(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0047661
(43) 공개일자 2025년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 9/04 (2006.01) *C22F 1/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 9/04 (2013.01)
C22F 1/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7043467
(22) 출원일자(국제) 2023년07월20일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년12월30일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2023/000048
(87) 국제공개번호 WO 2024/032923
국제공개일자 2024년02월15일
(30) 우선권주장
10 2022 002 928.6 2022년08월11일 독일(DE)

(71) 출원인
빌란트-베르케악티엔게젤샤프트
독일연방공화국 89079 울름 그라프-아르코-슈트라쎄 36
(72) 발명자
알멘딩거 티모
독일 89134 블라우슈타인 리카르다-후호-벡 15
보가츠 다니엘
독일 89134 블라우슈타인 에밀-베링-쉬트라쎄 10
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **구리-아연 전신재 합금, 구리-아연 전신재 합금으로 만들어진 반제품 및 이러한 반제품의 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은 와이어, 관 또는 봉 형상의 반제품 제조용 구리-아연 전신재 합금에 관한 것으로서, 상기 구리-아연 전신재 합금은 중량%로 Cu: 58.0 내지 66.0%, Si: 0.15 내지 1.2%, P: 0.20 내지 0.38%, Sn: 선택적으로 최대 0.5%, Al: 선택적으로 최대 0.05%, Fe: 선택적으로 최대 0.3%, Ni: 선택적으로 최대 0.3%, Pb: 선택적으로 최대 0.25%, Bi: 선택적으로 최대 0.1%, Te, Se, In: 선택적으로 각각 최대 0.1%, B: 선택적으로 최대 0.01%, 잔부: Zn 및 불가피한 불순물의 조성을 갖고, 여기에서, 불가피한 불순물의 비율이 0.20 중량% 미만이고, 구리-아연 전신재 합금은 구상의 α상, β상 및 인화물(phosphide) 입자의 조직을 가지며, α상과 β상의 합계에서 β상의 비율이 적어도 20 체적% 내지 60 체적% 이하이고, Si는 α상 및 β상 모두에 존재하며, 21000 μm^2의 면적에서 0.5 내지 1 μm의 등가 직경을 갖는 인화물 입자가 50 내지 700개, 등가 직경 1 내지 2 μm의 인화물 입자가 10 내지 300개, 등가 직경 2 내지 5 μm의 인화물 입자가 3 내지 45개 존재하고, β상의 비율 및 Si, P 및 Pb의 비율은 상기 합금이 아래 조건을 만족하도록 선택되는 구리-아연 전신재 합금: 107.378-2.25255·[Beta]-64.1438·[Si]-115.18·[P]-30.7071·[Pb]+0.017965·[Beta]·[Beta]+24.6217·[Si]·[Si]+66.7257·[P]·[P]+0.542512·[Beta]·[Si]+1.36208·[Beta]·[P]+43.4012·[Si]·[P] < 37, 여기서 [Beta]는 체적% 단위의 β상 비율이고, [Si]는 중량% 단위의 규소 비율이고, [P]는 중량% 단위의 인의 비율이고, [Pb]는 중량% 단위의 납의 비율이다.

(72) 발명자
코이플러 안드레아
독일 89231 노이-울름 질허쉬트라쎄 30
홀리 수잔느
독일 89188 메르클린겐 슈발벤백 1

명 세 서

청구범위

청구항 1

와이어, 관 또는 봉 형상의 반제품 제조용 구리-아연 전신재 합금으로서, 상기 구리-아연 전신재 합금은 중량%로

Cu: 58.0 내지 66.0%,

Si: 0.15 내지 1.2%,

P: 0.20 내지 0.38%,

Sn: 선택적으로(optionally) 최대 0.5%,

Al: 선택적으로 최대 0.05%,

Fe: 선택적으로 최대 0.3%,

Ni: 선택적으로 최대 0.3%,

Pb: 선택적으로 최대 0.25%,

Bi: 선택적으로 최대 0.1%,

Te, Se, In: 선택적으로 각각 최대 0.1%,

B: 선택적으로 최대 0.01%,

잔부: Zn 및 불가피한 불순물의 조성을 갖고,

여기에서, 상기 불가피한 불순물의 비율이 0.20 중량% 미만이고,

상기 구리-아연 전신재 합금은 구상(球狀)의 α상, β상 및 인화물(phosphide) 입자의 조직을 가지며, 상기 α상과 상기 β상의 합계에서 상기 β상의 비율이 적어도 20 체적% 내지 최대 60 체적%이고,

Si는 상기 α상 및 상기 β상 모두에 존재하며,

21000 μm^2의 면적에서 0.5 내지 1 μm의 등가 직경을 갖는 인화물 입자가 50 내지 700개, 등가 직경 1 내지 2 μm의 인화물 입자가 10 내지 300개, 등가 직경 2 내지 5 μm의 인화물 입자가 3 내지 45개 존재하고, 상기 β상의 비율 및 Si, P 및 Pb의 비율은 상기 구리-아연 전신재 합금이 아래 조건을 만족하도록 선택되는 구리-아연 전신재 합금:

107.378-2.25255·[Beta]-64.1438·[Si]-115.18·[P]-30.7071·[Pb]

+0.017965·[Beta]·[Beta]+24.6217·[Si]·[Si]+66.7257·[P]·[P]

+0.542512·[Beta]·[Si]+1.36208·[Beta]·[P]+43.4012·[Si]·[P] < 37

여기서 [Beta]는 체적% 단위의 β상 비율이고, [Si]는 중량% 단위의 규소 비율이고, [P]는 중량% 단위의 인의 비율이고, [Pb]는 중량% 단위의 납의 비율이다.

청구항 2

제1항에 있어서, Pb 비율이 적어도 0.02 중량%인 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, P의 중량 비율과 Fe 및 Ni의 합계 중량 비율의 비가 2.0 초과인 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, Fe 및 Ni의 총 비율이 최대 0.1중량%인 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, P 비율이 적어도 0.26 중량% 및 최대 0.33 중량%인 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, Si 비율이 최대 0.35 중량%인 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, Si 비율이 적어도 0.25 중량%인 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서, Cu 비율이 적어도 60.0 중량% 및 최대 61.5 중량% 인 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 9

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, Si 비율이 적어도 0.50 중량% 및 최대 1.0 중량% 이하인 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 구리-아연 전신재 합금이 적어도 170 HV10의 경도를 갖는 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 구리-아연 전신재 합금이 적어도 520 MPa의 인장 강도 Rm을 갖는 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 구리-아연 전신재 합금이 최대 21㎛의 α 결정립 크기(α grain size)를 갖는 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 13

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 구리-아연 전신재 합금이 적어도 12 MS/m의 전기 전도도를 갖는 것을 특징으로 하는 구리-아연 전신재 합금.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 따른 구리-아연 전신재 합금으로 만들어진 와이어, 관 또는 봉 형상의 반제품.

청구항 15

제14항에 따른 반제품으로부터 절삭 가공 및 선택적인(optional) 추가 가공 단계에 의해 제조된 부품.

청구항 16

제14항에 따른 와이어, 관 또는 봉 형상의 반제품의 제조 방법으로서,

a) 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 조성을 갖는 구리 합금을 용융하는 단계,

b) 수냉식 주형을 사용하여 관상 또는 볼트상 주조 포맷을 연속 주조하는 단계,

c) 620 내지 700 ℃의 온도에서 상기 주조 포맷을 열간 프레스한 후 550 내지 350℃의 온도 범위에서 분당 30 내지 60 ℃의 냉각 속도로 냉각하는 단계,

d) 선택적으로(optionally) 525 내지 625 ℃의 온도 범위에서 1 내지 5 시간 동안 열처리한 후 500 내지 350 ℃의 온도 범위에서 분당 20 내지 40 ℃의 냉각 속도로 냉각하는 단계,

e) 선택적으로(optionally) 냉간 성형하는 단계를 포함하는 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 와이어, 관 또는 봉 형상의 반제품 제조용 구리-아연 전신재 합금(copper-zinc wrought alloy), 구리-아연 전신재 합금으로 만들어진 반제품 및 이러한 반제품의 제조 방법에 관한 것이다. 구리-아연 전신재 합금은 일반적으로 구리-아연 합금으로부터 만들어진 전신재 재료를 의미하는 것으로 이해된다.

