(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년05월31일
(11) 등록번호 10-1742003
(24) 등록일자 2017년05월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 9/01 (2006.01) *C22F 1/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 9/01 (2013.01)
C22F 1/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7022732
(22) 출원일자(국제) 2015년03월27일
심사청구일자 2016년09월23일
(85) 번역문제출일자 2016년08월19일
(65) 공개번호 10-2016-0125380
(43) 공개일자 2016년10월31일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2015/056672
(87) 국제공개번호 WO 2015/150245
국제공개일자 2015년10월08일
(30) 우선권주장
14163339.6 2014년04월03일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
EP02927335 B1
US02870051 A1
US03923500 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
오토 푹스 카게
독일 마이네르츠하겐 데어슐라거 슈트라쎄 26 (우: 데-58540)
(72) 발명자
굼메르트, 헤르만
독일 41749 비르젠 스타우퍼슈트라쎄 15
레츠, 브요른
독일 47809 크레펠트 회프너슈트라쎄 32
프레트, 토마스
독일 57392 슈말렌베르크 마이로브 18
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

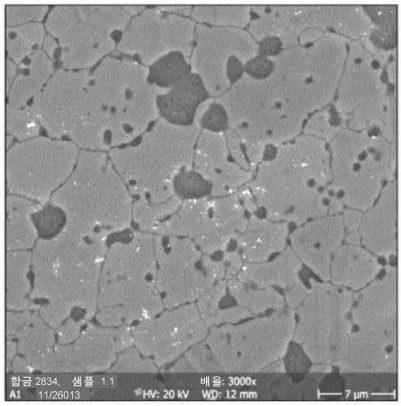
전체 청구항 수 : 총 15 항 심사관 : 조현정

(54) 발명의 명칭 **알루미늄 청동 합금, 이의 생산 방법, 및 알루미늄 청동으로 제조된 제품**

(57) 요 약

본 발명은, 불가피한 불순물들 외에, 7.0 중량% 내지 10.0 중량% Al; 3.0 중량% 내지 6.0 중량% Fe; 3.0 중량% 내지 5.0 중량% Zn; 3.0 중량% 내지 5.0 중량% Ni; 0.5 중량% 내지 1.5 중량% Sn; 0.2 중량% 이하 Si; 0.1 중량% 이하 Pb; 및 나머지 Cu를 함유하는, 알루미늄 청동 합금에 관한 것이다. 본 발명은 또한 상기 합금 조성을 가진 알루미늄 청동 제품, 및 알루미늄 청동 합금으로 제조된 상기 유형의 제품을 생산하기 위한 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



명 세 서

청구범위

청구항 1

알루미늄 청동 합금으로서,

불가피한 불순물들 외에,

7.0 중량% 내지 10.0 중량% Al;

3.0 중량% 내지 6.0 중량% Fe;

3.0 중량% 내지 5.0 중량% Zn;

3.0 중량% 내지 5.0 중량% Ni;

0.5 중량% 내지 1.5 중량% Sn;

0.2 중량% 이하 Si;

0.1 중량% 이하 Pb; 및

나머지 Cu;를 함유하는 합금 조성을 가지며,

상기 합금 조성을 갖는 알루미늄 청동 제품이 냉간 성형에 후속하여 300℃ 내지 500℃의 온도 범위에서 최종 어닐링에 의해 조정된 결과, 0.2% 항복 강도(elongation limit, $R_{P0,2}$)가 650 MPa 내지 1000 MPa의 범위에 있고, 인장 강도(tensile strength, R_m)가 850 MPa 내지 1050 MPa의 범위에 있으며, 파단 연신율(elongation after fracture, A_5)이 2% 내지 8%의 범위에 있도록 하는 방식으로, 합금 최종 상태가 되고,

상기 합금 최종 상태에서, 경도가 250 내지 300 HB 2.5/62.5의 범위에 있는 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동 합금.

청구항 2

제1항에 있어서,

불가피한 불순물들 외에,

7.0 중량% 내지 7.8 중량% Al;

4.0 중량% 내지 5.0 중량% Fe;

3.8 중량% 내지 4.8 중량% Zn;

3.8 중량% 내지 4.1 중량% Ni;

0.8 중량% 내지 1.3 중량% Sn;

0.2 중량% 이하 Si;

0.1 중량% 이하 Pb; 및

나머지 Cu;를 함유하는,

알루미늄 청동 합금.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

알루미늄과 아연 사이의 비율이 상기 알루미늄 청동 합금에서의 중량비를 기준으로 1.4 내지 3.0의 범위에 있는

것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동 합금.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 따른 알루미늄 청동 합금의 합금 조성을 갖는 알루미늄 청동 제품으로서,

상기 합금 최종 상태에서, 상기 항복 강도 대 인장 강도 비율이 85% 내지 97%의 범위에 있는 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동 제품.

