출될 정도가 됨으로써, 기계적 강도를 충분히 향상시킬 수 없다. 또한, 비교예 5와 같이, 칼슘(Ca)/알루미늄(Al)의 질량비가 0.6보다도 작아지면, Mg-Al계 화합물인 β-Mg₁₇Al₁₂이 정출되어, 내열성에 악영향을 미친 것으로 추정된다.
- [0047] 또한, 비교예 7과 같이, 칼슘(Ca)/알루미늄(Al)의 질량비를 0.6~1.7의 범위내로 하여도, 망간(Mn)을 첨가하지 않는 경우에는 기계적 강도가 부족하다. 이에 대하여, 실시예 1~11과 같이, 망간(Mn)을 소량 첨가함으로써, 0.2% 내력을 300MPa 이상으로 할 수 있다. 이것은, 망간(Mn)을 소량 첨가함으로써, 결정 입자직경이 미세화하며, 기계적 강도가 향상한 것으로 추정된다. 망간(Mn)의 첨가량은, 0.05~1.5%의 범위가 적절하며, 이 범위를 벗어나면, 결정 입자직경의 미세화의 효과가 낮아지며, 기계적 강도의 향상 효과는 기대할 수 없다.

표 1

	Ca [wt%]	Al [wt%]	Mn [wt%]	Ca/Al [-]	Ca+Al [wt%]	인장강도 [MPa]	0.2%내력 [MPa]	판정
실시예 1	0.34	0.54	0.29	0.63	0.86	328	312	○
실시예 2	1.5	2.4	0.23	0.63	3.9	280	335	○
실시예 3	3.3	3.7	0.33	0.89	7	349	330	○
실시예 4	5	5	0.31	0.60	8	340	330	○
실시예 5	5.8	8.1	0.36	0.72	13.9	339	321	○
실시예 6	7.6	6.8	0.39	1.12	14.4	327	319	○
실시예 7	9.4	8.2	0.43	1.15	17.6	321	310	○
실시예 8	9.2	5.8	0.24	1.59	15	322	309	○
실시예 9	3.8	14.5	0.37	0.28	18.3	318	304	○
실시예 10	3.7	3.9	0.06	0.95	7.6	329	318	○
실시예 11	0.33	0.23	0.28	1.43	0.56	321	304	○
비교예 1	0.23	0.3	0.21	0.77	0.53	320	286	×
비교예 2	0.31	0.19	0.18	1.63	0.5	313	265	×
비교예 3	9.7	15.4	0.33	0.63	25.1	326	297	×
비교예 4	11.6	14.2	0.24	0.62	25.8	263	231	×
비교예 5	3.3	6.8	0.25	0.49	10.1	298	272	×
비교예 6	8.1	3.4	0.21	1.79	9.5	311	269	×
비교예 7	3.2	3.7	0	0.86	6.9	304	278	×
A4032-T8						350	300	—

- [0048]
- [0049] 표 2는, 표 1에 나타낸 실시예 3의 함유율, 즉, 칼슘(Ca)을 3.3%, 알루미늄(Al)을 3.7%, 망간(Mn)을 0.33%, 칼슘(Ca)/알루미늄(Al)의 질량비가 0.89, 칼슘(Ca)과 알루미늄(Al)의 합계를 7%로 한 마그네슘 합금의 주조 소재를 시료로 한다. 그리고, 이 주조 소재에 실시한 압출 가공(소성가공)에 있어서의 압출비 및 압출 온도를 복수 종류로 다르게 하며, 압출 가공 후의 시료 각각에 있어서의 0.2% 내력을 구한 시험 결과를 나타낸다.
- [0050] 표 2에 나타내는 시험에서는, 압출비를 10, 20, 40, 60의 4종류로 설정했지만, 각각의 압출비에 있어서의 압출 온

도가, 250~500℃의 범위 내이면, 크랙이나 표면 산화가 발생하지 않고, 0.2% 내력이 요구 값인 300MP a을 상회했다.

[0051] 이에 대하여, 압출비를 20으로 했을 때에, 압출 온도를 250~500℃의 범위를 하회하는 230℃로 하면 크랙이 발생해서 기계적 강도가 얻어지지 않고, 또한, 압출 온도를 250~500℃의 범위를 상회하는 517℃로 하면, 표면 산화가 발생하며, 0.2% 내력이 요구 값인 300MP a을 하회하였다.

[0052] 즉, 소성가공(압출 가공)의 온도를, 250~500℃의 범위 내로 함으로써, 300MP a 이상의 0.2% 내력을 출현가능한 것을 알 수 있다. 소성가공의 온도가 250℃를 하회할 경우에는, 충분한 왜곡량을 확보할 수 없기 때문에 성형이 불가능하며, 크랙 등이 발생한다. 또한, 소성가공의 온도가 500℃를 상회할 경우에는, 고온 산화나 부분적인 용해가 발생함으로써, 피로 강도의 향상 효과는 기대할 수 없다.