배 경 기 술

[0002] 3 내지 5 중량%의 납을 갖는 구리-아연 합금은 절삭 가공이 쉽고 열간 성형성 및 냉간 성형성도 매우 양호하다. 따라서 납 함유 구리-아연 합금은 예를 들면 자동차 산업, 건축 기술, 기계 공학, 전기 제품 및 전자 부품, 전기통신에서의 연결 및 구성 요소, 및 수도설비에서의 이음쇠(fitting)와 같은 다양한 응용 분야에 사용된다.

[0003] 구리-아연 전신재 합금에서 납의 긍정적인 효과는 납이 조직에서 입자로서 원소 형태로 존재하고 이러한 입자가 칩 브레이커(chip breaker) 역할을 한다는 사실에 기초한다. 절삭 가공 중에 납은 공작물(workpiece)의 강한 국부적 변형과 그에 따른 국부적인 온도 상승으로 인해 액체상으로 존재한다. 납은 액체 상태에서 응력을 흡수할 수 없기 때문에 하중을 전달하는 약화된 매트릭스에 응력이 집중되어 칩 파절(chip breakage)이 더 쉬워진다. 또한, 절삭 가공 중에 재료와 공구 사이의 마찰층에 납이 포함되어 있어 효과적인 윤활이 이루어지고 마찰과 마모가 감소한다. 또한, 납은 용해도가 낮기 때문에 전기 전도도에 거의 영향을 미치지 않는다. 이는 전기 응용 분야에 사용되는 재료에 특히 유리하다. 또한, 납은 구리-아연 합금에서 상당한 결정립 미세화(grain refinement)를 유발하는 것으로 알려져 있다. 이는 특히 봉상 반제품(rod-shaped semi-finished products)의 직진도 및 치수 정밀도에 도움이 된다. 전자 와이어를 압착(crimping)할 때도 높은 치수 정밀도가 필요하다. 또한, 납은 가격이 저렴하다.

[0004] 그러나, 납은 환경에 해롭다. 납은 소량이라도 흡수되면 인체에 축적되어 건강 문제를 일으킬 수 있다. 그렇기 때문에 EU, 미국, 중국 및 기타 국가에서는 구리 합금에서의 이의 허용기준치를 지속적으로 낮추고 있으며, 납 함유 황동을 납 감소 또는 납 무함유 절삭성 구리 합금으로 대체하는 것을 목표로 하고 있다. 허용기준치는 RoHS(Directive 2011/65/EU)와 같은 EU 지침의 틀 내에서 지정되며, 이는 1000ppm(0.1%) Pb를 상한값으로 설정한다. 이렇게 낮은 납 함량에서도 소재의 우수한 절삭성(machinability)을 보장하기 위해 납을 대체할 다양한 합금 원소가 제안된다.

[0005] 절삭성을 향상시키기 위해 납의 대체재로 비스무트(Bi)를 사용할 수 있다는 것은 많은 출판물을 통해 알려져 있다. 결정립계를 따른 Bi의 막 형성 문제와 응력 균열 및 고온 균열에 대한 민감성을 완화하기 위해 기타 원소의 합금화가 제안되었다. 이와 관련하여, 특히 공개공보 KR 10 0 555 854 B1, KR 10 2006 096 877 A, JP 2005 290 475 A, JP 2014 122 427 A 및 JP 2006 083 443 A를 참조한다. 그럼에도 불구하고, Bi는 한편으로는 제한된 양으로만 구할 수 있는 금속이고, 다른 한편으로는 구리 재료의 재료 사이클 내에서 열 취성(hot brittleness)을 유발하기 때문에 바람직하지 않다.

[0006] 또한, 문헌 EP 2 194 150 B1으로부터 Si 0.1 내지 1.5 중량%, Al 0.03 내지 0.4 중량%, P 0.01 내지 0.36 중량%, Sn 0.05 내지 0.5 중량%, 및 희토류 0.001 내지 0.05 중량%를 함유하는 구리-아연 합금이 알려져 있다. 이 합금은 α, β 및 경우에 따라서는 γ 조직의 형성으로 인해 절삭 가공이 용이하다. Al 함량에 의해 Al 인화물(Al phosphides)이 형성되지만, 이는 바람직하지 않다. γ 상과 Al 인화물은 칩 형성을 향상시키지만 공구 수명을 악화시킨다. 또한, 희토류의 함량은 아마도 조직의 취성을 초래할 수 있다. 이 합금은 주조 부품 및 열간 프레스 부품에 사용된다.

[0007] 납을 합금에서 취성 인화물을 형성하는 인으로 대체하는 것에 대해서는 또한 공개공보 WO 2020/261 604 A1에 Cu 58.5 내지 63.5 중량%, Si 0.4 내지 1.0 중량%, P 0.005 내지 0.19 중량%, Pb 0.003 내지 0.25 중량%. 나머지 아연 및 기타 임의의 원소를 갖는 재료가 기재되어 있다. 인화물을 형성하기 위해 P를 0.005 내지 0.19중량% 첨가하고 α 및 β상을 강화하기 위해 Si를 0.4 내지 1.0중량% 첨가하면 절삭 가공이 용이한 재료가 된다. 그러나, 납에 의한 조직의 결정립 미세화 효과를 얻기 위해서는 P 함량이 최대 0.19중량%인 것은 너무 낮다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 뛰어난 절삭성, 우수한 기계적 성질 및 생태학적으로 해로운 합금 성분의 가능한 한 낮은 함량을 가지며 와이어, 관 또는 봉 형상의 반제품 제조용 구리-아연 단조 합금을 제공하는 목적을 기반으로 한다.

[0009] 더욱이, 이 합금은 산업적 규모로 가공하기 쉬워야 한다. 이를 위해서는 압출 등을 통해 쉽게 열간 성형할 수 있어야 하고, 인발이나 압착(crimping) 등을 통해 쉽게 냉간 성형할 수 있어야 하며, 이 합금으로 만든 반제품은 우수한 직진도 및 매우 우수한 치수 정밀도를 가져야 한다. 또한, 본 발명은 이러한 합금으로부터 와이어, 관 또는 봉 형상의 반제품을 제조하는 방법을 특정하는 목적을 기반으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은 전신재 구리-아연 합금에 관한 청구항 1의 특징 및 제조 방법에 관한 청구항 16의 특징에 의해 표현된다. 추가적인 종속 청구항은 본 발명의 유리한 발전 및 추가적인 발전에 관한 것이다.