청구항 6

삭제

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 합금 최종 상태에서, 1 부피% 당 최대 β 상 부분(phase portion)을 가진 α-매트릭스가 존재하는 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동 제품.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 합금 최종 상태에서, 상기 α-매트릭스의 평균 입자 크기가 50 ㎛ 이하인 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동 제품.

청구항 9

제1항에 따른 알루미늄 청동 합금의 합금 조성을 갖는 알루미늄 청동 제품으로서,

상기 합금 최종 상태에서, 철 및/또는 니켈 알루미나이드들을 함유하는 금속간(intermetallic) K_{II} 및/또는 K_{IV} 상들이 존재하는 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동 제품.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 합금 최종 상태에서, 금속간 K_{II} 및/또는 K_{IV} 상들이 10 ㎛ 이하의 평균 길이, 및 1.5 $㎛^2$ 이하의 평균 부피를 가진 세장형 형상을 갖는 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동 제품.

청구항 11

제1항에 따른 알루미늄 청동 합금의 합금 조성을 갖는 알루미늄 청동 제품으로서,

상기 합금 최종 상태에서, 둥근 형태 및 0.2 ㎛ 이하의 평균 크기를 가진 알루미나이드 침전물이 존재하는 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동 제품.

청구항 12

제1항에 따른 알루미늄 청동 합금의 합금 조성을 갖는 알루미늄 청동 제품으로서,

상기 제품은, 시간에 걸쳐 가변적인 마찰 부하에 따라 설계되는 구성요소인 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동 제품.

청구항 13

알루미늄 청동으로 제조된 제품을 생산하기 위한 방법으로서,

- 합금 성분들을 함유하는 융체로부터 주조 블랭크(casting blank)를 생산하는 단계로서, 상기 합금 성분들은:

불가피한 불순물들 외에,

7.0 중량% 내지 10.0 중량% Al;

3.0 중량% 내지 6.0 중량% Fe;

3.0 중량% 내지 5.0 중량% Zn;

3.0 중량% 내지 5.0 중량% Ni;

0.5 중량% 내지 1.5 중량% Sn;

0.2 중량% 이하 Si;

0.1 중량% 이하 Pb; 및

나머지 Cu;인, 주조 블랭크를 생산하는 단계;

- 중간 제품을 형성하기 위해 상기 주조 블랭크를 열간 성형하는 단계;

- 상기 중간 제품을 냉간 성형하는 단계; 및

- 300℃ 내지 500℃의 온도 범위에서의 용체화 처리 온도(solution annealing temperature) 미만으로 상기 제품을 최종 어닐링하는 단계로서, 상기 최종 어닐링 이후에, 0.2% 항복 강도($R_{P0,2}$)는 650 MPa 내지 1000 MPa의 범위에 있고, 인장 강도(R_m)는 850 MPa 내지 1050 MPa의 범위에 있으며, 파단 연신율(A_5)은 2% 내지 8%의 범위에 있는, 제품을 최종 어닐링하는 단계;를 포함하는,

알루미늄 청동으로 제조된 제품을 생산하기 위한 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 주조 블랭크를 생산하기 위한 융체가:

불가피한 불순물들 외에,

7.0 중량% 내지 7.8 중량% Al;

4.0 중량% 내지 5.0 중량% Fe;

3.8 중량% 내지 4.8 중량% Zn;

3.8 중량% 내지 4.1 중량% Ni;

0.8 중량% 내지 1.3 중량% Sn;

0.2 중량% 이하 Si;

0.1 중량% 이하 Pb; 및

나머지 Cu 조성;을 갖는 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동으로 제조된 제품을 생산하기 위한 방법.

청구항 15

제13항 또는 제14항에 있어서,

상기 열간 성형은 간접 압출(indirect extrusion pressing)로서 수행되는 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동으로 제조된 제품을 생산하기 위한 방법.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 냉간 성형은 5% 내지 30%의 변형률을 갖는 냉간 인발(cold drawing)로서 수행되는 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동으로 제조된 제품을 생산하기 위한 방법.

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 구성요소는 베어링 부시(bearing bush), 슬라이드 슈(slide shoe), 웜 기어(worm gear), 또는 축 베어링인 것을 특징으로 하는,

알루미늄 청동 제품.

발명의 설명

기 술 분 야

본 발명은 알루미늄 청동 합금 및 알루미늄 청동 합금을 생산하기 위한 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 이러한 알루미늄 청동으로 제조된 제품에 관한 것이다.

