



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0092811
(43) 공개일자 2014년07월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 9/00 (2006.01) C22F 1/08 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7009375
(22) 출원일자(국제) 2012년11월06일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년04월09일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2012/078688
(87) 국제공개번호 WO 2013/073412
국제공개일자 2013년05월23일
(30) 우선권주장
JP-P-2011-248731 2011년11월14일 일본(JP)

(71) 출원인
미쓰비시 마테리알 가부시기가이샤
일본국 도쿄도 지요다쿠 오테마치 1초메 3방 2고
(72) 발명자
마키 가즈나리
일본 사이타마켄 기타모토시 시모이시토카미
1975-2 미쓰비시 마테리알 가부시기가이샤 줌오겐
큐쇼 긴조쿠가쿄우푸로세스가이하르센타 나이
이토 유키
일본 사이타마켄 기타모토시 시모이시토카미
1975-2 미쓰비시 마테리알 가부시기가이샤 줌오겐
큐쇼 긴조쿠가쿄우푸로세스가이하르센타 나이
(74) 대리인
특허법인코리어나

전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재

(57) 요약

제 1 ~ 3 양태에 관련된 구리 합금은, Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하를 함유하며, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이고, 산소량이 500 원자ppm 이하이다. 또한, 이하의 요건 (a), (b) 중 어느 일방 또는 양방을 갖는다.

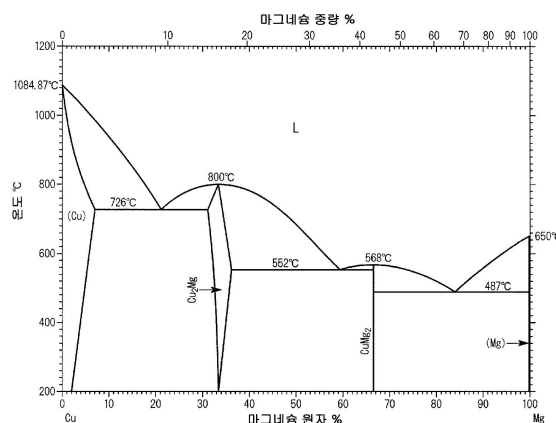
(a) Mg 의 함유량을 X 원자% 로 했을 때에, 도전율 σ (% IACS) 이 이하의 식 (1) 을 만족시킨다.

$$\sigma \leq \{1.7241/(-0.0347 \times X^2 + 0.6569 \times X + 1.7)\} \times 100 \cdots (1)$$

(b) 입경 0.1 μm 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 1 개/ μm^2 이하이다.

제 4 양태에 관련된 구리 합금은, 추가로 적어도 Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 에서 선택되는 1 종 이상을 합계로 0.01 원자% 이상 3.0 원자% 이하의 범위로 함유하고 또한 요건 (b) 를 만족시킨다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하며, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이고, 산소량이 500 원자ppm 이하이고,

Mg 의 함유량을 X 원자% 로 했을 때에, 도전율 σ (% IACS) 이 이하의 식 (1) 을 만족시키는 것을 특징으로 하는 구리 합금.

$$\sigma \leq \{1.7241/(-0.0347 \times X^2 + 0.6569 \times X + 1.7)\} \times 100 \cdots (1)$$

청구항 2

Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하며, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이고, 산소량이 500 원자ppm 이하이고,

주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 0.1 μm 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 1 개/ μm^2 이하인 것을 특징으로 하는 구리 합금.

청구항 3

Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하며, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이고, 산소량이 500 원자ppm 이하이고,

Mg 의 함유량을 X 원자% 로 했을 때에, 도전율 σ (% IACS) 이 이하의 식 (1) 을 만족시키고,

주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 0.1 μm 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 1 개/ μm^2 이하인 것을 특징으로 하는 구리 합금.

$$\sigma \leq \{1.7241/(-0.0347 \times X^2 + 0.6569 \times X + 1.7)\} \times 100 \cdots (1)$$

청구항 4

Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하고, 추가로 적어도 Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 에서 선택되는 1 종 이상을 합계로 0.01 원자% 이상 3.0 원자% 이하의 범위로 함유하며, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이고,

산소량이 500 원자ppm 이하이고,

주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 0.1 μm 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 1 개/ μm^2 이하인 것을 특징으로 하는 구리 합금.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 기재된 구리 합금으로 이루어지는 구리 소재를 소성 가공함으로써 성형된 것을 특징으로 하는 구리 합금 소성 가공재.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 기재된 구리 합금의 합금 조성을 갖는 구리 소재를 제조하는 용해·주조 공정과, 상기 구리 소재를 400 $^{\circ}\text{C}$ 이상 900 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도까지 가열하는 가열 공정과, 가열된 상기 구리 소재를 200 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이상의 냉각 속도로 200 $^{\circ}\text{C}$ 이하로까지 냉각시키는 급랭 공정과, 급랭된 상기 구리 소재를 소성 가공하는 소성 가공 공정을 구비한 제조 방법에 의해 성형된 것을 특징으로 하는 구리 합금 소성 가공재.

청구항 7

제 5 항 또는 제 6 항에 있어서,

막대, 선, 관, 판, 스트립 및 띠에서 선택되는 형상을 갖는 장치체인 것을 특징으로 하는 구리 합금 소성 가공재.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 예를 들어, 기계 부품, 전기 부품, 일용품, 건재 등에 사용되는 구리 합금 및 이 구리 합금으로 이루어지는 구리 소재를 소성 가공함으로써 성형된 구리 합금 소성 가공재에 관한 것이다.

[0002] 본원은, 2011년 11월 14일에 일본에 출원된 일본 특허출원 2011-248731호에 기초하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

배경기술

[0003] 종래, 기계 부품, 전기 부품, 일용품, 건재 등의 소재로서 구리 합금 소성 가공재가 사용되고 있다. 이 구리 합금 소성 가공재는, 주괴(鑄塊) 등에 대해 압연, 와이어 드로잉, 압출, 홈 압연, 단조, 프레스 등의 소성가공을 실시함으로써 성형된다.

[0004] 특히, 제조 효율화의 관점에서, 기계 부품, 전기 부품, 일용품, 건재 등의 소재로서 구리 합금의 막대, 선, 관, 판, 스트립, 띠 등의 장치체가 사용되고 있다.

[0005] 막대는, 예를 들어, 소켓, 부시, 볼트, 너트, 축, 캠, 샤프트, 스핀들, 밸브, 엔진 부품, 저항 용접용 전극 등의 소재로서 사용되고 있다.

[0006] 선은, 예를 들어, 접점, 저항, 로봇용 배선, 자동차용 배선, 트롤리 선, 핀, 스프링, 용접봉 등의 소재로서 사용되고 있다.

[0007] 관은, 예를 들어, 급수관, 가스관, 열교환기, 히트 파이프, 브레이크 파이프, 건재 등의 소재로서 사용되고 있다.

[0008] 판 및 스트립은, 예를 들어, 스위치, 릴레이, 커넥터, 리드 프레임, 지붕판, 가스켓, 튜니바퀴, 스프링, 인쇄판, 라디에이터, 다이어프램, 화폐 등의 소재로서 사용되고 있다.

[0009] 띠는, 예를 들어, 태양전지용 인터 커넥터, 마그넷 와이어 등의 소재로서 사용되고 있다.

[0010] 여기서, 이들 막대, 선, 관, 판, 스트립, 띠 등의 장치체(구리 합금 소성 가공재)로서는, 각각의 용도에 따라 각종 조성을 갖는 구리 합금이 사용되고 있다.

[0011] 예를 들어, 전자 기기나 전기 기기 등에 사용되는 구리 합금으로서 비특허문헌 1 에 기재되어 있는 Cu-Mg 합금 및 특허문헌 1 에 기재되어 있는 Cu-Mg-Zn-B 합금 등이 개발되고 있다.

[0012] 이들 Cu-Mg 계 합금에서는, 도 1 에 나타내는 Cu-Mg 계 상태도에서 알 수 있는 바와 같이, Mg 의 함유량이 3.3 원자% 이상인 경우, 용체화 처리와 석출 처리를 실시함으로써, Cu 와 Mg 로 이루어지는 금속간 화합물을 석출시킬 수 있다. 즉, 이들 Cu-Mg 계 합금에 있어서는, 석출 경화에 따라 비교적 높은 도전율과 강도를 갖는 것이 가능하다.