[0011] 본 발명은 와이어, 관 또는 봉 형상의 반제품 제조용 구리-아연 전신재 합금에 관한 것으로서, 상기 구리-아연 전신재 합금은 중량%로

[0012] Cu: 58.0 내지 66.0%,

[0013] Si: 0.15 내지 1.2%,

[0014] P: 0.20 내지 0.38%,

[0015] Sn: 선택적으로(optionally) 최대 0.5%, 바람직하게는 최대 0.3%,

[0016] Al: 선택적으로 최대 0.05%,

[0017] Fe: 선택적으로 최대 0.3%,

[0018] Ni: 선택적으로 최대 0.3%,

[0019] Pb: 선택적으로 최대 0.25%, 바람직하게는 최대 0.10%,

[0020] Bi: 선택적으로 최대 0.1%,

[0021] Te, Se, In: 선택적으로 각각 최대 0.1%,

[0022] B: 선택적으로 최대 0.01%,

[0023] 잔부: Zn 및 불가피한 불순물의 조성을 갖고,

[0024] 여기에서, 상기 불가피한 불순물의 비율이 0.2 중량% 미만이다. 상기 구리-아연 전신재 합금은 구상(球狀)의 α상, β상 및 인화물(phosphide) 입자의 조직을 갖는다. 상기 인화물 입자는 바람직하게는 구리 및/또는 아연 함유 인화물을 함유하거나 또는 구리 및/또는 아연 함유 인화물이다. 상기 α상과 β상의 합계에서 β상의 비율은 적어도 20 체적%, 바람직하게는 적어도 22 체적% 내지 최대 60 체적%, 바람직하게는 최대 40 체적%이다. Si는 상기 α상 및 β상 모두에 존재한다. 21000 μm^2의 면적에서 0.5 내지 1 μm의 등가 직경을 갖는 인화물 입자가 50 내지 700개, 등가 직경 1 내지 2 μm의 인화물 입자가 10 내지 300개, 등가 직경 2 내지 5 μm의 인화물 입자가 3 내지 45개 존재한다. 상기 β상의 비율 및 Si, P 및 Pb의 비율은 상기 구리-아연 전신재 합금이 아래 조건을 만족하도록 선택된다:

[0025] 107.378 - 2.25255 · [Beta] - 64.1438 · [Si] - 115.18 · [P] - 30.7071 · [Pb]

[0026] + 0.017965 · [Beta] · [Beta] + 24.6217 · [Si] · [Si] + 66.7257 · [P] · [P]

[0027] + 0.542512·[Beta]·[Si] + 1.36208·[Beta]·[P] + 43.4012·[Si]·[P] < 37. 여기서 [Beta]는 체적% 단위의 β상 비율이고, [Si]는 중량% 단위의 규소 비율이고, [P]는 중량% 단위의 인의 비율이고, [Pb]는 중량% 단위의 납의 비율을 나타낸다.

[0028] 본 발명은 합금의 절삭성을 손상시키지 않으면서 구리-아연 합금 중의 Pb의 비율을 가능한 한 감소시키려는 아이디어에 기초하고 있다. 이러한 목적을 위하여 Si 및 P를 합금에 특별히 첨가하고 β 상의 비율을 조정함으로써, 한편으로는 유리한 절삭성이 얻어지고, 다른 한편으로는 합금의 열간 및 냉간 성형성이 손상되지 않으며, 합금으로 제조된 반제품은 우수한 직진도를 갖는다. 또한, 특히 주조 및 열간 성형 중의 공정 제어는 목적하는 성질이 얻어지도록 선택된다.

[0029] 구상 α 상은 반제품의 우수한 직진도 및 치수 정밀도를 위한 전제조건이다. 열간 성형 후 β상으로부터 α상이 생성된다. 따라서, 주조 상태(as-cast state)에서 β상은 미세 결정립(fine-grained)이어야 한다. 놀랍게도, P 함량이 증가함에 따라 β 상으로 만들어진 원래의 베이스 매트릭스(original base matrix)의 주조 조직에 상당한 결정립 미세화가 발생하는 것으로 나타났다. 주조 조직 및 그 후의 성형 조직의 충분한 결정립 미세화를 달성하기 위해서는 적어도 0.20 중량%의 P 첨가가 필요하다. 이는 α-β 황동의 결정립 미세화에 대한 2 내지 3 중량% Pb의 효과와 유사하다. β 미결정의 1차 결정화 동안 잔류 용융물은 P로 농축되어 β상의 세분화(subdivision)로 이어진다. 응고하는 동안 인화물과 β상으로 이루어진 공정(eutectic)이 형성된다. β 상의 베이스 매트릭스의 결정립 미세화 이외에도 α 미결정의 결정립 미세화가 관찰된다. P에 의한 주조 조직의 이러한 결정립 미세화는 열간 성형을 용이하게 하고, 열간 성형 후의 조직까지 계속되어, 그 결과 최종 상태에서 결정립 미세화를 유도한다. P 비율이 적어도 0.20 중량%인 경우, 최종 상태에서 인화물 입자는 α 상과 β 상 모두에 존재한다. 바람직하게는, 합금은 적어도 0.22 중량%의 P를 함유한다. P 함량이 0.38 중량%를 초과하면, 주조 상태에서 조대 인화물(coarse phosphides)이 형성되고, 이때 개별 인화물은 응고되어 긴 네트워크와 같은 형상(long network-like shape)을 형성한다. 이러한 조대 인화물은 결정립계를 적시고, 열간 성형 중에 용융하여 재료에 균열을 일으킨다. 또한, 연성도 감소한다.

[0030] 그러나 이러한 바람직하지 않은 영향은, 예를 들면 수직 주형을 사용하여 주조하는 경우와 같이, 합금을 주조할 때 냉각 속도가 너무 느린 경우 P 함량이 0.38 중량% 미만인 경우에도 발생할 수 있다. 예를 들어 수냉식 주형을 사용한 연속 주조에서는 필요한 높은 냉각 속도가 달성된다. 이러한 방식으로, P 함량이 0.20 내지 0.38 중량%인 경우 인화물 입자는 주조 상태에서 조직 중에 이미 구상으로 미세하게 분포되어 있는 것이 달성된다. 그 후, 이러한 주조 제품은 620 내지 700℃, 바람직하게는 630 내지 680℃의 온도에서 쉽게 열간 프레스될 수 있다. 재료에 균열이 생기지 않는다.

[0031] 또한, 구상 α상의 경우, 열간 성형 후 재료의 냉각이 제어된 방식으로 이루어져야 하는 것이 필요하다: 550 ℃ 내지 350 ℃의 온도 범위에서 냉각 속도는 적어도 분당 30 ℃(℃/분), 바람직하게는 적어도 분당 40 ℃, 최대 분당 60 ℃, 바람직하게는 최대 분당 50 ℃이어야 한다. 주조 상태에서 미세 결정립 β상에 수반되는 균일하고 미세하게 분포된 인화물은 열간 성형 중에 매트릭스에 용해된 다음 열간 성형 중 냉각 공정 중에 새로이 형성된다. 이러한 방식으로, 주조 상태의 인화물의 특징적인 분포는 궁극적으로 최종 상태의 조직에 반영된다. 따라서 최종 상태의 인화물 분포와 α 상의 구상 형태는 합금의 화학적 조성뿐만 아니라 주조 및 열간 성형 중의 공정 제어에 의해서도 결정된다. 따라서 최종 상태의 인화물의 특성은 특별한 공정 제어가 제품에 남기는 지문과 같다. 최종 상태에서의 인화물 분포는 다음과 같이 특성화(characterization)될 수 있다: 21000 μm^2의 면적에서 0.5 내지 1㎛의 등가 직경을 갖는 인화물 입자가 50 내지 700개, 등가 직경 1 내지 2㎛의 인화물 입자가 10 내지 300개, 등가 직경 2 내지 5㎛의 인화물 입자가 3 내지 45개 존재한다. 인화물 입자의 등가 직경은 인화물 입자와 동일한 면적을 갖는 원의 직경으로 이해된다. 등가 직경이 적어도 0.5㎛인 대부분의 인화물 입자는 등가 직경이 최대 2㎛이다. 바람직하게는, 등가 직경이 0.5㎛ 내지 2㎛인 인화물 입자의 비율은 등가 직경이 적어도 0.5㎛인 전체 인화물 입자 수의 적어도 70%이다. 특히 바람직하게는 이 비율은 적어도 80%이다. 또한, 등가 직경이 적어도 0.5㎛인 모든 인화물 입자의 적어도 40%, 바람직하게는 적어도 60%는 등가 직경이 최대 1㎛인 것이 유리하다. 등가 직경이 0.5㎛ 미만 또는 5㎛ 초과인 인화물이 합금중에 존재하는 것도 배제되지 않는다. 등가 직경이 5㎛ 초과인 인화물 입자의 수는 등가 직경이 2 내지 5㎛인 인화물 입자 수의 최대 30%, 바람직하게는 최대 15%이다.