배 경 기 술

다수의 요건들이 터보 과급기의 피스톤 슬리브들 또는 축 베어링들을 위한 것들과 같은, 마찰 애플리케이션들을 위한 합금들에 부여된다. 적절한 합금은 마찰에 기인한 전력 손실을 최소화하기 위해, 그리고 마찰 접촉의 영역에서 열의 발생을 감소시키기 위해 낮은 마찰 계수를 가져야 한다. 또한, 통상적인 애플리케이션들을 위해, 마찰 파트너들은 윤활 환경에 존재하며, 원칙적으로, 합금에 대한 윤활유의 양호한 접촉이 요구된다는 것이 고려되어야 한다. 게다가, 마찰 부하 하에서 윤활유와의 접촉 동안, 합금의 기본적인 기저 매트릭스와 동일하게, 높은 열 안정성 및 양호한 열 전도성을 가져야 하는 안정된 내마모 층이 형성되어야 한다. 더욱이, 광범위한 오일 내성이 합금 및 내마모 층들이 윤활유에서의 변화들에 대체로 둔감하도록 하기 위해 필요하다.

또 다른 목적은 부하 하에서 소성 변형들을 최소화하기 위해 높은 기계적 부하 용량, 및 충분히 높은 0.2% 항복 강도를 가진 합금을 제공하는 것이다. 또한, 높은 인장 강도 및 경도가, 합금이 연마 및 접착 부하들을 견디기 위해 존재해야 한다. 더욱이, 동적 부하 용량은 충격 응력들에 대한 강인성을 보장하기에 충분히 높아야 한다. 더욱이, 바람직하게는 높은 파괴 인성은 미소결함들에서 시작한, 균열 성장율을 지연시키며; 결함 성장에 관하여, 바람직하게는 잔류 응력들이 없는 합금이 요구된다.

많은 경우들에서, 마찰 부하 하에서의 부분들에 대해 적합한 합금들은 특수 황동들이며, 이것은 주성분들로서 구리 및 아연 외에, 요소들(니켈, 철, 망간, 알루미늄, 규소, 티타늄 또는 크롬) 중 적어도 하나를 갖고 합금된다. 특히 규소 황동들은 상기 서술된 요건들을 충족시키며; CuZn31Si1은 피스톤 슬리브들과 같은 마찰 애플리케이션들을 위한 표준 합금을 나타낸다.

더욱이, 마찰 애플리케이션들을 위해 또는 또한 마이닝 애플리케이션들을 위해, 주석 및 구리 외에, 부가적으로 니켈, 아연, 철, 및 망간을 함유하는 주석 청동들을 사용하는 것이 알려져 있다. 마찰 부하 하에서의 부분들을 위해 관심 있는 또 다른 합금 클래스는 알루미늄 청동들이며, 이것은 구리 및 알루미늄 외에, 니켈, 철, 망간, 알루미늄, 규소, 주석 및 아연을 포함한 그룹으로부터 선택된 합금 첨가물들을 포함할 수 있다. 마찰 부하 하에

서 보다 빠르게 움직이는 성분들을 위해, 알루미늄 청동들이 사용될 때, 중량 감소의 부가적인 이점이 경량 알루미늄 원소로 인해 달성된다. 황동 또는 적색 황동으로 제조되는 마찰 부하 하에서의 성분들로서의 부분들에 대하여, 이전에 알려진 알루미늄 청동들로 제조된 부분들은 단지 비교적 느리게 움직이는 마찰 성분들에만 적합하다.

슬라이딩 베어링을 제조하기 위한 베어링 재료로서의 사용을 위한 알루미늄 산화물의 커버 층을 가진 구리-알루미늄 합금의 사용은 DE 101 59 949 C1에서 알려져 있다. 인용된 문서는 0.01% 내지 20%의 알루미늄 비율, 뿐만 아니라 최대 총 20%까지의 철, 코발트, 망간, 니켈, 규소, 및 주석을 포함한 그룹으로부터의 추가 선택적 원소들의 사용, 뿐만 아니라 임의로 45%까지의 아연을 개시한다. 규소 청동을 위한 부가적인 광범위한 합금 조성들은 US 6,699,337 B2, JP 04221033 A, DE 22 39 467 A, 및 JP 10298678 A에서 설명된다.

발명의 내용

상기 개괄된 종래 기술로부터 비롯된, 본 발명의 목적은, 개선된 기계적 속성들 및 특히 존재하는 정적 및 동적 부하들에 대한 물질 파라미터들의 양호한 조정 가능성에 의해 특성화되는 알루미늄 청동 합금 및 알루미늄 청동 합금으로 제조된 제품을 제공하는 것이다. 추가 목표는 높은 내식성, 양호한 오일 내성, 및 높은 열 안정성, 뿐만 아니라 충분한 열 도전성 및 동시에, 낮은 중량을 제공하는 것이다. 또한, 알루미늄 청동 합금을 생산하기 위한 방법 및 알루미늄 청동 합금으로 만든 제품이 제공된다.