[0013] 또, 트롤리 선 등에 사용되는 구리 합금 소성 가공재로서 특허문헌 2 에 기재되어 있는 Cu-Mg 합금의 드로잉 제품이 제안되어 있다. 이 Cu-Mg 합금은, Mg 의 함유량이 0.01 질량% 이상 0.70 질량% 이하이다. 도 1 에 나타내는 Cu-Mg 계 상태도에서 알 수 있는 바와 같이, 이 Mg 의 함유량은 고용 한도보다 적고, 특허문헌 2 에 기재된 Cu-Mg 합금은, Mg 가 구리의 모상 중에 고용된 고용 강화형의 구리 합금이다.

[0014] 여기서, 비특허문헌 1 및 특허문헌 1 에 기재된 Cu-Mg 계 합금에서는, 모상 중에 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 조대한 금속간 화합물이 많이 분산되어 있다. 이 때문에, 굽힘 가공시에 이들 금속간 화합물이 기점으로 되어 균열 등이 발생하기 쉽다. 이로써, 복잡한 형상의 제품을 성형할 수 없다는 문제가 있었다.

[0015] 또, 특허문헌 2 에 기재된 Cu-Mg 계 합금에서는, Mg 가 구리의 모상 중에 고용되어 있다. 이 때문에, 가공성에 문제는 없지만, 용도에 따라서는 강도가 부족한 경우가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0016] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 평07-018354호
(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2010-188362호

비특허문헌

[0017] (비특허문헌 0001) 호리 시게노리 외 2 명, 「Cu-Mg 합금에 있어서의 입계형 석출」, 신동 (伸銅) 기술 연구회 지 Vol.19 (1980) p.115-124

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명은, 전술한 사정을 감안하여 이루어진 것으로서, 고강도이며 또한 우수한 가공성을 갖는 구리 합금 및 이 구리 합금으로 이루어지는 구리 합금 소성 가공재를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0019] 이 과제를 해결하기 위해서, 본 발명자들은 예의 연구를 실시한 결과, 이하의 지건을 얻었다.

[0020] Cu-Mg 합금을 용체화시키고, 이어서 급랭시킴으로써 제조된 가공 경화형 구리 합금은 Cu-Mg 과포화 고용체로 이루어진다. 이 가공 경화형 구리 합금은 고강도이며 또한 우수한 가공성을 갖는다. 또, 산소량을 저감시킴으로써, 구리 합금의 인장 강도를 향상시킬 수 있다.

[0021] 본 발명은 이러한 지건에 기초하여 이루어진 것이다.

[0022] 본 발명의 제 1 양태에 관련된 구리 합금은, Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하며, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이고, 산소량이 500 원자ppm 이하이다.

[0023] Mg 의 함유량을 X 원자% 로 했을 때에, 도전을 σ (% IACS) 이 이하의 식 (1) 을 만족시킨다.

$$[0024] \sigma \leq \{1.7241/(-0.0347 \times X^2 + 0.6569 \times X + 1.7)\} \times 100 \cdots (1)$$

[0025] 본 발명의 제 2 양태에 관련된 구리 합금은, Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하며, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이고, 산소량이 500 원자ppm 이하이다.

[0026] 주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 0.1 μm 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 1 개/ μm^2 이하이다.

[0027] 본 발명의 제 3 양태에 관련된 구리 합금은, Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하며, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이고, 산소량이 500 원자ppm 이하이다.

[0028] Mg 의 함유량을 X 원자% 로 했을 때에, 도전을 σ (% IACS) 이 이하의 식 (1) 을 만족시킨다.

$$[0029] \sigma \leq \{1.7241/(-0.0347 \times X^2 + 0.6569 \times X + 1.7)\} \times 100 \cdots (1)$$

[0030] 주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 0.1 μm 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 1 개/ μm^2 이하이다.

[0031] 본 발명의 제 4 양태에 관련된 구리 합금은, Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하고, 추가

로 적어도 Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 에서 선택되는 1 종 이상을 합계로 0.01 원자% 이상 3.0 원자% 이하의 범위로 함유하며, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이고, 산소량이 500 원자ppm 이하이다.

[0032] 주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 0.1 μm 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 1 개/ μm^2 이하이다.

[0033] 상기 서술한 제 1, 3 양태에 관련된 구리 합금에 있어서는, 도 1 의 상태도 에 나타내는 바와 같이, Mg 를 고용 한도 이상의 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하고 있고, 또한 Mg 의 함유량을 X 원자% 로 하였을 때, 도전을 σ 이 상기 식 (1) 을 만족시킨다. 그래서, 구리 합금은 Mg 가 모상 중에 과포화로 고용된 Cu-Mg 과포화 고용체로 이루어진다.

[0034] 또는, 제 2, 3, 4 양태에 관련된 구리 합금에 있어서는, Mg 를 고용 한도 이상의 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하고 있고, 또한 주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 0.1 μm 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 1 개/ μm^2 이하이다. 그래서, 금속간 화합물의 석출이 억제되었고, 구리 합금은 Mg 가 모상 중에 과포화로 고용된 Cu-Mg 과포화 고용체로 이루어진다.

[0035] 또한, 입경이 0.1 μm 이상이며, 또한 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수는, 전계 방출형 주사 전자 현미경을 사용하여 배율 : 5 만 배, 시야 : 약 4.8 μm^2 에서 10 시야의 관찰을 실시하여 산출된다.

[0036] 또, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 입경은, 금속간 화합물의 장경과 단경의 평균값으로 한다. 한편, 장경은 도중에 입계에 접하지 않는 조건에서 입자 내에 가장 길게 그을 수 있는 직선의 길이이고, 단경은 장경과 직각으로 교차하는 방향에서, 도중에 입계에 접하지 않는 조건에서 가장 길게 그을 수 있는 직선의 길이이다.

[0037] 이와 같은 Cu-Mg 과포화 고용체로 이루어지는 구리 합금에 있어서는, 모상 중에는, 균열의 기점이 되는 조대한 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 많이 분산되지 않아 가공성이 대폭 향상된다.

[0038] 또, Mg 가 과포화로 고용되어 있기 때문에, 가공 경화에 의해 강도를 대폭 향상시킬 수 있게 된다.

[0039] 그리고, 본 발명의 제 1 ~ 4 양태에 관련된 구리 합금에 있어서는, 산소량이 500 원자ppm 이하이다. 이 때문에, Mg 산화물의 발생량이 억제되고, 인장 강도를 대폭 향상시킬 수 있게 된다. 또, 가공시에, Mg 산화물이 기점이 되는 단선이나 균열의 발생을 억제할 수 있어 가공성을 대폭 향상시킬 수 있다.

[0040] 또한, 이 작용 효과를 확실히 발휘시키기 위해서는, 산소량을 50 원자ppm 이하로 하는 것이 바람직하고, 산소량을 5 원자ppm 이하로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0041] 또한, 본 발명의 제 1 ~ 4 양태에 관련된 구리 합금에 있어서, 적어도 Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 에서 선택되는 1 종 이상을 합계로 0.01 원자% 이상 3.0 원자% 이하의 범위로 함유하는 경우에는, 이들 원소의 작용 효과에 의해 기계적 강도를 대폭 향상시킬 수 있게 된다.

[0042] 본 발명의 일 양태에 관련된 구리 합금 소성 가공체는, 전술한 구리 합금으로 이루어지는 구리 소재를 소성 가공함으로써 성형되어 있다. 또한, 이 명세서에 있어서 소성 가공체란, 어느 하나의 제조 공정에 있어서 소성 가공이 실시된 구리 합금을 말한다.

[0043] 이 일 양태에 관련된 구리 합금 소성 가공체는, 전술한 바와 같이 Cu-Mg 과포화 고용체로 이루어지기 때문에 고강도이며 또한 우수한 가공성을 갖는다.

[0044] 본 발명의 일 양태에 관련된 구리 합금 소성 가공체는, 본 발명의 제 1 ~ 4 양태에 관련된 구리 합금의 합금 조성을 갖는 구리 소재를 제조하는 용해·주조 공정과, 상기 구리 소재를 400 $^{\circ}\text{C}$ 이상 900 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도까지 가열하는 가열 공정과, 가열된 상기 구리 소재를 200 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이상의 냉각 속도로 200 $^{\circ}\text{C}$ 이하로까지 냉각시키는 급랭 공정과, 급랭된 상기 구리 소재를 소성 가공하는 소성 가공 공정을 구비한 제조 방법에 의해 성형된 것이 바람직하다.