[0032] 취성 구조 성분들은 절삭 가공 중에 분리점(separation points) 역할을 하여 칩 파절을 지원하므로 합금의 절삭성에 유리하다. β 상은 취성이어서 절삭성이 우수하다. β 상의 비율 증가는 Zn 함량을 증가시키거나 및/또는 규소를 합금함으로써 달성될 수 있는데, 그 이유는 규소가 β 상을 안정화시키기 때문이다. 우수한 절삭성을 위

해서는 α상의 연성이 감소하는 것이 또한 유리한 것으로 입증되었다. 이는 α상에 규소를 합금화하고 통합하는 것뿐만 아니라 α상에 미세하게 분포된 인화물에 의하여 달성된다. 따라서, 합금 중의 Si 비율은 적어도 0.15 중량% 이어야 한다. 위에서 설명한 인화물 입자는 절삭 가공 중 분리점으로 작용하고 칩 파절을 촉진하는 입자를 나타낸다. 0.20 중량% 미만의 P 비율은 불량한 칩과 더 조대한 결정립을 초래한다. 더욱이, 소량의 선택적인(optional) Pb 비율은 절삭성에 유리한 효과를 갖는다.

[0033] 따라서 합금의 절삭성은 파라미터들 β 상, Si 및 P와 선택적으로 존재하는 작은 비율의 Pb의 조합 선택에 의해 결정된다. 제안된 구리-아연 전신재 합금에서, α상 및 β상의 합계에서 β상의 비율은 적어도 20 체적%, 바람직하게는 적어도 22 체적%이다. β상의 비율이 높으면 냉간 성형성에 부정적인 영향을 미친다. 따라서, β상의 비율은 최대 60 체적%, 바람직하게는 최대 40 체적%이다. 합금의 Si 함량은 0.15 내지 1.2 중량%이고, P 함량은 0.20 내지 0.38 중량%이다. 또한, 최대 0.25 중량%의 Pb, 바람직하게는 최대 0.10 중량%의 Pb가 첨가될 수 있다. 합금이 아래 조건을 만족하도록 β 상의 비율과 Si, P 및 Pb의 비율이 선택된다.

[0034] 107.378 - 2.25255·[Beta] - 64.1438·[Si] - 115.18·[P] - 30.7071·[Pb]

[0035] + 0.017965·[Beta]·[Beta] + 24.6217·[Si]·[Si] + 66.7257·[P]·[P]

[0036] + 0.542512·[Beta]·[Si] + 1.36208·[Beta]·[P] + 43.4012·[Si]·[P] < 37.

[0037] 여기서 [Beta]는 체적% 단위의 β상 비율이고, [Si]는 중량% 단위의 규소 비율이고, [P]는 중량% 단위의 인의 비율이고, [Pb]는 중량% 단위의 납의 비율이다. 이 관계는 합금의 절삭성에 대한 파라미터들 β 상, Si, P 및 Pb의 영향과 이러한 파라미터들의 상호 작용을 정량적으로 설명한다. 예를 들어, 합금 조성을 특정하는 범위 내에서 낮은 비율의 β상은 더 높은 비율의 규소 및/또는 인에 의해 균형을 이룰 수 있으며, 그 반대도 마찬가지이다.

[0038] 합금의 Cu 함량은 58.0 내지 66.0중량%이다. Cu 비율이 58.0중량% 미만이면 합금의 연성이 너무 낮다. Cu 비율이 66.0 중량%를 초과하면 합금 중의 아연 비율이 너무 낮아서 우수한 절삭성을 달성할 수 없다.

[0039] 또한, 합금의 조성은 바람직하게는 Si/P 비가 적어도 0.6, 특히 바람직하게는 적어도 0.9가 되도록 선택될 수 있다. 더욱 바람직한 일 구현예에서, 합금의 조성은 Si 및 P의 합이 적어도 0.58 중량%, 특히 바람직하게는 적어도 0.64 중량%가 되도록 선택될 수 있다. 위에 언급된 두 조치 모두 서로 독립적으로 그리고 조합하여 위에 설명된 관계를 충족하고 따라서 유리한 절삭성을 달성하는 데 기여한다.

[0040] 선택적인 원소인 Sn 및 Al은 β상의 형성을 지원한다. Sn 비율이 0.5 중량%를 초과하면 추가적인 주석 함유 상이 형성될 수 있으며, 이는 합금 특성에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 주석의 비율은 바람직하게는 최대 0.3 중량%, 특히 바람직하게는 최대 0.2 중량% 이어야 한다. 또한, 알루미늄은 인과 함께 인화알루미늄(aluminum phosphides)을 형성한다. 그러나 이는 바람직하지 않기 때문에 Al 비율이 0.05 중량%를 초과해서는 안된다.

[0041] 철은 조직의 결정립 미세화로 이어진다. 또한, 철은 경질 인화물을 형성하여 절삭 가공 중 공구의 사용 수명에 불리한 영향을 미친다. 따라서, 철의 비율은 최대 0.3 중량%, 바람직하게는 최대 0.1 중량%일 수 있다.

[0042] 니켈은 α 상의 형성을 지원한다. 더욱이, 니켈은 인화물을 형성하는데, 이는 절삭성에 아무런 유익한 영향을 미치지 않는다. 따라서, 니켈의 비율은 최대 0.3 중량%, 바람직하게는 최대 0.1 중량%일 수 있다.

[0043] Bi 원소는 예를 들면 고철 등의 2차 원료에 불순물로 존재한다. 이는 합금의 절삭성을 향상시킬 수 있다. Bi는 최대 0.1 중량%까지의 양에서는 합금에 부정적인 영향을 미치지 않는다. 따라서, 합금 중에서 최대 0.1 중량%의 Bi가 허용된다. 바람직하게는, Bi의 비율은 0.015 중량% 미만이다.

[0044] Te, Se 및 In 원소는 합금의 절삭성에 유익한 영향을 미칠 수 있다. 각각 최대 0.1 중량%까지의 양에서는, 이들 원소는 합금에 부정적인 영향을 미치지 않는다. 따라서, 합금 중에서 각각 최대 0.1 중량%의 Te, Se 및 In이 허용된다.

[0045] 최대 0.01 중량%의 붕소의 선택적인 비율은 결정립 미세화에 기여한다.

[0046] 합금 조성물의 나머지는 아연과 불가피한 불순물로 구성된다. 불순물이 합금 특성에 미치는 제어할 수 없는 영향을 회피하기 위해 이들 불순물의 비율은 최대 0.2 중량%이다. 바람직하게는, Mn 및 Mg의 비율은 각각 최대 0.1 중량%, 특히 바람직하게는 최대 0.05 중량%이어야 하는데, 그 이유는 이들 원소가 구리 및/또는 아연 함유 인화물과 경쟁할 수 있는 인화물을 형성할 수 있기 때문이다.

[0047] 본 발명의 바람직한 구현예에서, 합금 중의 Pb 비율은 적어도 0.02 중량%일 수 있다. 이렇게 적은 양의 Pb라도 절삭성을 향상시키고 결정립 미세화에 긍정적인 영향을 미친다.

[0048] 유리하게는, P의 중량 비율과 Fe 및 Ni의 합계 중량 비율의 비는 2.0보다 클 수 있으며, 즉 P/(Fe+Ni) > 2.0일 수 있다. 이는 절삭성에 유리한 구리 및/또는 아연 함유 인화물이 주로 형성되는 것을 보장한다. 철 인화물 또는 니켈 인화물의 형성이 억제된다.