상기 서술된 목적은 다음을 함유한 알루미늄 청동 합금에 의해 달성된다

7.0 중량% 내지 10.0 중량% Al;

3.0 중량% 내지 6.0 중량% Fe;

3.0 중량% 내지 5.0 중량% Zn;

3.0 중량% 내지 5.0 중량% Ni;

0.5 중량% 내지 1.5 중량% Sn;

0.2 중량% 이하 Si;

0.1 중량% 이하 Pb.

원하는 속성들의 추가 개선은 알루미늄 청동 합금이 다음의 조성을 가질 때 달성될 수 있다:

7.0 중량% 내지 9.0 중량%, 특히 7.0 중량% 내지 7.8 중량% Al;

4.0 중량% 내지 5.0 중량% Fe;

3.8 중량% 내지 4.8 중량% Zn;

3.8 중량% 내지 4.1 중량% Ni;

0.8 중량% 내지 1.3 중량% Sn;

0.2 중량% 이하 Si;

0.1 중량% 이하 Pb;

및 나머지 Cu.

이러한 논의에서 설명된 모든 합금 조성들은 각각의 원소에 대해 0.05 중량%의 불가피한 불순물들을 포함할 수 있으며; 불순물들의 전체 양은 1.5 중량%를 초과하지 않아야 한다. 그러나, 불순물들이 가능한 적게 유지되며, 각각의 원소에 대해 0.02 중량%의 비 또는 0.8 중량%의 전체 양을 초과하지 않는 것이 바람직하다.

특히 바람직한 구현을 위해, 알루미늄 대 아연의 비는 알루미늄 청동 합금에서의 중량비를 기준으로, 1.4 내지 3.0의 범위에서 설정되며, 특히 바람직하게는 1.5 내지 2.0이다.

합금의 납 함량은 바람직하게는 0.05 중량% 미만이다. 따라서 합금은 불가피한 불순물들을 제외하고 납이 첨가되지 않는다.

마찬가지로 합금은 불가피한 불순물들을 제외하고 망간이 없다. 이러한 합금이 이하에 설명된 특별한 속성들을

갖는다는 사실은, 낮은 아연 함량을 갖고 합금된 이전에 알려진 구리 합금들이 일반적으로 원하는 강도 속성들을 달성하기 위해 필수 합금 원소로서 망간을 포함하므로, 또한 놀라운 일이었다.

설명된 비율들에서 합금 원소들(알루미늄, 니켈, 주석, 및 아연)의 조합은 청구된 합금을 위해 중요하다. 이들 원소들의 합이 15 중량% 이상 및 17.5 중량% 이하인 일 실시예가 특히 바람직하다.

본 발명에 따른 알루미늄 청동 합금의 조성은, 합금 융체가 후속 열간 성형된 후, 750℃ 미만으로 냉각된 결과, 우세 α 상을 가진 합금 매트릭스가 된다. 이러한 상태는 이하에서 압출 상태로서 불리운다. 알루미늄 청동 합금의 화학적 조성은 바람직하게는 압출 상태에서, β 상의 비율이 합금 매트릭스의 1 부피% 미만이도록 하는 방식으로 설정된다. 이러한 합금은 α-β 2-상 공간에서 의사-직접적으로 융체로부터 고체화된다. 열간 성형 동안, 이것은 바람직하게는 간접 압출을 야기하고, α 상에 대해 동적 재결정화 후, 정적 재결정화를 야기하며, 이것은 미세 합금 구조를 발생시킨다. β 상 부분에 대해, 열간 성형 동안, 재결정화 프로세스는 동적 복구 후, 정적 재결정화를 통해 진행된다. 또한, 철 및/또는 니켈 알루미나이드들을 함유하는 K_{II} 및/또는 K_{IV} 상들이 발생한다.

압출 상태에서 존재하는 구조는 알루미늄 함량의 선택에 의해 특성화될 뿐만 아니라, 또한 부가적인 합금된 원소들에 의해 결정된다. 철에 대해, 입자-미세화 효과가 가정된다. 주석은, α-β 혼합 상에 대한 경계 영역 가까이에서, 근본적으로 α 상에 의해 결정된 구조를 가진, 압출 상태에 도달하기 전에 β 상에 대한 안정화 효과를 가진다. 알루미늄 대 아연의 선택된 비는 후속 냉간 성형 및 열 처리 단계들에 의해 기계적 속성들의 압출 상태 및 결과적인 조정 가능성과 관련된 것으로 증명되어 왔다.