[0045] 이 경우, 본 발명의 제 1 ~ 4 양태에 관련된 구리 합금의 합금 조성을 갖는 구리 소재를 용해·주조에 의해 제조한다. 그리고, 상기 구리 소재를 400 $^{\circ}\text{C}$ 이상 900 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도까지 가열하는 가열 공정에 의해 Mg 의 용체화를 실시할 수 있다. 여기서, 가열 온도가 400 $^{\circ}\text{C}$ 미만에서는, 용체화가 불완전해져, 모상 중에 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 많이 잔존할 우려가 있다. 한편, 가열 온도가 900 $^{\circ}\text{C}$ 를 초과하

면, 구리 소재의 일부가 액상이 되어, 조직이나 표면 상태가 불균일해질 우려가 있다. 따라서, 가열 온도를 400 °C 이상 900 °C 이하의 범위로 설정하고 있다. 또한, 이러한 작용 효과를 확실하게 발휘시키기 위해서는, 가열 공정에 있어서의 가열 온도를 500 °C 이상 800 °C 이하의 범위내로 하는 것이 바람직하다.

[0046] 또, 가열된 상기 구리 소재를, 200 °C /min 이상의 냉각 속도로 200 °C 이하로까지 냉각시키는 급랭 공정을 구비하고 있으므로, 냉각 과정에서 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 석출되는 것을 억제할 수 있게 된다. 그래서, 구리 합금 소성 가공재를 Cu-Mg 과포화 고용체로 할 수 있다.

[0047] 또한, 급랭된 구리 소재 (Cu-Mg 과포화 고용체) 에 대해 소성 가공을 실시하는 가공 공정을 구비하고 있으므로, 가공 경화에 의한 강도 향상을 도모할 수 있다. 여기서, 가공 방법은 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어 최종 형태가 판이나 스트립인 경우에는 압연을 채용할 수 있다. 최종 형태가 선이나 막대인 경우에는 와이어 드로잉, 압출 및 홈 압연을 채용할 수 있다. 최종 형태가 벌크 형상인 경우에는 단조나 프레스를 채용할 수 있다. 가공 온도도 특별히 한정되지 않지만, 석출이 일어나지 않도록, 가공 온도는 냉간 또는 온간이 되는 -200 °C 내지 200 °C 의 범위가 되는 것이 바람직하다. 가공물은 최종 형상에 가까워지도록 적절히 선택되지만, 가공 경화를 고려하는 경우에는, 가공률은 20 % 이상이 바람직하고, 30 % 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0048] 또, 본 발명의 일 양태에 관련된 구리 합금 소성 가공재는, 막대, 선, 판, 판, 스트립 및 띠에서 선택되는 형상을 갖는 장치체인 것이 바람직하다.

[0049] 이 경우, 고강도이며 또한 가공성이 우수한 구리 합금 소성 가공재를 효율적으로 제조할 수 있게 된다.

발명의 효과

[0050] 본 발명의 양태에 의하면, 고강도이며 또한 우수한 가공성을 갖는 구리 합금 및 이 구리 합금으로 이루어지는 구리 합금 소성 가공재를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0051] 도 1 은 Cu-Mg 계 상태도이다.

도 2 는 본 실시 형태의 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재의 제조 방법의 플로우도이다.

도 3 은 종래예 2 의 석출물을 관찰한 결과 (전자 회절 패턴) 를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0052] (제 1 실시 형태)

[0053] 이하에, 본 발명의 제 1 실시 형태인 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재에 대해 설명한다. 또한, 구리 합금 소성 가공재는, 구리 합금으로 이루어지는 구리 소재를 소성 가공함으로써 성형된 것이다.

[0054] 제 1 실시 형태의 구리 합금의 성분 조성은, Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하고, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이며, 또한 산소량이 500 원자ppm 이하이다. 즉, 본 실시 형태인 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재는 Cu 와 Mg 의 2 원계 합금이다.

[0055] 그리고, Mg 의 함유량을 X 원자% 로 했을 때에, 도전율 σ (% IACS) 이 이하의 식 (1) 을 만족시킨다.

$$[0056] \sigma \leq \{1.7241/(-0.0347 \times X^2 + 0.6569 \times X + 1.7)\} \times 100 \cdots (1)$$

[0057] 또한, 주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 0.1 μm 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 1 개/ μm^2 이하이다.

[0058] (조성)

[0059] Mg 는, 도전율을 크게 저하시키지 않고 강도를 향상시킴과 함께 재결정 온도를 상승시키는 작용 효과를 갖는 원소이다. 또, Mg 를 모상 중에 고용시킴으로써, 우수한 굽힘 가공성이 얻어진다.

[0060] 여기서, Mg 의 함유량이 3.3 원자% 미만에서는, 그 작용 효과를 발휘시킬 수는 없다. 한편, Mg 의 함유량이 6.9 원자% 를 초과하면, 용체화를 위해 열처리를 실시하였을 때, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합

물이 잔존해 버린다. 그래서, 그 후의 가공 등에서 균열이 발생될 우려가 있다.

[0061] 이와 같은 이유에서, Mg 의 함유량을 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하로 설정하고 있다.

[0062] 또한, Mg 의 함유량이 적으면, 강도가 충분히 향상되지 않는다. 또, Mg 는 활성 원소이기 때문에, 과잉 Mg 가 첨가되면, 용해 주조시에 산소와 반응하여 생성된 Mg 산화물을 끌어 들일 우려가 있다. 따라서, Mg 의 함유량을 3.7 원자% 이상 6.3 원자% 이하의 범위로 하는 것이 더욱 바람직하다.

[0063] 또, 산소는 상기 서술한 바와 같이 활성 금속인 Mg 와 반응하여 Mg 산화물을 다량으로 발생시키는 원소이다. Mg 산화물이 구리 합금 소성 가공재 중에 혼재한 경우에는, 인장 강도가 대폭 저하되게 된다. 또, 가공시에 Mg 산화물이 단선이나 균열의 기점이 되어 가공성을 현저히 저해시킬 우려가 있다.

[0064] 그래서, 본 실시 형태에서는 산소량을 500 원자ppm 이하로 제한하고 있다. 이와 같이 산소량을 제한함으로써, 인장 강도의 향상, 가공성의 향상을 도모할 수 있게 된다.

[0065] 또한, 상기 서술한 작용 효과를 확실히 발휘시키기 위해서는, 산소량을 50 원자ppm 이하로 하는 것이 바람직하고, 또 산소량을 5 원자ppm 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. 또한, 산소 함유량은 제조 비용의 관점에서 0.01 원자ppm 이 하한이 된다.

[0066] 또, 불가피 불순물로서는, Sn, Zn, Fe, Co, Al, Ag, Mn, B, P, Ca, Sr, Ba, Sc, Y, 희토류 원소, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Re, Ru, Os, Se, Te, Rh, Ir, Pd, Pt, Au, Cd, Ga, In, Li, Si, Ge, As, Sb, Ti, Tl, Pb, Bi, S, C, Ni, Be, N, H, Hg 등을 들 수 있다. 이들 불가피 불순물의 총량은 0.3 질량% 이하인 것이 바람직하다.

[0067] 특히, Sn 함유량은 0.1 질량% 미만이 바람직하고, Zn 함유량은 0.01 질량% 미만이 바람직하다. Sn 함유량이 0.1 질량% 이상인 경우, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 석출이 잘 일어나게 된다. 또, Zn 함유량이 0.01 질량% 이상인 경우, 용해 주조 공정에서 흠이 발생하여 노나 몰드의 부재에 부착된다. 이로써, 주괴의 표면 품질이 열화됨과 함께, 내응력 부식 균열성이 열화된다.

[0068] (도전율 σ)

[0069] Cu 와 Mg 의 2 원계 합금에 있어서, Mg 의 함유량을 X 원자% 로 했을 때, 도전율 σ 이 이하의 식 (1) 을 만족시키는 경우에는, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 거의 존재하지 않게 된다.

$$[0070] \sigma \leq \{1.7241/(-0.0347 \times X^2 + 0.6569 \times X + 1.7)\} \times 100 \cdots (1)$$

[0071] 즉, 도전율 σ 이 상기 식 (1) 의 우측변의 값을 초과하는 경우에는, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 다량으로 존재하고, 또한 금속간 화합물의 사이즈도 비교적 크다. 그래서, 굽힘 가공성이 대폭 열화되게 된다. 따라서, 도전율 σ 이 상기 식 (1) 을 만족시키도록 제조 조건을 조정하게 된다.