[0049] Fe 및 Ni의 합계 비율이 최대 0.1 중량%인 것이 특히 유리할 수 있다. 이러한 제한은 또한 구리 및/또는 아연 함유 인화물의 형성에 비해 철 인화물 및 니켈 인화물의 형성을 억제한다.

[0050] 본 발명의 특히 유리한 구현예에서, P 비율은 적어도 0.26 중량% 및 최대 0.33 중량%일 수 있다. P 비율이 적어도 0.26 중량%인 경우, 충분한 수의 인화물 입자가 형성되어 특히 미세한 결정립, 구상 α 상 및 매우 우수한 절삭성을 달성한다. 합금 중의 P 비율이 최대 0.33 중량%이면, 열간 가공시 균열이 더 확실히회피될 수 있다.

[0051] 본 발명의 추가적인 구현예의 맥락에서, Si 비율은 최대 0.35 중량%일 수 있다. 상대적으로 Si 비율이 낮은 구리-아연 전신재 합금은 높은 전기 전도도를 특징으로 한다. 이 경우, 전기 전도도는 적어도 12 MS/m이다.

[0052] 본 발명의 추가적인 구현예의 맥락에서, Si 비율은 적어도 0.25 중량%, 바람직하게는 적어도 0.30 중량%일 수 있다. 이에 의하여 우수한 절삭성과 동시에 우수한 표면 품질이 얻어진다.

[0053] 특히, 위에서 설명된 구현예에서, Cu 비율은 적어도 60.0 중량% 및 최대 61.5 중량%일 수 있다. 특히 유리한 특성을 갖는 합금은 Cu 60.0 내지 61.5 중량%, Si 0.25 내지 0.35 중량% 및 P 0.26 내지 0.33 중량%, 나머지 Zn 및 불가피한 불순물의 조성으로 얻어진다.

[0054] 본 발명의 대안적인 구현예의 맥락에서, Si 비율은 적어도 0.50 중량% 및 최대 1.0 중량%일 수 있다. 이 범위의 Si 비율을 갖는 구리-아연 전신재 합금은 여전히 우수한 연성을 유지하면서 우수한 절삭성을 특징으로 한다.

[0055] 유리하게는, 상기 구리-아연 전신재 합금은 적어도 170 HV10, 바람직하게는 적어도 180 HV10의 경도를 가질 수 있다.

[0056] 유리하게는, 상기 구리-아연 전신재 합금은 적어도 520 MPa, 바람직하게는 적어도 560 MPa의 인장 강도 Rm을 가질 수 있다.

[0057] 유리하게는, 상기 구리-아연 전신재 합금은 최대 21㎛, 바람직하게는 최대 17㎛의 α 결정립 크기를 가질 수 있다.

[0058] 유리하게는, 상기 구리-아연 전신재 합금은 적어도 12MS/m의 전기 전도도를가질 수 있다.

[0059] 본 발명은 또한 위에서 설명한 구리-아연 전신재 합금으로 제조된 와이어, 관 또는 봉 형상의 반제품 뿐만 아니라 이러한 반제품으로부터 절삭 가공 및 선택적인 추가적인 가공 단계로부터 제조는 부품에 관한 것이다. 상기 반제품은 프로파일 형태일 수도 있다.

[0060] 본 발명의 또 다른 측면은 와이어, 관 또는 봉 형상의 반제품을 제조하는 방법에 관한 것이다. 이 방법은 다음 단계를 포함한다:

[0061] a) 위에서 설명한 조성을 갖는 구리 합금을 용융하는 단계,

[0062] b) 수냉식 주형을 사용하여 관상 또는 볼트상 주조 포맷(tubular or bolt-shaped casting format)을 연속 주조하는 단계,

[0063] c) 620 내지 700 ℃의 온도에서 상기 주조 포맷을 열간 프레스한 후 550 내지 350℃의 온도 범위에서 분당 30 내지 60 ℃의 냉각 속도로 냉각하는 단계,

[0064] d) 선택적으로(optionally) 525 내지 625 ℃의 온도 범위에서 1 내지 5 시간 동안 열처리한 후 500 내지 350 ℃의 온도 범위에서 분당 20 내지 40 ℃의 냉각 속도로 냉각하는 단계,

[0065] e) 선택적으로(optionally) 냉간 성형하는 단계.

[0066] Cu 캐소드, Zn 잉곳, 황동 스크랩, Cu-P 마스터 합금 및 Cu-Si 마스터 합금을 사용하여 합금을 용융할 수 있다. 용융은 바람직하게는 유도로에서 수행된다. 용융물은 수냉식 주형에서 관상 또는 볼트상 주조 포맷으로 주조된다.

[0067] 주조 포맷은 선택적으로 밀링된 다음 620 내지 700 ℃의 온도에서 열간 프레스될 수 있다. 이어서, 열간 프레스된 중간 생성물은 냉각되며, 이때 이 냉각은 분당 30 내지 60 ℃, 바람직하게는 분당 40 내지 50 ℃의 냉각 속도로 550 내지 350 ℃의 온도 범위에서 일어난다. 이와 같이 한정된 냉각에 의해 α 상 및 β 상 비율의 유리한 비율뿐만 아니라 구리 및/또는 아연을 함유하는 인화물의 유리한 입자 분포가 설정된다. 열간 프레스 전에, 선택적인 열처리가 주조 제품을 균질화하기 위해 수행될 수 있다.

[0068] 제1 제조 공정에서, 더 이상의 중간 단계 없이 열간 프레스 후 산세척(pickling)과 그 후 냉간 성형이 이루어질 수 있다. 냉간 성형시 변형도(degree of deformation)는 바람직하게는 3 내지 30%이다. 여기서 변형도란 제품의 단면적이 상대적으로 감소하는 것을 의미한다. 산세척 공정을 제외하고 열간 프레스와 냉간 성형 사이에 추가 작업 단계가 없기 때문에 이 제1 제조 공정은 매우 저렴하다.

[0069] 제2 제조 공정에서는 열간 프레스 후 525 내지 625 ℃, 바람직하게는 550 내지 600 ℃에서 1 내지 5 시간의 기간 동안 열처리한 후, 500 내지 350 ℃의 온도 범위에서 분당 20 내지 40 ℃의 냉각속도로 냉각한다. 열처리 후 정의된 냉각과 조합하여 열처리 조건을 선택함으로써 α상 및 β상 비율의 유리한 비(ratio)뿐만 아니라 구리 및/또는 아연 함유 인화물의 유리한 입자 분포를 설정할 수 있다. β 상의 비율을 증가시키는 것이 요구되는 경우, 열처리는 약 600 ℃에서 수행되어야 한다. α 상의 비율을 증가시키는 것이 요구되는 경우, 열처리는 약 550 ℃에서 수행되어야 한다. 열처리를 통해 인화물의 입자 분포뿐만 아니라 α상 비율 및 β상 비율의 비를 조정하고 최적화할 수 있다. 특히, 연성이 향상될 수 있다. 열처리 후, 상기 제2 제조 공정에서와 동일하게 산세척 및 냉간 성형 단계가 뒤따른다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0070] 본 발명에 따른 방법의 추가적인 기술적 특징 및 이점과 관련하여, 본 발명에 따른 구리-아연 전신재 합금과 관련된 설명 및 예시적인 실시예를 명시적으로 참조한다.

[0071] 본 발명은 예시적인 실시예를 사용하여 더 자세히 설명된다.

[0072] 샘플 번호 1 내지 번호 45는 유도로에서 용융된 후 주조되었다. 샘플의 조성은 표 1 내지 4에 기록되어 있다. 샘플 번호 16은 납 함유 참조 합금 CuZn39Pb3을 나타낸다. 샘플들은 밀링되었고 650 ℃에서 1 시간 동안 균질화된 후 열간 성형되었다. 열간 성형 후 냉각될 때 냉각 속도는 550 내지 350 ℃ 온도 범위에서 분당 약 40 ℃이었다.