마찰 부하 하에서의 부분들을 위해 사용된 유형 CuAl10Ni5Fe4의 종래의 합금과 비교하여, 청구된 합금에서, 냉각 후 재결정화 임계치 이상의 열 처리의 동일한 온도 제어를 위해, 이러한 합금은 β 상의 훨씬 더 낮은 비율들을 갖는 것이 유리한 것으로 증명되어 왔다. 그러므로, 이러한 합금으로 제조된 제품은 상기 언급된 이전에 알려진 합금으로 제조된 제품로 제조된 것보다 부식에 훨씬 더 내성이 있다. 특히 이러한 애플리케이션들에 대해, 비교적 높은 아연 함량은, 그것이 더 높은 슬라이딩 속도들을 허용하므로, 또한 긍정적 효과를 가진다.

테스트들은 청구된 알루미늄 청동 합금이 필수 원소들 중 하나 이상의 함량이 좁게 청구된 범위들 아래로 떨어지거나 또는 이를 초과할 때 더 이상 특수한 속성들을 갖지 않는다는 것을 보여주었다. 이들 테스트들에 의해 보여지는 바와 같이, 매우 우세한 α 상을 가진 특정된 특수 합금 매트릭스, 및 존재한다면, 단지 β 상의 작은 부피 부분이, 놀랍게도 단지 청구된 범위, 즉, 7.0 중량% 내지 10.0 중량% Al, 3.0 중량% 내지 6.0 중량% Fe, 3.0 중량% 내지 5.0 중량% Zn, 3.0 중량% 내지 5.0 중량% Ni, 0.5 중량% 내지 1.5 중량% Sn, 0.2 중량% 이하 Si, 0.1 중량% 이하 Pb, 및 나머지 Cu의 범위 내에서 발생한다.

그것은 또한, 압출 상태로부터 시작하여, 0.2% 항복 강도($R_{P0,2}$) 및 인장 강도(R_m)의 상당한 증가를 야기하는, 본 발명에 따른 알루미늄 청동 합금으로 제조된 제품에 대한 높은 변형 경화가 가능하다는 것을 보여주어 왔다. 냉간 성형 동안 이러한 대규모 고체화로 인해, 소성 변형에 대한 예비 합금이 감소된다. 본 발명에 따른 합금에 대해, 파단 연신율의 수반되는 감소는 용체화 처리 온도 미만의 온도를 배경으로 하여 300° 내지 대략 500℃의 온도 범위에서 최종 어닐링에 의해 증가될 수 있다. 최종 어닐링 동안, 0.2% 항복 강도 또는 인장 강도의 어떤 감소도 발생하지 않으며, 대신에, 예상과는 달리, 강도가 추가로 증가된다.

압출 상태에 도달한 후, 사용된 온도들이 재결정화 임계치 미만 및 α 상의 용해도 범위 내에 있도록 하는 방식으로 수행되는 열 처리 단계들에 대해, 압출 상태의 매트릭스의 상 조성의 어떤 변화도 없다. 그러나, 이러한 온도 범위에서의 열 처리에 대해, 기계 파라미터들의 놀랍게도 여전히 광범위한 조정 가능성이 있어서, 650 MPa 내지 1000 MPa의 범위에서의 0.2 항복 강도($R_{P0,2}$), 850 MPa 내지 1050 MPa의 범위에서의 인장 강도(R_m), 및 2% 내지 8%의 범위에서 바람직하게는 4% 내지 7%의 범위에서의 파단 연신율(A_5)을 가진 본 발명에 따른 알루미늄 청동 합금으로 제조된 적응 가능한, 고 부하-용량 제품을 야기한다. 열간 성형 및 냉간 성형 및 후속 어닐링 후, 부가적으로 85% 내지 95%의 범위에서의 항복 강도 대 인장 강도 비 및 250 내지 300 HB 2.5/62.5의 브리넬(Brinell) 경도를 가진 합금 최종 상태가 바람직하게 발생한다.