[0072] 또한, 상기 서술한 작용 효과를 확실히 발휘시키기 위해서는, 도전율 σ (% IACS) 이 이하의 식 (2) 를 만족시키는 것이 바람직하다.

$$[0073] \sigma \leq \{1.7241/(-0.0300 \times X^2 + 0.6763 \times X + 1.7)\} \times 100 \cdots (2)$$

[0074] 이 경우, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 보다 소량이기 때문에, 굽힘 가공성이 더욱 향상된다.

[0075] 상기 서술한 작용 효과를 더 확실히 발휘시키기 위해서는, 도전율 σ (% IACS) 이 이하의 식 (3) 을 만족시키는 것이 바람직하다.

$$[0076] \sigma \leq \{1.7241/(-0.0292 \times X^2 + 0.6797 \times X + 1.7)\} \times 100 \cdots (3)$$

[0077] 이 경우, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 보다 소량이기 때문에, 굽힘 가공성이 더욱 향상된다.

[0078] (조직)

[0079] 주사형 전자 현미경으로 관찰한 결과, 본 실시 형태의 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재에 있어서는, 입경 0.1 μm 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 1 개/ μm^2 이하이다. 즉, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 거의 석출되지 않고, Mg 가 모상 중에 고용되어 있다.

[0080] 여기서, 용체화가 불완전하거나, 용체화 후에 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 석출되는 경우, 사

이즈가 큰 금속간 화합물이 다량으로 존재한다. 이 경우, 이들 금속간 화합물이 균열의 기점이 되어, 가공 시에 균열이 발생하거나 굽힘 가공성이 대폭 열화되게 된다. 또, 본 발명의 구리 합금 중에 발생하는 금속간 화합물의 입경의 상한값은 $5\ \mu\text{m}$ 인 것이 바람직하고, $1\ \mu\text{m}$ 인 것이 보다 바람직하다.

[0081] 조직을 조사한 결과, 입경 $0.1\ \mu\text{m}$ 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 합금 중에 $1\ \text{개}/\mu\text{m}^2$ 이하인 경우, 즉, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 존재하지 않거나 혹은 그 양이 소량인 경우, 양호한 굽힘 가공성이 얻어진다.

[0082] 또한, 상기 서술한 작용 효과를 확실히 발휘시키기 위해서는, 입경 $0.05\ \mu\text{m}$ 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 개수가 합금 중에 $1\ \text{개}/\mu\text{m}^2$ 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0083] 또한, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수는, 전계 방출형 주사 전자 현미경을 사용하여 배율 : 5 만 배, 시야 : 약 $4.8\ \mu\text{m}^2$ 에서 10 시야의 관찰을 실시하고, 그 평균값을 산출하여 구해진다.

[0084] 또, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 입경은, 금속간 화합물의 장경과 단경의 평균값으로 한다. 한편, 장경은 도중에 입계에 접하지 않는 조건에서 입자 내에 가장 길게 그을 수 있는 직선의 길이이고, 단경은 장경과 직각으로 교차하는 방향에서, 도중에 입계에 접하지 않는 조건에서 가장 길게 그을 수 있는 직선의 길이이다.

[0085] 여기서, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물은, 화학식 MgCu_2 , 프로토 타입 MgCu_2 , 피어슨 기호 cF24, 공간군 번호 Fd-3m 으로 나타내는 결정 구조를 갖는다.

[0086] 이와 같은 특징을 갖는 제 1 실시 형태의 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공체는, 예를 들어 도 2 의 플로우도에 나타내는 제조 방법에 의해 제조된다.

[0087] (용해·주조 공정 S01)

[0088] 먼저, 구리 원료를 용해시켜 구리 용탕을 얻고, 이어서 얻어진 구리 용탕에 전술한 원소를 첨가하고 성분 조정을 실시하여, 구리 합금 용탕을 만들어 낸다. 또한, Mg 의 첨가에는, Mg 단체나 Cu-Mg 모합금 등을 사용할 수 있다. 또, Mg 를 함유하는 원료를 구리 원료와 함께 용해시켜도 된다. 또, 구리 합금의 리사이클재 및 스크랩재를 사용해도 된다.

[0089] 여기서, 구리 용탕은 순도가 99.9999 질량% 이상인 구리, 이른바 6 N Cu 인 것이 바람직하다. 또, 용해 공정에서는, Mg 의 산화를 억제하기 위해, 진공로, 혹은 불활성 가스 분위기 또는 환원성 분위기의 분위기로 사용하는 것이 바람직하다.

[0090] 그리고, 성분 조정된 구리 합금 용탕을 주형에 주입하여 주괴를 만들어 낸다. 또한, 양산을 고려한 경우에는, 연속 주조법 또는 반연속 주조법을 이용하는 것이 바람직하다.

[0091] (가열 공정 S02)

[0092] 다음으로, 얻어진 주괴의 균질화 및 용체화를 위해 가열 처리를 실시한다. 용괴의 과정에 있어서 Mg 가 편석되어 농축됨으로써, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물 등이 생성된다. 주괴의 내부에는, 이 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물 등이 존재한다. 그래서, 이것들의 편석 및 금속간 화합물 등을 소실 또는 저감시키기 위해, 주괴를 $400\ ^\circ\text{C}$ 이상 $900\ ^\circ\text{C}$ 이하의 온도까지 가열하는 가열 처리를 실시한다. 이로써, 주괴 내에 있어서, Mg 를 균질하게 확산시키거나, Mg 를 모상 중에 고용시킨다. 또한, 이 가열 공정 S02 는 비산화성 또는 환원성 분위기 중에서 실시하는 것이 바람직하다.

[0093] 여기서, 가열 온도가 $400\ ^\circ\text{C}$ 미만에서는, 용체화가 불완전해져, 모상 중에 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 많이 잔존할 우려가 있다. 한편, 가열 온도가 $900\ ^\circ\text{C}$ 를 초과하면, 구리 소재의 일부가 액상이 되어, 조직이나 표면 상태가 불균일해질 우려가 있다. 그래서, 가열 온도를 $400\ ^\circ\text{C}$ 이상 $900\ ^\circ\text{C}$ 이하의 범위로 설정하고 있다. 가열 온도는 보다 바람직하게는 $500\ ^\circ\text{C}$ 이상 $850\ ^\circ\text{C}$ 이하, 더욱 바람직하게는 $520\ ^\circ\text{C}$ 이상 $800\ ^\circ\text{C}$ 이하이다.

[0094] (급랭 공정 S03)

[0095] 그리고, 가열 공정 S02 에 있어서 $400\ ^\circ\text{C}$ 이상 $900\ ^\circ\text{C}$ 이하의 온도까지 가열된 구리 소재를, $200\ ^\circ\text{C}$ 이하의 온도로까지 $200\ ^\circ\text{C}/\text{min}$ 이상의 냉각 속도로 냉각시킨다. 이 급랭 공정 S03 에 의해, 모상 중에 고용된 Mg 가

Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물로서 석출되는 것을 억제한다. 그래서, 주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 $0.1\ \mu\text{m}$ 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수를 $1\ \text{개}/\mu\text{m}^2$ 이하로 할 수 있다. 즉, 구리 소재를 Cu-Mg 과포화 고용체로 할 수 있다.

[0096] 또한, 조 (粗) 가공의 효율화와 조직의 균일화를 위해, 전술한 가열 공정 S02 이후에 열간 가공을 실시하고, 이 열간 가공 후에 상기 서술한 급랭 공정 S03 을 실시해도 된다. 이 경우, 가공 방법 (열간 가공 방법) 은 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어 최종 형태가 판이나 스트립인 경우에는 압연을 채용할 수 있다. 최종 형태가 선이나 막대인 경우에는 와이어 드로잉이나 압출이나 홈 압연 등을 채용할 수 있다. 최종 형태가 벌크 형상인 경우에는 단조나 프레스를 채용할 수 있다.

[0097] (중간 가공 공정 S04)

[0098] 가열 공정 S02 및 급랭 공정 S03 을 거친 구리 소재를 필요에 따라 절단한다. 또한, 가열 공정 S02 및 급랭 공정 S03 등에서 생성된 산화막 등을 제거하기 위해 필요에 따라 표면 연삭을 실시한다. 그리고, 소정의 형상으로 소성 가공을 실시한다.