표 2

성분	압출비 [-]	온도 [°C]	0.2%내력 [MPa]	판정	비고
실시예 3	10	350	311	○	
	20	350	330	○	
	20	230	—	x	크랙
	20	470	308	○	
	20	517	278	x	표면 산화
	20	280	303	○	
	50	350	334	○	
	60	400	339	○	
	60	300	342	○	

[0053]

[0054] 표 3은, 250~500℃의 소성가공 후(압출 가공 후)에, 열처리(T6처리)를 실시한 경우와, 열처리(T6처리)를 실시하지 않은 경우에서, 각각 150℃ 피로 강도(고온 피로 강도)를 측정한 결과를 나타낸다.

[0055] 한편, 시료로서는, 표 1에 나타낸 실시예 3의 함유율, 즉, 칼슘(C a)을 3.3%, 알루미늄(A l)을 3.7%, 망간(M n)을 0.33%, 칼슘(C a)/알루미늄(A l)의 질량비가 0.89, 칼슘(C a)과 알루미늄(A l)의 합계를 7%로 한 마그네슘 합금의 주조 소재를, 압출비를 20, 압출 온도를 350℃로 하여 압출 가공한 것을 이용하였다.

[0056] 더욱이, 표 3에는, 비교 대상으로서, J I S 규정 소재인 A l 합금 단조재(A4032-T6)에 있어서의 150℃ 피로 강도를 나타내고 있다. 상술한 바와 같이, A l 합금 단조재(A4032-T6)는, 자동차 에어컨용 압축기에 이용되고 있기 때문에, 이 A4032-T6의 150℃ 피로 강도(100MP a)이상의 150℃ 피로 강도를 출현가능하다면, A4032-T6를 대신하는 부재로서 이용할 수 있게 된다.

[0057] 표 3의 피로 강도를 얻은 피로 시험(회전 벤딩 시험, rotary bending test) 및 피로 강도의 산출은, 일본 기계학회편 「일본 기계학회기준 통계적 피로 시험 방법(개정판)J S M E S-002-1994」에 준해서 행하고, 시험 온도 150℃, 회전수 3000rpm, 주파수 50Hz, 응력비 R=-1에서 행하였다. 표 3의 피로 강도는, 10⁷회에서의 결과이다.

[0058] 피로 시험에 이용한 시험편은, 환봉형(rod-type) 시험편이며, 척부(chuck portion)의 지름을 8.5mm, 파단부(breaking portion)의 지름을 4mm로 하여, 압출 방향과 하중 부하 방향이 수직이 되도록 채취하고, 파단부는, 절삭에 의한 기다란 자국(streaks)의 영향을 없애기 위해서, 내수 연마지(waterproof abrasive paper)로 연마한 후, 마무리로 버프(buffing) 연마하였다.

[0059] 또한, T6처리로서, 횡형 관상로(horizontal tubular furnace)를 이용해서 500℃의 A r 가스 기류 중에 30분(0.5시간) 유지하는 용체화 처리 후, 180℃의 오일배스(oil bath)를 이용해서 2시간의 인공시효 처리를 실시하였다. 한편, 열처리 시간(유지시간)은, 시료를 투입하고 나서의 시간이다.

[0060] 표 3에 나타낸 바와 같이, A4032-T6의 150℃ 피로 강도가 100MP a인 것에 대하여, 250~500℃의 온도로 소성가공, 구체적으로는, 350℃에서의 압출 가공을 행한 후, 열처리(T6처리)를 행하지 않은 마그네슘 합금부재의 150℃ 피로 강도는 117MP a인 것에 대하여, 동일한 소재로 동일한 소성가공을 실시한 후에, 더욱이 열처리(T6처리)를 실시한 마그네슘 합금부재의 150℃ 피로 강도는 132MP a이었다.

[0061] 즉, 칼슘(C a)의 함유율=0.3~10%, 알루미늄(A l)의 함유율=0.2~15%, 망간(M n)의 함유율=0.05~1.5%, 칼슘(C a)/알루미늄(A l)의 질량비=0.6~1.7인 마그네슘 합금의 주조 소재에 대하여, 250~500℃의 소성가공을 실시하면, 열처리(T6처리)를 실시하지 않아도 A4032-T6를 상회하는 150℃ 피로 강도를 출현가능하다. 그리고, 열처리

(T6처리)를 실시하면, 열처리(T6처리)를 실시하지 않은 경우에 비해서 150℃ 피로 강도를 더욱 향상시킬 수 있다.