알루미늄 청동 합금으로 제조된 본 발명에 따른 제품은, 광범위한 윤활유들과 접촉할 때, 마찰 부하 하에서 안정된 내마모 층들을 형성하며, 이것으로, 알루미늄 산화물 외에, 아연이 윤활 성분들과 조합하여 통합되며, 충분한 긴급 구동 능력을 보장하는 주석의 양이 확산된다. 그러므로, 주석은 매트릭스에서 용해된 형태로 충분한 양들로 존재하며 그에 따라 특정된 긴급 구동 능력을 보장하기 위해 청구된 범위로 합금의 구조에 수반된다. 또

한, 주석은 다른 원소들이 합금 밖으로 확산되는 것을 방해하는 효과적인 확산 배리어임이 제시되고 있다. 더욱이, 보다 연성 기저 매트릭스에서의 마찰층의 고 부하-용량 접촉 포인트들을 나타내는 철 및/또는 니켈 알루미나이드들을 함유하는 금속간 K_{II} 및/또는 K_{IV} 상들의 형태의 경화 상 침전물들이 존재한다.

알루미나이드들은 바람직하게는 합금의 α-매트릭스의 결정립계들에서 형성되며, 그에 의해 α-매트릭스의 평균 입자 크기가 합금 최종 상태에서 50 ㎛ 이하이다. 합금 성형으로 인해, 금속간 K_{II} 및/또는 K_{IV} 상들은 10 ㎛ 이하의 평균 길이, 및 1.5 $㎛^2$ 이하의 평균 부피를 가진 세장형 형태를 가정하고; 열간 성형 동안, 간접 압출로 인해, 후속하는 냉간 성형에 의해 거의 영향을 받지 않는 확장방향의 배향이 발생한다. 또한, 후속 어닐링 후 합금 최종 상태에서 둥근 형태 및 0.2 ㎛ 이하의 평균 크기를 가진 금속간 상들을 야기하는 알루미나이드의 부가적인 침전물이 관찰된다. α-매트릭스의 입자 크기는 바람직하게는 20 ㎛ 이하이며, 특히 5 ㎛ 내지 10 ㎛의 범위에 있다.

본 발명에 따른 방법은 상기 언급된 본 발명에 따른 합금 조성을 기준으로, 합금 성분들이 용융된 후, 열간 성형 프로세스, 바람직하게는 간접 압출을 사용한다. 하나의 바람직한 실시예에 따르면, 후속 냉간 성형은 5% 내지 30%의 범위에서의 변형도를 갖고 냉간 인발로서 수행된다.

냉각 후, 추가 열 처리 없이 직접 냉간 성형을 허용하는 압출 상태를 야기하는 합금 조성이 특히 바람직하다. 따라서 알루미늄 청동 합금으로 제조된 제품의 합금 최종 상태는 1 부피%의 최대 β 상 비율을 가진, 특히 바람직하게는 이미 압출 상태에 있는 α-매트릭스를 가진다. 압출 상태에서의 β 상 비율이 보다 높다면, 연화 어닐링이 열간 성형 및 냉간 성형 사이에서 450℃ 내지 550℃의 온도 범위에서 대안적으로 발생할 수 있다.

냉간 성형 단계 후 최종 어닐링 동안의 온도는 합금이 300° 내지 대략 500℃의 범위에서의 용체화 처리 온도 미만으로 온도-제어되도록 하는 방식으로 선택된다. 그러나, 이러한 열 처리 단계가 단지 400℃의 최대 온도까지만 수행되는 실시예가 바람직하다. 이것은 온도-제어 냉각을 사용하지 않고, 650 MPa 내지 1000 MPa의 범위에서의 0.2% 항복 강도, 850 MPa 내지 1050 MPa의 범위에서의 인장 강도(R_m), 및 2% 내지 8%의 범위에서 바람직하게는 4% 내지 7%의 범위에서의 파단 연신율(A_5)을 야기한다. 최종 어닐링은 주로 파단 연신율(A_5)에 영향을 주며, 따라서 이 파라미터는 넓은 범위에 걸쳐 선택적으로 설정 가능하게 된다. 정의된 압출 상태로부터 시작하여, 0.2% 항복 강도 및 인장 강도(R_m)는 특히 냉간 인발 동안 변형 레이트의 선택을 기준으로 선택된다. 설명된 합금으로 제조된 반-제품 또는 원자재의 특히 양호한 변형 경화 속성들로 인해, 항복 강도는 종래의 합금들과 비교하여 적어도 1.5배만큼 개선될 수 있다.

본 발명에 따른 합금은 시간에 걸쳐 일정한 마찰 부하들에 적합하며, 그것의 특수한 속성들로 인해, 또한 시간에 걸쳐 가변적인 마찰 부하에 따라 동작되는 구성요소, 예를 들면 높은 마찰 부하 하에서 피스톤 샤프트의 베어링을 위한 베어링 부시, 슬라이드 슈, 또는 웜 기어를 생산하는 데 적합하다. 합금으로 제조된 구성요소의 또 다른 가능한 용도는 터보 과급기를 위한 축 베어링이다. 시간에 걸쳐 가변적인 마찰 부하는 또한 부적절한 윤활을 야기할 수 있으며; 합금에서의 주석 함량은 이러한 부하의 대상이 되는 구성요소가 또한 논의가 되고 있는 요건들을 충족시킨다는 것을 보장한다. 마지막으로, 청구된 합금은 톱니바퀴들 또는 웜 기어들과 같은, 다양한 유형들의 마모 부품들에 적합하다. 이러한 합금은 또한 마찰 쌍의 마찰 파트너를 위한 마찰 코팅의 방식으로 마찰 라이닝을 형성하는데 적합하다.