[0099] 또한, 이 중간 가공 공정 S04 에 있어서의 온도 조건은 특별히 한정되지 않지만, 냉간 가공 또는 온간 가공이 되는 $-200\ ^\circ\text{C}$ 내지 $200\ ^\circ\text{C}$ 의 범위 내로 가공 온도를 설정하는 것이 바람직하다. 또, 가공물은 최종 형상에 근사하도록 적절히 선택되지만, 최종 형상을 얻을 때까지의 중간 열처리 공정 S05 의 횟수를 줄이기 위해서는, 가공률을 20 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또 가공률을 30 % 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0100] 가공 방법은 특별히 한정되지 않지만, 최종 형상이 판, 스트립인 경우에는 압연을 채용하는 것이 바람직하다. 최종 형상이 선이나 막대인 경우에는 압출이나 홈 압연을 채용하는 것이 바람직하다. 최종 형상이 벌크 형상인 경우에는 단조나 프레스를 채용하는 것이 바람직하다. 또한, 용체화의 철저를 위해 공정 S02 ~ S04 를 반복해도 된다.

[0101] (중간 열처리 공정 S05)

[0102] 중간 가공 공정 S04 이후에, 용체화의 철저, 재결정 조직화 또는 가공성 향상을 위한 연화를 목적으로 하여 열처리를 실시한다.

[0103] 열처리의 방법은 특별히 한정되지 않지만, 바람직하게는 $400\ ^\circ\text{C}$ 이상 $900\ ^\circ\text{C}$ 이하의 온도 조건에서 비산화 분위기 또는 환원성 분위기 중에서 열처리를 실시한다. 열처리 온도는 보다 바람직하게는 $500\ ^\circ\text{C}$ 이상 $850\ ^\circ\text{C}$ 이하이고, 더욱 바람직하게는 $520\ ^\circ\text{C}$ 이상 $800\ ^\circ\text{C}$ 이하이다.

[0104] 여기서, 중간 열처리 공정 S05 에 있어서는, $400\ ^\circ\text{C}$ 이상 $900\ ^\circ\text{C}$ 이하의 온도까지 가열된 구리 소재를, $200\ ^\circ\text{C}$ 이하의 온도도까지 $200\ ^\circ\text{C}/\text{min}$ 이상의 냉각 속도로 냉각시킨다.

[0105] 이와 같이 급랭시킴으로써, 모상 중에 고용된 Mg 가 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물로서 석출되는 것을 억제된다. 이로써, 주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 $0.1\ \mu\text{m}$ 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수를 $1\ \text{개}/\mu\text{m}^2$ 이하로 할 수 있다. 즉, 구리 소재를 Cu-Mg 과포화 고용체로 할 수 있다.

[0106] 또한, 중간 가공 공정 S04 및 중간 열처리 공정 S05 는 반복 실시해도 된다.

[0107] (마무리 가공 공정 S06)

[0108] 중간 열처리 공정 S05 이후의 구리 소재를 소정의 형상으로 마무리 가공을 실시한다. 또한, 이 마무리 가공 공정 S06 에 있어서의 온도 조건은 특별히 한정되지 않지만, 상온에서 실시하는 것이 바람직하다. 또, 소성 가공 (마무리 가공) 의 가공물은, 최종 형상에 근사하도록 적절히 선택되게 되지만, 가공 경화에 의해 강도를 향상시키기 위해서는 가공률을 20 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 더 나은 강도의 향상을 도모하는 경우에는, 가공률을 30 % 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다. 소성 가공 방법 (마무리 가공 방법) 은 특별히 한정되지 않지만, 최종 형상이 판, 스트립인 경우에는 압연을 채용하는 것이 바람직하다. 최종 형상이 선이나 막대인 경우에는 압출이나 홈 압연을 채용하는 것이 바람직하다. 최종 형상이 벌크 형상인 경우에는 단조나 프레스를 채용하는 것이 바람직하다. 또한, 필요에 따라, 선반 가공, 프라이즈 가공, 드릴 가공과 같은 절삭 가공을 실시해도 된다.

[0109] 이와 같이 하여 본 실시 형태의 구리 합금 소성 가공체가 만들어진다. 또한, 본 실시 형태의 구리 합금 소

성 가공재는, 막대, 선, 판, 판, 스트립 및 띠 중에서 선택되는 형상을 갖는 장척체이다.

[0110] 본 실시 형태의 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재에 의하면, Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하며, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이고, 산소량이 500 원자ppm 이하이다. 또한, Mg 의 함유량을 X 원자% 로 했을 때에, 도전율 σ (% IACS) 이 이하의 식 (1) 을 만족시킨다.

$$\sigma \leq \{1.7241/(-0.0347 \times X^2 + 0.6569 \times X + 1.7)\} \times 100 \cdots (1)$$

[0112] 또한, 주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 0.1 μm 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 1 개/ μm^2 이하이다.

[0113] 즉, 본 실시 형태의 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재는, Mg 가 모상 중에 과포화로 고용된 Cu-Mg 과포화 고용체이다.

[0114] 이와 같은 Cu-Mg 과포화 고용체로 이루어지는 구리 합금에서는, 모상 중에는, 균열의 기점이 되는 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 조대한 금속간 화합물이 많이 분산되어 있지 않다. 그래서, 굽힘 가공성이 향상된다.

[0115] 또한, 본 실시 형태에서는 산소량이 500 원자ppm 이하이므로, Mg 산화물의 발생량이 억제된다. 그래서, 인장 강도를 대폭 향상시킬 수 있게 된다. 또, 가공시에, Mg 산화물이 기점이 되는 단선이나 균열의 발생을 억제할 수 있어 가공성을 대폭 향상시킬 수 있다.

[0116] 또한, 본 실시 형태에 의하면, Mg 를 과포화로 고용시키고 있다. 그래서, 가공 경화시킴으로써 강도가 대폭 향상되게 되고, 비교적 높은 강도를 갖는 구리 합금 소성 가공재를 제공할 수 있게 된다.

[0117] 또, 본 실시 형태의 구리 합금 소성 가공재는, 이하의 공정 S02 ~ S04 를 갖는 제조 방법에 의해 성형되어 있다.

[0118] 가열 공정 S02 에서는, 주괴 또는 가공재를 400 $^{\circ}\text{C}$ 이상 900 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도까지 가열한다. 급랭 공정 S03 에서는, 가열된 주괴 또는 가공재를 200 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이상의 냉각 속도로 200 $^{\circ}\text{C}$ 이하로까지 냉각시킨다. 중간 가공 공정 S04 에서는 급랭재를 소성 가공한다.

[0119] 그래서, Cu-Mg 과포화 고용체로 이루어지는 구리 합금 소성 가공재를 얻을 수 있다.

[0120] 즉, 주괴 또는 가공재를 400 $^{\circ}\text{C}$ 이상 900 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도까지 가열하는 가열 공정 S02 에 의해 Mg 의 용체화를 실시할 수 있다.

[0121] 또, 가열 공정 S02 에 의해 400 $^{\circ}\text{C}$ 이상 900 $^{\circ}\text{C}$ 이하로까지 가열된 주괴 또는 가공재를, 200 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이상의 냉각 속도로 200 $^{\circ}\text{C}$ 이하로까지 냉각시키는 급랭 공정 S03 을 구비하고 있다. 그래서, 냉각의 과정에서 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 석출되는 것을 억제할 수 있게 되어, 급랭 후의 주괴 또는 가공재를 Cu-Mg 과포화 고용체로 할 수 있다.

[0122] 또한, 급랭재 (Cu-Mg 과포화 고용체) 에 대하여 소성 가공을 실시하는 중간 가공 공정 S04 를 구비하고 있다. 그래서, 최종 형상에 가까운 형상을 용이하게 얻을 수 있다.

[0123] 또, 중간 가공 공정 S04 이후에, 용체화의 철저, 재결정 조직화 또는 가공성 향상을 위한 연화를 목적으로 하여 중간 열처리 공정 S05 를 구비하고 있다. 그래서, 특성의 향상 및 가공성의 향상을 도모할 수 있다.