[0073] 샘플 번호 1 내지 번호 26은 열간성형 후 밀링된 후, 변형도 20%로 냉간성형되었다. 샘플 번호 27 내지 번호 45는 열간 성형된 후 3시간 동안 어닐링되었다. 어닐링 온도는 샘플 번호 28 및 번호 35 내지 번호 41의 경우 약 600 ℃ 이었던 반면, 샘플 번호 27, 번호 29 내지 번호 34 및 번호 42 내지 번호 45의 경우 약 550 ℃였다. 어닐링 후, 냉각은 분당 약 25 ℃의 냉각 속도로 500 내지 350 ℃의 온도 범위에서 이루어졌다. 이어서, 샘플 번호 27 내지 번호 45는 밀링된 후 20%의 변형도로 냉간 성형되었다.

[0074] 최종 상태에서 인장시험에 의한 인장강도 Rm과 파단신율, 경도(비커스 경도 HV10), 전기전도도가 측정되었다. 광학 현미경을 사용하여 샘플의 세로 단면이 검사되었다. 이로부터 α 결정립 크기뿐만 아니라 체적 분율에 해당하는 α 상과 β 상의 면적 비율도 측정되었다. 에칭되지 않은 샘플의 광학 현미경 이미지를 사용하여 인화물 입자의 크기 분포가 정량적으로 측정되었다. 167 μm x 126 μm(21000 μm^2 면적에 해당) 크기의 이미지 섹션이 선택되고 이것은 ImageJ 소프트웨어를 사용하여 1000x 배율에서 평가되었다. 이러한 방식으로, 개개의 입자들이 인식되고 이들의 등가 직경과 면적을 결정하는 것이 가능했다. 등가 직경을 기준으로 인화물 입자는 0.5 내지 1μm, 1 내지 2μm, 2 내지 5μm 및 존재하는 경우 5μm보다 큰 범주로 분류되었다.

[0075] 절삭성은 평삭 시험(planing test)을 통해 측정되었다. 칩 파절을 촉진하는 윤곽을 갖춘 인덱싱 가능한 인서트(indexable insert)가 사용되었다. 절삭 깊이는 125 μm, 평삭 속도는 35 m/min이었다. 평삭 가공에서 공구에 작용하는 굽힘 모멘트가 측정되었고, 이로부터 굽힘 모멘트의 평균값이 결정되었다. 생성된 칩이 시각적으로 평가되었고 칩 형태에 따라 분류되었다. 칩 형태에는 다음 목록에 따라 칩 형태 번호가 지정되었다.

표 0

[0076]

칩 형태 번호	칩 형태
0	찢긴 칩(ripped chip), 나선형 칩
0.5	1 내지 2 회전으로 롤링된 칩
0.75	270° 내지 360° 의 각도를 이루는 원호가 있는 롤링된 칩

1	180° 내지 270° 의 각도를 이루는 원호가 있는 롤링된 칩
1.25	180° 미만의 각도를 이루는 원호가 있는 롤링된 칩

[0077] 칩 형태 번호 1은 납 함유 참조 합금 CuZn39Pb3(샘플 번호 16)에 해당한다.

[0078] 조사 결과는 표 1 내지 4에 나타나 있다. 어닐링되지 않은 샘플 번호 1 내지 번호 15(표 1) 및 어닐링된 샘플 번호 27 내지 번호 34(표 3)은 본 발명에 따른 샘플이다. 어닐링되지 않은 샘플 번호 16 내지 번호 26(표 2) 및 어닐링된 샘플 번호 35 내지 번호 45(표 4)는 비교 샘플이며 (*)로 표시된다.

[0079] 평삭 가공 중 결정된 굽힘 모멘트와 칩의 형태가 샘플의 절삭성을 평가하기 위해 사용되었다. 최대 36Nm의 평균 굽힘 모멘트와 칩 형태 번호 1 또는 1.25에 해당하는 칩이 매우 우수한 것으로 평가되었다.

[0080] 또한 측정된 평균 굽힘 모멘트를 β 상의 체적 비율과 Si, P 및 Pb의 중량 비율의 함수로 파라미터화하려는 시도가 이루어졌다. 이러한 방식으로 결정된 기능적 상관관계는 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0081] $f = 107.378 - 2.25255 \cdot [Beta] - 64.1438 \cdot [Si] - 115.18 \cdot [P] - 30.7071 \cdot [Pb] + 0.017965 \cdot [Beta] \cdot [Beta] + 24.6217 \cdot [Si] \cdot [Si] + 66.7257 \cdot [P] \cdot [P]$

[0082] $+ 0.542512 \cdot [Beta] \cdot [Si] + 1.36208 \cdot [Beta] \cdot [P] + 43.4012 \cdot [Si] \cdot [P] < 37$

[0083] 여기서 f는 측정된 굽힘 모멘트를 Nm 단위로 대략적으로 정량화하고 [Beta]는 체적% 단위의 β상 비율이고, [Si]는 중량% 단위의 규소 비율이고, [P]는 중량% 단위의 인의 비율이고, [Pb]는 중량% 단위의 납의 비율이다. 이 공식에 따라 계산된 f 값은 표 1 내지 4의 마지막 열에 나타나 있다. 이 값 f를 측정된 굽힘 모멘트와 비교하면 두 양이 매우 잘 일치함을 알 수 있다. 본 발명에 따른 샘플 번호 1 내지 번호 15 및 번호 27 내지 번호 34는 모두 측정 굽힘 모멘트가 36 Nm 미만이며, f 값이 37 미만인 것을 특징으로 한다.

표 1: 본 발명에 따른 샘플, 어닐링되지 않음

샘플 번호	Cu	Zn	Si	P	Pb	기타 원소	α 상	β 상	α 결정립 크기	인화물 0.5 - 1㎛	인화물 1 - 2㎛	인화물 2 - 5㎛
	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	체적%	체적%	㎛	21000㎛² 당	21000㎛² 당	21000㎛² 당
1	59.979	39.365	0.269	0.379			63	35	12	128	103	45
2	60.876	38.534	0.286	0.295			76	24	15	385	74	3
3	63.001	36.005	0.68	0.307			72	28	13	181	56	28
4	62.512	36.593	0.591	0.299			78	22	11	92	37	20
5	64.440	34.22	1.013	0.320			80	20	14	153	56	25
6	63.219	35.702	0.676	0.302	0.091		79	21	13	105	33	13
7	62.435	36.553	0.591	0.310	0.102		76	24	15	207	121	31
8	64.496	34.094	0.992	0.298	0.115		80	20	14	319	43	13
9	63.049	35.832	0.704	0.309		Fe:0.1 B:0.0025	78	22	14	75	21	9
10	61.508	37.537	0.684	0.266			64	36	9	614	132	12
11	61.078	38.044	0.586	0.288			63	37	14	270	285	15
12	63.055	35.642	0.997	0.302			72	28	12	345	146	16
13	61.489	37.414	0.666	0.330	0.091		74	26	10	424	192	21
14	61.100	37.896	0.581	0.322	0.094		68	32	10	716	99	14
15	63.096	35.484	1.004	0.317	0.095		63	37	11	76	77	20

[0084]