[0062] 환언하면, 칼슘(C a)의 함유율=0.3~10%, 알루미늄(A l)의 함유율=0.2~15%, 망간(M n)의 함유율=0.05~1.5%, 칼슘(C a)/알루미늄(A l)의 질량비=0.6~1.7인 마그네슘 합금의 주조 소재에 대하여, 250~500℃의 소성가공을 실시하여 형성한 마그네슘 합금부재는, 열처리(T6처리)를 실시하지 않아도, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품에 이용할 수 있는 실온에서의 0.2% 내력 및 고온에서의 피로 강도, 구체적으로는, 300MP a 이상의 실온 0.2% 내력 및 100MP a 이상의 150℃ 피로 강도를 출현가능하며, 더욱이, 열처리(T6처리)를 실시하면, 고온에서의 피로 강도가 보다 강해진다.

[0063] 따라서, 고강도 알루미늄 합금을 이용하고 있었던 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품을, 마그네슘 합금부재로 형성할 수 있고, 이것에 의해 압축기의 대폭적인 중량 저감을 실현할 수 있다.

표 3

성분 · T6 처리	150℃ 회전 밴딩 피로강도 [MPa]
실시예3 T6 처리있음	132
실시예3 T6 처리없음	117
A4032 단조품 T6 처리있음	100

[0064]

[0065] 그런데, 열처리(T6처리)에서는, 소성가공(압출 가공) 후에 행하는 용체화 처리에 있어서, 450~510℃의 처리 온도로 0.08시간 이상 유지하는 것이 바람직하고, 또한, 담금질 처리 후에 행하는 인공시효 처리에 있어서, 150~250℃의 처리 온도로 0.3시간 이상 유지하는 것이 바람직하다.

[0066] 용체화 가열의 처리 온도가 450~510℃의 범위이면, 입계 및 입자 내부가 미세한 석출물에 의해 강화되어, 국소 변형이 억제되며, 균일 변형 영역이 커지기 때문에, 고온에서의 가공 연화가 일어나기 어려워져, 고온 피로 강도를 향상시킬 수 있다.

[0067] 이에 대하여, 용체화 가열의 처리 온도가 450℃를 하회하면, 고용체가 형성되기 어려워져, 입계 및 입자 내의 석출물이 저하하며, 적절한 상태로 되지 않아, 고온 피로 강도의 향상은 기대할 수 없다. 한편, 용체화 가열의 처리 온도가 510℃를 상회하면, 합금의 일부가 용융하는 버닝이 생겨, 기공 결함이 생겨버린다.

[0068] 또한, 용체화 가열의 처리 시간은, 0.08시간을 하회하면, 충분한 용체화 처리를 할 수 없으므로, 유지시간은 0.08시간보다도 긴 것이 바람직하다.

[0069] 또, 인공시효 처리에 있어서의 처리 온도가 150℃를 하회하면, 적절한 정도로 향상시키기 위해서 처리 시간이 길어지며, 처리 온도가 250℃를 상회하면, 경도 및 강도가 저하해버리므로, 인공시효 처리에 있어서의 처리 온도는, 150~250℃의 범위로 하는 것이 바람직하다.

[0070] 또한, 인공시효 처리의 유지시간이 0.3시간을 하회하면, 충분한 시효 경화가 얻어지지 않으므로, 인공시효 처리에 있어서의 유지시간은, 0.3시간 이상으로 하는 것이 바람직하다.

[0071] 표 3의 결과를 얻은 열처리(T6처리)에 있어서의 온도 및 유지시간은, 상술한 온도범위 및 시간범위를 만족하고 있다.

[0072] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 관한 마그네슘 합금부재 및 마그네슘 합금부재의 제조 방법에 의하면, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품에 요구되는, 실온에 있어서의 0.2% 내력이 300MP a 이상, 150℃에 있어서의 피로 강도가 100MP a 이상을 출현가능하여, 종래 사용하고 있었던 A l 합금 단조재 A4032와 치환하여 이용할 수 있다.

[0073] 그리고, 마그네슘 합금부재의 비중은, A l 합금 단조재 A4032보다도 작으므로, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품을, 마그네슘 합금으로 형성하면, 압축기의 중량을 크게 저감할 수 있어, 차량의 경량화, 나아가서는 연비 성능의 개선에 기여할 수 있다.

[0074] 본 발명에 관한 마그네슘 합금부재 및 마그네슘 합금부재를 적용하는 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품으로

서는, 사판식 압축기용 슈(shoes for swash plate compressors)나 피스톤, 및, 스크롤식 압축기용 나선체(spiral bodies for scroll type compressors) 등이 있다.

[0075] 한편, 본 발명에 관한 마그네슘 합금부재 및 마그네슘 합금부재의 제조 방법은, 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품에 적용하는 것을 전제로 하여 개발된 것이지만, 적용 대상을 자동차 에어컨용 압축기의 기구 부품으로 한정하는 것이 아니고, 정치식 에어컨(stationary air conditioners)용 압축기의 기구 부품에 적용하는 것도 가능하다.

[0076] 또한, 소성가공을 압출 가공으로 한정하는 것도 아니며, 단조 가공(forging), 압연 가공(rolling), 인발 가공(drawing processing) 등이어도 좋다.