[0124] 또한, 중간 열처리 공정 S05 에 있어서는, 400 $^{\circ}\text{C}$ 이상 900 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도까지 가열된 소성 가공재를, 200 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이상의 냉각 속도로 200 $^{\circ}\text{C}$ 이하로까지 냉각시킨다. 그래서, 냉각의 과정에서 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 석출되는 것을 억제할 수 있게 되어, 급랭 후의 소성 가공재를 Cu-Mg 과포화 고용체로 할 수 있다.

[0125] 또, 중간 열처리 공정 S05 후의 소성 가공재를, 소정의 형상으로 소성 가공하기 위한 마무리 가공 공정 S06 을 구비하고 있다. 그래서, 가공 경화에 의한 강도의 향상을 도모할 수 있다.

[0126] (제 2 실시 형태)

[0127] 다음으로, 본 발명의 제 2 실시 형태인 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재에 대해 설명한다.

[0128] 제 2 실시 형태의 구리 합금의 성분 조성은, Mg 를 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하의 범위로 함유하고, 추가로 적어도 Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 에서 선택되는 1 종 이상을 합계로 0.01 원자% 이상

3.0 원자% 이하의 범위로 함유하고, 잔부가 실질적으로 Cu 및 불가피 불순물이며, 또한 산소량이 500 원자ppm 이하이다.

[0129] 그리고, 제 2 실시 형태의 구리 합금은 주사형 전자 현미경에 의해 관찰되는 입경 $0.1 \mu\text{m}$ 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 $1 \text{ 개}/\mu\text{m}^2$ 이하이다.

[0130] (조성)

[0131] 제 1 실시 형태에서 기재한 바와 같이, Mg 는 도전율을 크게 저하시키지 않고, 강도를 향상시킴과 함께 재결정 온도를 상승시키는 작용 효과를 갖는 원소이다. 또, Mg 를 모상 중에 고용시킴으로써, 우수한 굽힘 가공성이 얻어진다.

[0132] 그래서, Mg 의 함유량을 3.3 원자% 이상 6.9 원자% 이하로 설정하고 있다. 상기 서술한 작용 효과를 확실히 발휘시키기 위해서는, Mg 의 함유량을, 3.7 원자% 이상 6.3 원자% 이하의 범위로 하는 것이 바람직하다.

[0133] 또, 제 1 실시 형태와 마찬가지로, 본 실시 형태에서는 산소량을 500 원자ppm 이하로 제한하고 있다. 이로써, 인장 강도의 향상, 가공성의 향상을 도모하고 있다. 또, 산소량을 50 원자ppm 이하로 하는 것이 바람직하고, 나아가 산소량을 10 원자ppm 이하로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0134] 또한, 산소 함유량은 제조 비용의 관점에서 0.01 원자ppm 이 하한이 된다.

[0135] 그리고, 제 2 실시 형태의 구리 합금에 있어서는, 적어도 Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 에서 선택되는 1 종 이상을 함유하고 있다.

[0136] Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 은 Cu-Mg 과포화 고용체로 이루어지는 구리 합금의 강도를 더욱 향상시키는 작용 효과를 갖는 원소이다.

[0137] 여기서, 적어도 Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 에서 선택되는 1 종 이상의 원소의 함유량의 합계가 0.1 원자% 미만에서는, 그 작용 효과를 발휘시킬 수는 없다. 한편, 적어도 Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 에서 선택되는 1 종 이상의 원소의 함유량의 합계가 3.0 원자% 를 초과하면, 도전율이 크게 저하되기 때문에 바람직하지 않다.

[0138] 이와 같은 이유에서, 적어도 Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 에서 선택되는 1 종 이상의 원소의 함유량의 합계를 0.1 원자% 이상 3.0 원자% 이하의 범위내로 설정하고 있다.

[0139] 또한, 불가피 불순물로서는, Sn, Zn, Ag, B, P, Ca, Sr, Ba, Sc, Y, 희토류 원소, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, Re, Ru, Os, Se, Te, Rh, Ir, Pd, Pt, Au, Cd, Ga, In, Ge, As, Sb, Tl, Pb, Bi, S, C, Be, N, H, Hg 등을 들 수 있다. 이들 불가피 불순물의 총량은 0.3 질량% 이하인 것이 바람직하다.

[0140] 특히, Sn 함유량은 0.1 질량% 미만이 바람직하고, Zn 함유량은 0.01 질량% 미만이 바람직하다. Sn 함유량이 0.1 질량% 이상인 경우, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 석출이 잘 일어나게 된다. 또, Zn 함유량이 0.01 질량% 이상인 경우, 용해 주조 공정에서 흠이 발생하여 노나 몰드의 부재에 부착된다. 이로써, 주괴의 표면 품질이 열화됨과 함께, 내응력 부식 균열성이 열화된다.

[0141] (조직)

[0142] 주사형 전자 현미경으로 관찰한 결과, 본 실시 형태의 구리 합금에 있어서는, 입경 $0.1 \mu\text{m}$ 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 $1 \text{ 개}/\mu\text{m}^2$ 이하이다. 즉, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 거의 석출되지 않고, Mg 가 모상 중에 고용되어 있다.

[0143] 여기서, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물은, 화학식 MgCu_2 , 프로토 타입 MgCu_2 , 피어슨 기호 cF24, 공간군 번호 Fd-3m 으로 나타내는 결정 구조를 갖는 것이다.

[0144] 또한, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수는, 전계 방출형 주사 전자 현미경을 사용하여 배율 : 5 만 배, 시야 : 약 $4.8 \mu\text{m}^2$ 에서 10 시야의 관찰을 실시하고, 그 평균값을 산출하여 구해진다.

[0145] 또, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 입경은, 금속간 화합물의 장경과 단경의 평균값으로 한다. 한편, 장경은 도중에 입계에 접하지 않는 조건에서 입자 내에 가장 길게 그을 수 있는 직선의 길이이고, 단경은 장경과 직각으로 교차하는 방향에서, 도중에 입계에 접하지 않는 조건에서 가장 길게 그을 수 있는 직선의

길이이다.