표 1(계속): 본 발명에 따른 샘플, 어닐링되지 않음

샘플 번호	Cu	Zn	Si	P	Pb	기타 원소	경도	R_m	파단 신율	전기 전도도	굽힘 모멘트	칩 형태 번호	f
	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	HV10	MPa	%	MS/m	Nm	-	-
1	59.977	39.363	0.269	0.383			191	565	6.8	12.43	33.6	1.25	28.6
2	60.876	38.534	0.286	0.295			185	564	10.2	12.06	35.7	1	36.2
3	63.001	36.005	0.68	0.307			189	593	10.9	9.54	31.0	1.25	28.2
4	62.512	36.593	0.591	0.299			190	581	10.9	10.02	31.5	1.25	32.4
5	64.440	34.22	1.013	0.320			196	597	9.9	8.37	32.9	1.25	33.6
6	63.219	35.702	0.676	0.302	0.091		195	593	12.6	9.43	29.0	1	29.6
7	62.435	36.553	0.591	0.310	0.102		180	580	10.3	10.03	28.2	1	27.7
8	64.496	34.094	0.992	0.298	0.115		197	601	12.1	8.23	27.4	1	29.9
9	63.049	35.832	0.704	0.309		Fe: 0.1 B: 0.0025	190	598	11.9	9.46	32.3	1.25	31.4
10	61.508	37.537	0.684	0.266			194	602	7.2	10.07	25.6	1.25	25.6
11	61.078	38.044	0.586	0.288			183	584	7.6	10.55	26.1	1	25.5
12	63.055	35.642	0.997	0.302			203	619	9.4	8.6	25.4	1	29.9
13	61.489	37.414	0.666	0.330	0.091		189	598	4.7	9.98	25.2	1	26.2
14	61.100	37.896	0.581	0.322	0.094		192	574	4.8	10.43	24.9	1	23.9
15	63.096	35.484	1.004	0.317	0.095		200	618	7.7	8.57	24.5	1.25	26.3

[0085]

표 2: 비교 샘플, 어닐링되지 않음

샘플 번호	Cu	Zn	Si	P	Pb	기타 원소	α 상	β 상	α 결정립 크기	인화물 0,5 – 1 μm	인화물 1 – 2 μm	인화물 2 – 5 μm
	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	체적%	체적%	μm	21000 μm² 당	21000 μm² 당	21000 μm² 당
16 (*)	57.644	39.004			3.348		70	30	17			
17 (*)	59.519	40.165					59	41	21			
18 (*)	60.854	38.868	0.269				65	35	23			
19 (*)	60.774	38.888	0.281	0.051			68	32	19	33	8	
20 (*)	60.922	38.69	0.277	0.102			67	33	20	195	79	
21 (*)	62.404	37.056	0.53				73	27	25			
22 (*)	62.296	37.015	0.579	0.102			71	29	22	94	103	2
23 (*)	59.761	39.993		0.241			75	25	15	18	15	
24 (*)	58.791	40.909		0.294			73	27	11	33	27	6
25 (*)	62.910	35.755	0.68	0.648			79	21	14	340	118	79
26 (*)	61.886	36.765	0.697	0.644			79	21	17	266	196	53

[0086]

표 2 (계속): 비교 샘플, 어닐링되지 않음

샘플 번호	Cu	Zn	Si	P	Pb	기타 원소	경도	R_m	파단 신율	전기 전도도	굽힘 모멘트	칩 형태 번호	f
	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	HV10	MPa	%	MS/m	Nm	-	-
16 (*)	57.644	39.004			3.348						22.0	1	
17 (*)	59.519	40.165					156	492	22.3	16.78	64.9	0	45.2
18 (*)	60.854	38.868	0.269				173	525	20.4	13.58	35.2	0.5	40.2
19 (*)	60.774	38.888	0.281	0.051			167	540	17	13.12	33.6	0.75	39.6
20 (*)	60.922	38.69	0.277	0.102			167	531	14.6	12.73	35.4	1	36.4
21 (*)	62.404	37.056	0.53				174	538	16.2	11.4	36.5	0.5	40.3
22 (*)	62.296	37.015	0.579	0.102			174	560	10.6	10.7	33.2	1	32.9
23 (*)	59.761	39.993		0.241			163	515	17.9	15.08	49.9	1.25	46.6
24 (*)	58.791	40.909		0.294			174	527	12.1	15.74	39.0	1.25	42.4
25 (*)	62.910	35.755	0.68	0.648			200	593	7.2	9.22	31.5	1.25	34.6
26 (*)	61.886	36.765	0.697	0.644			192	606	4.6	9.42	26.2	1.25	34.6

[0087]

표 3: 본 발명에 따른 샘플, 어닐링됨

샘플 번호	Cu	Zn	Si	P	Pb	기타 원소	α 상	β 상	α 결정립 크기	인화물 0,5 – 1 μm	인화물 1 – 2 μm	인화물 2 – 5 μm
	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	체적%	체적%	μm	21000 μm² 당	21000 μm² 당	21000 μm² 당
27	59.977	39.363	0.269	0.383			62	38	15	105	106	44
28	60.876	38.534	0.286	0.295			61	39	21	73	47	45
29	61.508	37.537	0.684	0.266			73	27	11	318	62	15
30	61.078	38.044	0.586	0.288			77	23	12	207	112	21
31	63.055	35.642	0.997	0.302			74	26	16	211	106	28
32	61.489	37.414	0.666	0.33	0.091		69	31	11	238	103	20
33	61.1	37.896	0.581	0.322	0.094		74	26	13	162	96	29
34	63.096	35.484	1.004	0.317	0.095		78	22	14	93	38	17

[0088]

표 3(계속): 본 발명에 따른 샘플, 어닐링됨

샘플 번호	Cu	Zn	Si	P	Pb	기타 원소	경도	R_m	파단 신율	전기 전도도	굽힘 모멘트	칩 형태	f
	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	HV10	MPa	%	MS/m	Nm	번호	-
27	59.977	39.363	0.269	0.383			173	555	15	12.45	32.3	1.25	27.8
28	60.876	38.534	0.286	0.295			172	526	13.4	12.06	34.0	1	27.7
29	61.508	37.537	0.684	0.266			189	597	10.3	10.81	30.3	1.25	29.1
30	61.078	38.044	0.586	0.288			183	573	10.9	11.19	30.7	1	32.0
31	63.055	35.642	0.997	0.302			194	600	10.5	9.15	28.8	1	30.6
32	61.489	37.414	0.666	0.33	0.091		189	578	5.2	10.64	27.9	1	24.2
33	61.1	37.896	0.581	0.322	0.094		189	574	7.7	11.15	28.0	1	26.7
34	63.096	35.484	1.004	0.317	0.095		194	604	8.1	9.07	27.3	1.25	29.5

[0089]

표 4: 비교 샘플, 어닐링됨

샘플 번호	Cu	Zn	Si	P	Pb	기타 원소	α 상	β 상	α 결정립 크기	인화물 0,5 – 1 μm	인화물 1 – 2 μm	인화물 2 – 5 μm
	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	체적%	체적%	μm	21000 μm² 당	21000 μm² 당	21000 μm² 당
35 (*)	60.854	38.868	0.269				70	30	31			
36 (*)	60.774	38.888	0.281	0.051			64	36	31	22	15	
37 (*)	60.922	38.69	0.277	0.102			69	31	39	23	38	18
38 (*)	62.404	37.056	0.53				69	31	38			
39 (*)	62.296	37.015	0.579	0.102			65	35	33	20	27	24
40 (*)	59.761	39.993		0.241			70	30	22	23	32	44
41 (*)	58.791	40.909		0.294			63	37	23	20	25	58
42 (*)	63.001	36.005	0.68	0.307			82	18	15	96	110	66
43 (*)	62.512	36.593	0.591	0.299			81	19	17	167	96	32
44 (*)	64.44	34.22	1.013	0.32			82	18	20	117	99	53
45 (*)	62.91	35.755	0.68	0.648			91	9	17	201	190	66

[0090]