- [0146] 이 제 2 실시 형태의 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재에 대해서도 제 1 실시 형태와 동일한 방법에 의해 제조된다.
- [0147] 이와 같은 특징을 갖는 제 2 실시 형태의 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재에 의하면, 주사형 전자 현미경으로 관찰되는 입경 $0.1\ \mu\text{m}$ 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 평균 개수가 $1\ \text{개}/\mu\text{m}^2$ 이하이다. 또한, 산소량이 500 원자ppm 이하이므로, 제 1 실시 형태와 마찬가지로 가공성이 대폭 향상된다.
- [0148] 그리고, 본 실시 형태에서는, 적어도 Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 에서 선택되는 1 종 이상이 합계로 0.01 원자% 이상 3.0 원자% 이하의 범위로 함유되어 있다. 그래서, 이들 원소의 작용 효과에 의해 기계적 강도를 대폭 향상시킬 수 있게 된다.
- [0149] 이상, 본 실시 형태의 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재에 대해서 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정되지는 않고, 청구항에 기재된 요건을 일탈하지 않는 범위에서 적절히 변경 가능하다.
- [0150] 예를 들어, 상기 실시 형태에서는 「입경 $0.1\ \mu\text{m}$ 이상의 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 합금 중에 $1\ \text{개}/\mu\text{m}^2$ 이하」인 조건과 「도전율 σ 」에 관련된 조건을 모두 만족시키고 있는 전자 기기용 구리 합금이 개시되어 있지만, 어느 한쪽만을 만족시킨 전자 기기용 구리 합금이어도 된다.
- [0151] 또, 상기 서술한 실시 형태에서는, 구리 합금 소성 가공재의 제조 방법의 일례에 대해 설명했지만, 제조 방법은 본 실시 형태에 한정되지 않고, 기존 제조 방법을 적절히 선택해서 제조해도 된다.
- [0152] 실시예
- [0153] 이하에, 본 실시 형태의 효과를 확인하기 위해서 실시한 확인 실험의 결과에 대해 설명한다.
- [0154] 구리 원료를 도가니 내에 장입하고, N_2 가스 분위기 혹은 $\text{N}_2\text{-O}_2$ 가스 분위기로 된 분위기로 내에 있어서 고주파 용해시켜 구리 용탕을 얻었다. 얻어진 구리 용탕내에, 각종 첨가 원소를 첨가하여 표 1 에 나타내는 성분 조성으로 조제하고, 카본 주형에 주탕(注湯)하여 주괴를 만들어 냈다. 또한, 주괴의 크기는 두께 약 50 mm $\times$ 폭 약 50 mm $\times$ 길이 약 300 mm 로 하였다. 또, 각종 첨가 원소로서는 산소 함유량이 50 질량 ppm 이하인 것을 사용하였다.
- [0155] 또한, 구리 원료로서 순도 99.9999 질량% 이상의 6 N 구리와 산소를 소정량 함유하는 터프 피치 구리(C1100)의 어느 것을 사용하거나 또는 양자를 적절히 혼합하여 사용하였다. 이로써, 산소 함유량을 조정하였다.
- [0156] 또한, 합금 중의 산소 함유량은, 불활성 가스 용해-적외선 흡수 분석법에 의해 측정하였다. 측정된 산소 함유량을 표 1 에 나타낸다. 여기서, 산소 함유량은 합금 중에 함유되는 산화물의 산소의 양도 포함한다.
- [0157] 얻어진 주괴에 대하여, Ar 가스 분위기 중에 있어서 표 2, 3 에 기재된 온도 조건에서 4 시간의 가열을 실시하는 가열 공정을 실시하고, 그 후, 워터 쿨칭을 실시하였다.
- [0158] 열처리 후의 주괴를 절단함과 함께, 산화 피막을 제거하기 위해 표면 연삭을 실시하였다. 그 후, 상온에서 냉간 압연을 실시하고, 단면 형상을 가로 세로 50 mm 내지 가로 세로 10 mm 로 하였다. 이와 같이 주괴에 대해 중간 가공을 실시하여 중간 가공재(각막대재)를 얻었다.
- [0159] 그리고, 얻어진 중간 가공재(각막대재)에 대해 표 2, 3 에 기재된 온도의 조건에서 솔트 베스 중에서 중간 열처리를 실시하였다. 그 후, 워터 쿨칭을 실시하였다.
- [0160] 다음으로, 마무리 가공으로서 인발 가공(신선(伸線)가공)을 실시하여 직경 0.5 mm 의 마무리재(선재)를 만들어 냈다.
- [0161] (가공성 평가)
- [0162] 가공성의 평가는, 전술한 인발 가공(신선 가공)에 있어서의 단선 유무에 따라 평가하였다. 최종 형상까지 신선 가공할 수 있었던 경우를 A (Good)로 평가하였다. 신선 가공 중에 단선이 많이 발생하여, 최종 형상까지 가공할 수 없었던 경우를 B (Bad)로 평가하였다.
- [0163] 전술한 중간 가공재(각막대재) 및 마무리재(선재)를 사용하여 기계적 특성 및 도전율을 측정하였다.
- [0164] (기계적 특성)

- [0165] 중간 가공재 (각막대재) 에 대해서는, JIS Z 2201 에 규정된 2 호 시험편을 채취하여, JIS Z 2241 의 인장 시험 방법에 의해 인장 강도를 측정하였다.
- [0166] 마무리재 (선재) 에 대해서는, JIS Z 2201 에 규정된 9 호 시험편을 채취하여, JIS Z 2241 의 인장 시험 방법에 의해 인장 강도를 측정하였다.
- [0167] (도전율)
- [0168] 중간 가공재 (각막대재) 에 대해서는, JIS H 0505 (비철금속 재료의 체적 저항률 및 도전율 측정 방법) 에 의해 도전율을 산출하였다.
- [0169] 마무리재 (선재) 에 대해서는, JIS C 3001 에 준거한 4 단자법에 의해 측정 길이 1 m 로 전기 저항값을 측정하였다. 또 시험편의 선 직경 및 측정 길이로부터 체적을 산출하였다. 그리고, 측정된 전기 저항값과 체적으로부터 체적 저항률을 구하여 도전율을 산출하였다.
- [0170] (조직 관찰)
- [0171] 중간 가공재 (각막대재) 의 단면 중심에 대하여, 경면 연마, 이온 에칭을 실시하였다. Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 석출 상태를 확인하기 위해, FE-SEM (전계 방출형 주사 전자 현미경) 을 사용하여 1 만 배의 시야 (약 $120 \mu\text{m}^2/\text{시야}$) 로 관찰을 실시하였다.
- [0172] 다음으로, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 밀도 (개/ μm^2) 를 조사하기 위해, 금속간 화합물의 석출 상태가 특이하지 않은 1 만 배의 시야 (약 $120 \mu\text{m}^2/\text{시야}$) 를 선택하고, 그 영역에서 5 만 배로 연속된 10 시야 (약 $4.8 \mu\text{m}^2/\text{시야}$) 의 촬영을 실시하였다. 금속간 화합물의 입경은, 금속간 화합물의 장경과 단경의 평균값으로 하였다. 또, 장경은 도중에 입계에 접하지 않는 조건에서 입자 내에 가장 길게 그을 수 있는 직선의 길이이고, 단경은 장경과 직각으로 교차하는 방향에서, 도중에 입계에 접하지 않는 조건에서 가장 길게 그을 수 있는 직선의 길이이다. 그리고, $0.1 \mu\text{m}$ 이상의 입경을 갖고 또한 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 밀도 (평균 개수) 및, $0.05 \mu\text{m}$ 이상의 입경을 갖고 또한 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물의 밀도 (평균 개수) 를 구하였다.
- [0173] 성분 조성, 제조 조건, 평가 결과에 대해 표 1 ~ 3 에 나타낸다.

표 1

		성분 조성			
		Mg (at%)	기타 (at%)	O (atppm)	Cu
발 표 예	1	3.4	—	0.5	잔부
	2	3.8	—	1.8	잔부
	3	4.0	—	0.2	잔부
	4	4.0	—	0.2	잔부
	5	4.0	—	0.2	잔부
	6	4.2	—	4.3	잔부
	7	4.5	—	0.2	잔부
	8	5.1	—	1.2	잔부
	9	5.4	—	0.3	잔부
	10	6.0	—	0.1	잔부
	11	6.5	—	0.5	잔부
	12	4.0	—	40	잔부
	13	4.1	—	400	잔부
	14	3.4	Si:0.20, Mn:0.13, Cr:0.10	0.5	잔부
	15	3.9	Ni:1.50, Li:0.12	1.7	잔부
	16	4.2	Ti:0.23	0.1	잔부
	17	4.6	Mn:1.00, Fe:0.10, Zr:0.03	4.4	잔부
	18	5.0	Ni:2.00, Co:0.10	0.1	잔부
	19	5.3	Li:0.12, Fe:0.30	1.2	잔부
	20	5.9	Mn:0.60, Co:0.20	0.4	잔부
	21	6.4	Al:2.00, Ni:0.80	0.0	잔부
종 래 예	1	1.9	—	0.4	잔부
	2	5.1	—	3.8	잔부
비 교 예	1	10.6	—	1.5	잔부
	2	4.0	—	900	잔부
	3	5.3	Al:2.10, Si:2.80	0.2	잔부
	4	6.0	Mn:3.10, Li:0.10	1.1	잔부

[0174]

표 2

	가열 공정의 온도	중간 열처리 공정의 온도	중간재의 인장 강도 (MPa)	중간재의 도전율 (%IACS)	석출물 (개/ μm^2)			가공성	마무리재의 인장 강도 (MPa)	마무리재의 도전율 (%IACS)
					입경 0.05 μm 이상	입경 0.1 μm 이상				
1	715℃	550℃	302	45.1%	0	0	A	A	994	42.8%
2	715℃	550℃	307	42.2%	0	0	A	A	1022	39.7%
3	715℃	515℃	303	44.2%	0	0.4	A	A	1020	41.8%
4	715℃	525℃	305	43.7%	0	0	A	A	1031	41.2%
5	715℃	550℃	311	41.8%	0	0	A	A	1036	39.5%
6	715℃	550℃	313	41.1%	0	0	A	A	1053	38.9%
7	715℃	625℃	316	37.3%	0	0	A	A	1070	35.1%
8	715℃	650℃	321	35.1%	0	0	A	A	1103	33.2%
9	715℃	650℃	327	34.3%	0	0	A	A	1113	32.3%
10	715℃	700℃	335	33.0%	0	0	A	A	1130	31.3%
11	715℃	700℃	343	32.3%	0	0	A	A	1145	30.6%
12	715℃	550℃	305	42.1%	0	0	A	A	1021	39.8%
13	715℃	550℃	301	42.3%	0	0	A	A	962	39.8%
14	715℃	550℃	305	31.4%	0	0	A	A	1002	29.6%