표 4 (계속): 비교 샘플, 어닐링됨

샘플 번호	Cu	Zn	Si	P	Pb	기타 원소	경도	R_m	파단 신율	전기 전도도	굽힘 모멘트	칩 형태 번호	f
	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	중량%	HV10	MPa	%	MS/m	Nm	-	-
35 (*)	60.854	38.868	0.269				150	489	21.5	13.7	38.6	0	44.9
36 (*)	60.774	38.888	0.281	0.051			161	511	17.7	13.13	35.9	0.75	36.4
37 (*)	60.922	38.69	0.277	0.102			163	515	15.6	12.67	35.1	1	38.1
38 (*)	62.404	37.056	0.53				164	510	20.6	11.51	42.9	0.5	36.6
39 (*)	62.296	37.015	0.579	0.102			156	531	12.7	10.71	32.7	1	29.0
40 (*)	59.761	39.993		0.241			150	475	19.1	14.8	39.7	1	41.9
41 (*)	58.791	40.909		0.294			169	501	17.6	15.6	39.3	1	35.3
42 (*)	63.001	36.005	0.68	0.307			168	540	15.2	10.17	39.3	0.5	34.6
43 (*)	62.512	36.593	0.591	0.299			170	536	15	10.75	39.8	0.5	34.8
44 (*)	64.44	34.22	1.013	0.32			183	557	10.7	8.75	39.4	0.5	34.7
45 (*)	62.91	35.755	0.68	0.648			181	531	8.9	10.21	44.5	1	40.1

[0091]

[0092] 샘플 번호 1 내지 번호 15(표 1)은 어닐링되지 않은 상태의 본 발명에 따른 샘플이다. β상의 체적 비율은 적어도 20% 최대 38%이다. α 결정립 크기(α grain size)는 최대 15㎛이다. 경도는 적어도 180 HV10, 인장강도 Rm은 적어도 560 MPa이다. 파단 신율은 적어도 4.7 %이다. 측정된 굽힘 모멘트는 최대 35.7 Nm이다. 모든 샘플에서 칩 형태는 칩 형태 번호 1 또는 1.25에 해당한다.

[0093] 샘플 번호 16 내지 번호 26(표 2)은 어닐링되지 않은 상태의 비교 샘플이다. 참조 샘플 번호 16은 3.3 중량%의 납을 함유하며 매우 우수한 절삭성을 나타낸다. 샘플 번호 17은 납이 없고 다른 합금 원소가 없으면 절삭성이 매우 좋지 않음을 보여준다.

[0094] 샘플 번호 18은 Cu 및 Zn 이외에 Si을 0.27 중량%만 포함한다. 굽힘 모멘트는 우수하나 칩 형태가 좋지 않은데, 이는 칩 브레이커로서의 인화물(phosphide particle) 입자가 부족하기 때문일 수 있다. 0.53 중량% Si를 함유하는 샘플 번호 21에서도 동일한 것을 확인할 수 있다. 샘플 번호 19, 20 및 22는 0.05 내지 0.1 중량%의 인을 함유하며, 이는 칩 형태에 긍정적인 영향을 미치며, 적어도 샘플 번호 19 및 샘플 번호 22의 경우에는 굽힘 모멘트에도 긍정적인 영향을 미친다. 그러나, 샘플 번호 19 및 20에서는 경도 및 인장강도 Rm이 샘플번호 1 내지 15

의 값들에 비해 현저히 낮다. Si 비율이 0.58 중량%인 샘플번호 22는 약간만 개선된 경도 및 인장 강도를 나타낸다. 또한, 샘플 번호 18 내지 번호 22는 α 결정립 크기(grain size)가 19 내지 25㎛로 샘플 번호 1 내지 15에 비해 상당히 크다. α 결정립이 조대해지면 직진도 및 치수 정밀도 측면에서 불리하게 된다.

[0095] P 비율이 0.24 및 0.29 중량%인 실리콘 무함유 샘플 번호 23 및 번호 24는 우수한 칩 형태를 나타내지만 굽힘 모멘트가 높은 수준이다. P 비율이 각각 0.65 중량%인 샘플 번호 25 및 번호 26는 우수한 절삭성을 나타낸다. 그러나, 이들은 P 비율이 높기 때문에 열간 성형 중에 균열이 발생하는 경향이 있다. 또한, 그 결과 실온에서 파단 신율이 낮다. 높은 P 비율은 등가 직경이 2 내지 5㎛인 다수의 인화물 입자에 반영된다. 따라서 합금이 21,000 ㎛² 면적에서 2 내지 5㎛의 등가 직경을 갖는 인화물 입자를 45개 초과로 갖는 경우, 이는 열간 성형성이 좋지 않고 실온에서 취성 재료 거동을 나타낸다.

[0096] 상기 샘플들은 규소가 굽힘 모멘트를 감소시키고 인이 칩 파절을 촉진한다는 사실을 보여준다. 두 원소의 조합은 전체적으로 우수한 절삭성 및 작은 α 결정립 크기를 가져온다.

[0097] 샘플 번호 27 내지 번호 34(표 3)는 어닐링된 상태의 본 발명에 따른 샘플이다. β상의 체적 비율은 적어도 22% 최대 39%이다. 샘플 번호 28의 경우, α 결정립 크기는 21㎛이다. 이는 어닐링 온도가 600 ℃이기 때문일 수 있다. 550 ℃에서 어닐링된 나머지 샘플의 경우, α 결정립 크기는 최대 16㎛이다. 샘플 번호 1 내지 번호 15에 비해, 샘플 번호 27 내지 번호 34는 경도가 적어도 170 HV10으로 약간 낮고, 인장강도(Rm)도 적어도 520 HV10으로 약간 낮다. 반면, 어닐링은 파단 신율을 향상시킨다. 그 결과, 더 연성 재료 상태(more ductile material state)가 달성될 수 있다. 굽힘 모멘트 및 칩 형태가 매우 양호하거나 우수하다.

[0098] 샘플 번호 35 내지 번호 45(표 4)는 어닐링된 상태의 비교 샘플이다. 규소를 함유하지만 인을 함유하지 않는 샘플 번호 35 및 번호 38은 바람직하지 않게 높은 굽힘 모멘트와 열악한 칩 형태를 특징으로 한다. P 비율이 낮은 샘플 번호 36, 37, 39는 샘플 번호 19, 20, 22에 비해 절삭성이 현저히 향상되나, 경도 및 인장강도는 불만족스럽다. 또한, 샘플 번호 25 내지 번호 39는 샘플 번호 1 내지 번호 15에 비해 α 결정립 크기가 31 내지 39㎛로 상당히 크다. α 결정립이 조대해지면 직진도 및 치수 정밀도 측면에서 불리하게 된다.

[0099] 인을 함유하고 실리콘을 함유하지 않는 샘플 번호 40 및 번호 41은 매우 양호한 칩 형태를 생성하지만 굽힘 모멘트는 바람직하지 않게 높은 수준에 있다. 어닐링되지 않은 샘플 번호 3, 4 및 5와 조성이 일치하는 어닐링된 샘플 번호 42, 43 및 44는 어닐링되지 않은 변형예보다 더 높은 굽힘 모멘트 및 더 열악한 칩 형태를나타낸다. 어닐링은 β상의 체적 비율을 20% 미만의 값으로 감소시키고 인화물 입자의 분포를 더 큰 입자 쪽으로 이동시켰다. 이 두 가지 효과는 함께 절삭성의 저하를 초래한다. P 비율이 0.65 중량%인 샘플 번호 45는 굽힘 모멘트가 높은 것이 특징이다. 그 이유는 β상 비율이 단지 9 체적%으로 매우 낮기 때문이다. 또한, 이 샘플은 등가 직경이 2 내지 5 ㎛인 인화물의 매우 높은 밀도를 나타낸다.

[0100] 위에 설명된 조성을 갖는 합금은 또한 주물용 주조합금으로도 사용될 수 있다.