발 명 예

[0175]

표 3

	가열 공정의 온도	중간 열처리 공정의 온도	중간재의 인장 강도 (MPa)	중간재의 도전율 (%IACS)	석출물 (개/ μm^2)		가공성	마무리재의 인장 강도 (MPa)	마무리재의 도전율 (%IACS)
					인장 0.05 μm 이상	인장 0.1 μm 이상			
비교예	15	715°C	319	27.1%	0	0	A	1060	25.6%
	16	715°C	322	24.4%	0	0	A	1080	23.1%
	17	715°C	320	19.1%	0	0	A	1077	18.1%
	18	715°C	333	20.9%	0	0	A	1142	19.8%
	19	715°C	330	20.9%	0	0	A	1125	19.8%
종래예	20	715°C	341	19.9%	0	0	A	1148	18.8%
	21	715°C	387	18.5%	0	0	A	1277	17.5%
	1	715°C	276	58.5%	0	0	A	843	55.1%
	2	715°C	283	46.1%	10	23	B	—	—
	1	715°C	—	—	—	—	—	—	—
본 발명	2	715°C	280	42.0%	0	0	B	—	—
	3	715°C	398	8.9%	0	0	A	1315	8.4%
	4	715°C	350	11.0%	0	0	A	1159	10.4%

[0176]

[0177] 종래예 1 에 있어서는, Mg 의 함유량이 본 실시 형태의 범위보다 낮다. 중간재 (각막대재) 및 마무리재 (선재) 의 인장 강도가 모두 낮았다.

[0178] 종래예 2 에 있어서는, Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 많이 석출되었다. 중간재 (각막대재) 의 인장 강도가 낮았다. 또, 인발 가공 (신선 가공) 시에 단선이 많이 발생했기 때문에, 마무리재 (선재) 의 제작을 중지시켰다.

[0179] 비교예 1 에 있어서는, Mg 의 함유량이 본 실시 형태의 범위보다 많다. 중간 가공 (냉간 홈 압연) 시에, 조대한 금속간 화합물을 기점으로 하는 큰 균열이 발생하였다. 그래서, 그 후의 마무리재 (선재) 의 제작을 중지시켰다.

[0180] 비교예 2 에 있어서는, 산소량이 본 실시 형태의 범위보다 많다. 중간재 (각막대재) 의 인장 강도가 낮았다. 또, 인발 가공 (신선 가공) 시에 단선이 많이 발생했기 때문에, 마무리재 (선재) 의 제작을 중지시켰다. 이는 Mg 산화물의 영향으로 추측된다.

[0181] 비교예 3, 4 에 대해서는, Al, Ni, Si, Mn, Li, Ti, Fe, Co, Cr 및 Zr 에서 선택되는 1 종 이상의 함유량의 합계가 3.0 원자% 를 초과하고 있다. 도전율이 대폭 저하되어 있음이 확인된다.

[0182] 이에 비해, 본 발명에 1 ~ 21 에 대해서는, 양호한 가공성, 중간재 및 마무리재의 양호한 인장 강도 및 양호한 도전율이 확보되어 있음이 확인된다.

[0183] 도 3 은, 종래예 2 에 있어서 확인된 석출물의 전자 회절 패턴을 나타낸다. 이 전자 회절 패턴은, 피어슨 기호 cF24, 공간군 번호 Fd-3m (227) 및 격자 상수 $a=b=c=0.7034\text{ nm}$ 로 나타내는 결정 구조를 갖는 MgCu_2 에 대해 이하의 방위로부터 전자선을 입사시켰을 때에 얻어지는 전자선 회절 패턴과 일치한다. 따라서, 석출물

은, 본 실시 형태에 있어서의 「Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물」에 해당된다.

수학식 1

$$[1 \ \bar{1} \ 0]$$

[0184]

[0185]

그리고, 본 발명에 1 ~ 21 에 있어서는, 상기 서술한 Cu 와 Mg 를 주성분으로 하는 금속간 화합물이 관찰되지 않고, Mg 가 모상 중에 과포화로 고용된 Cu-Mg 과포화 고용체로 이루어진다.

[0186]

이상과 같은 점에서, 본 발명에 의하면, 고강도이며 또한 우수한 가공성을 갖는 구리 합금 및 이 구리 합금으로 이루어지는 구리 합금 소성 가공재를 제공할 수 있음이 확인되었다.

[0187]

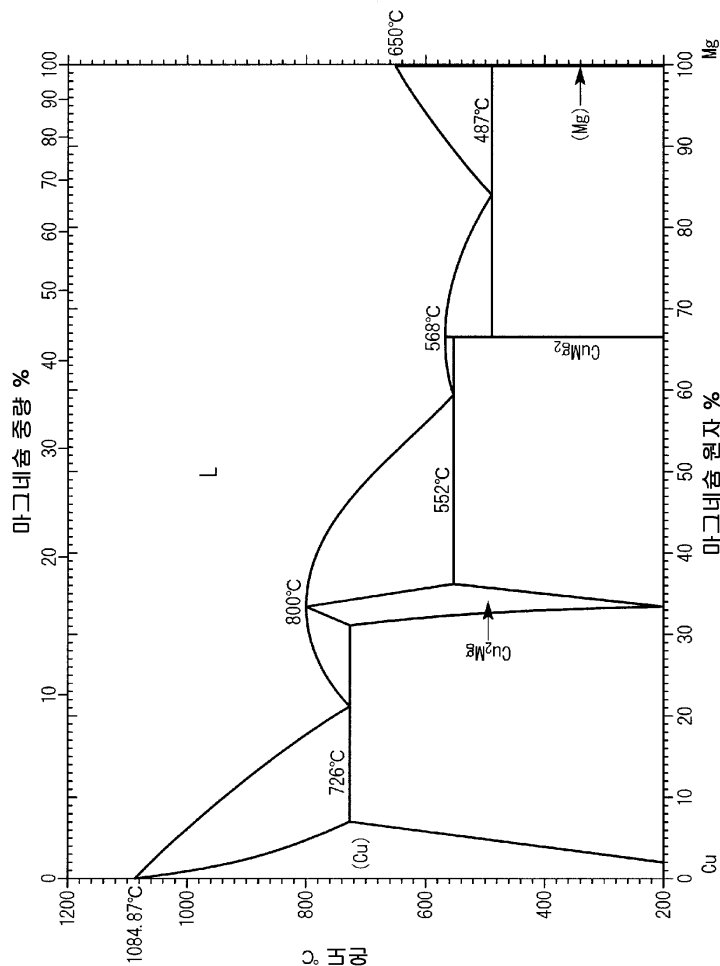
산업상 이용 가능성

[0188]

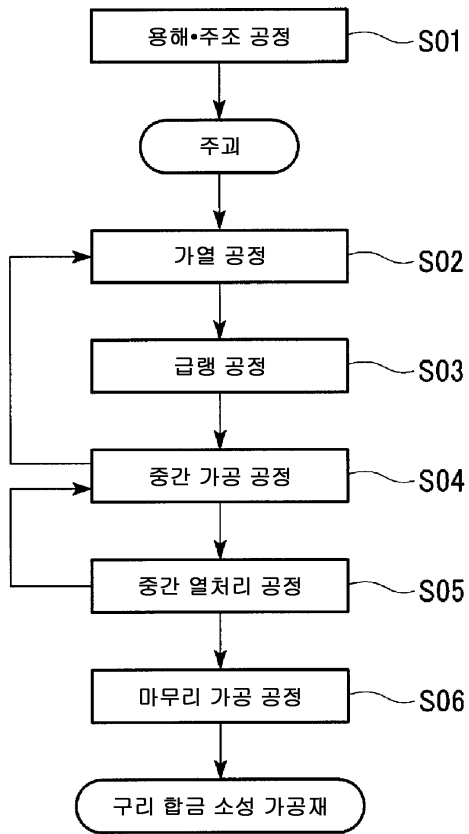
본 실시 형태의 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재는, 고강도이며 또한 우수한 가공성을 갖는다. 그래서, 본 실시 형태의 구리 합금 및 구리 합금 소성 가공재는, 기계 부품, 전기 부품, 일용품 및 건재 중에서, 복잡한 형상의 부품이나 높은 강도가 요구되는 부품의 소재로서 바람직하게 적용할 수 있다.

도면

도면1



도면2



도면3