도면의 간단한 설명

본 발명은 도면들을 참조하여 하나의 바람직한 대표적인 실시예를 기준으로 이하에서 설명된다:

도 1은 3000x 배율을 가진 본 발명에 따른 알루미늄 청동 합금의 주사 전자 현미경을 도시한다.

도 2는 6000x 배율을 가진 본 발명에 따른 알루미늄 청동 합금의 주사 전자 현미경을 도시한다.

도 3은 9000x 배율을 가진 본 발명에 따른 알루미늄 청동 합금의 주사 전자 현미경을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

본 발명의 대표적인 일 실시예에 대해, 합금 조성을 900℃의 프레싱 온도에서 60 ㎜/분의 주조 속도 및 1170℃의 주조 온도에서의 수직 연속 주조에 의해 용융하며 열간-성형한다.

논의가 되고 있는 합금은 다음의 조성을 가진다:

Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Mn	Ni	Al
나머지	4.64	0.01	1.01	4.08	0.03	3.90	7.30

압출 상태에서의 냉각 후 존재하는 테스트 합금은 주사 전자 현미경 사진들 및 에너지-분산형 분석들(EDX)에 의해 특성화되었으며; 냉각 후, 도 1 및 도 2에 도시된 물질 상태가 존재하였다. 도 1 및 도 2에 묘사된 현미경 사진들은, 3000x 및 6000x의 배율들에서의 2차 전자 콘트라스트를 갖고, 합금 매트릭스를 형성하는 α 상, 및 철 및 니켈 알루미나이드들로 구성되며 주로 결정립계들에 침전하는 K_{II} 및 K_{IV} 상들의 형태의 경화 상 침전물들을 도시한다. 또한, 9000x 배율을 가진 도 3에 도시된 현미경 사진은 0.2 ㎛ 이하의 평균 크기를 가진 경화 상 증착들이 부가적으로 존재함을 도시한다.

α 상에 대해, EDX 측정들은 평균하여 84.2 중량% Cu, 5.0 중량% Zn, 4.4 중량% Fe, 3.4 중량% Ni, 2.8 중량% Al, 및 0.1 중량% Si의 화학적 조성을 보여준다. 조사된 K_{II} 상들에 대해, 압출 상태에서, 15.2 중량% Cu, 2.4 중량% Zn, 67.6 중량% Fe, 9.4 중량% Ni, 4.7 중량% Al, 및 0.7 중량% Si의 평균 조성이 발견되었다. 또한, 금속간 상들의 비율은 7 부피%인 것으로 결정된 반면, 압출 상태에서의 β 상 비율은 1 부피% 미만이었다. 이하에 설명된 냉간 성형 및 열 처리 단계들 후 발생한 물질 상태들의 측정들은 상 조성에 어떤 변화도 없음을 보여주었다.

기계적 속성들을 설정하기 위해, 근본적으로 알루미늄 청동 합금의 화학적 조성에 의해 결정된 압출 상태로부터 시작하여, 연화 어닐링을 550℃에서 수행한 후, 늘림 성형의 형태의 냉간 성형을 수행하였다. 연화-어닐링된 중간 제품들을 50℃에서 소우핑 조(soaping bath)에 냉간 인발을 위해 준비하였다. 8% 내지 25%의 단면의 상이한 감소들을 늘림 성형을 위한 프로세스 파라미터들로서 선택하였다. 최종 처리 단계에서, 형성된 알루미늄 청동 제품들의 최종 어닐링을 5시간 동안 380℃에서 수행하였다; 표 1은 0.2% 항복 강도($R_{P0,2}$), 인장 강도(R_m), 파단 연신율(A_5), 브리넬 경도(HB), 및 항복 강도 대 인장 강도 비에 대한 평균 기계적 속성들을 요약한다:

상태	$R_{P0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A_5 [%]	HB 2.5/62.5	항복 강도 대 인장 강도 비 [%]
압출 상태	360	690	26	176	48.8
냉간 성형 단면에서 8% 감소	700	810	9.6	211	85.7
냉간 성형 단면 15% 감소	840	840	6.1	225	86.9
냉간 성형 단면 20% 감소	850	930	5.5	233	91.2
냉간 성형 단면 25% 감소	830	950	3.9	242	87.0
최종 어닐링 380℃/5시간 (단면 8% 감소 후)	830	870	5.9	250	95.1
최종 어닐링 380℃/5시간 (단면 15% 감소 후)	810	900	6.5	260	90.3
최종 어닐링 380℃/5시간 (단면 20% 감소 후)	850	930	5.5	275	91.2
최종 어닐링 380℃/5시간 (단면 25% 감소 후)	940	1000	2.5	291	94.1

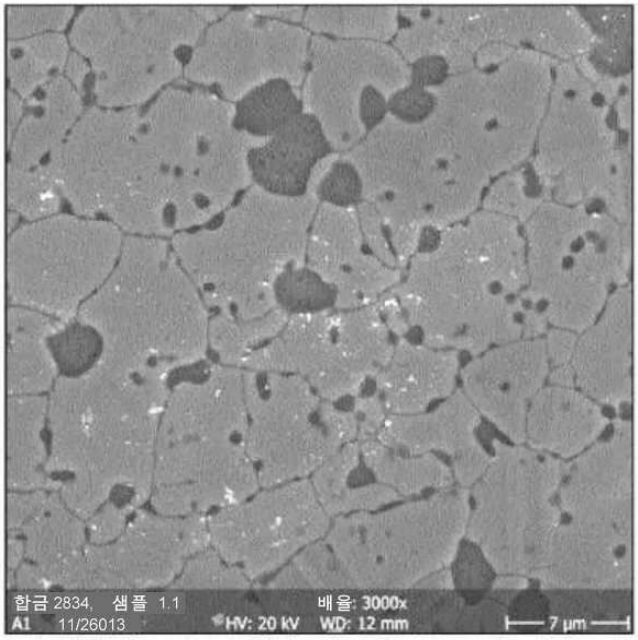
추가 측정 시리즈에 대해, 알루미늄 청동 제품들의 합금 최종 상태를 설정하기 위한 최종 어닐링을 연화 어닐링 또는 용체화 처리 온도 미만에서 수행하였다. 300℃ 내지 400℃의 범위에서의 최종 어닐링 온도는 바람직하게는

테스트들을 위해 선택하였으며; 이전 냉간 성형의 인출 레이트들의 변화와 조합하여, 넓은 범위가 온도-제어 냉각을 위한 복잡한 측정들을 사용하지 않고 최종 합금 상태의 기계적 속성들을 위해 설정 가능하다.

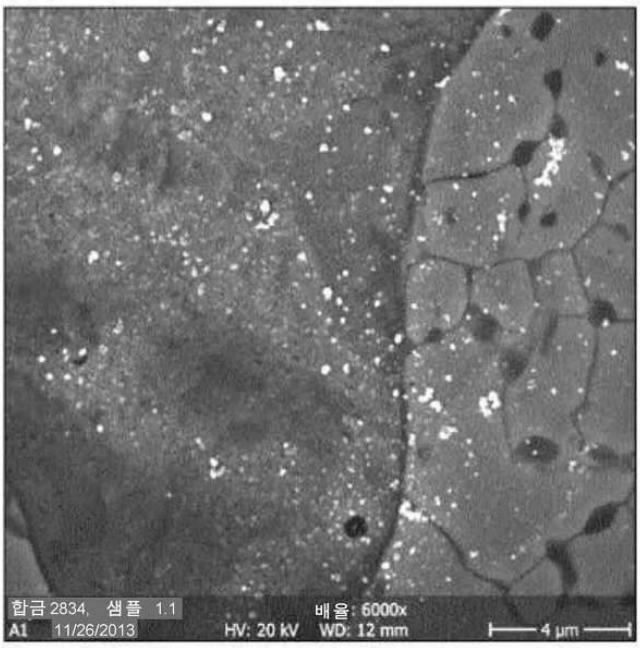
또한, 특정 대표적인 실시예를 기준으로, 합금에 수반된 원소들의 좁게 청구된 범위에서 청구된 발명의 특수한 긍정적 속성들이 종래 기술에서의 개시 내용들의 배경에 대하여 예상되지 않았다는 것이 본 발명의 설명으로부터 명백하다. 그러므로, 발명자들이 청구된 간격으로 합금 파라미터들을 조정함으로써, 데이터가 이전에 알려진 합금들과 비교하여 개선된다는 것을 발견한 것은 놀라운 일이다. 이것은 또한 원하는 강도 속성들을 설정하기 위해 이러한 합금의 놀랄 만큼 강력한 가공성에 적용된다.

도면

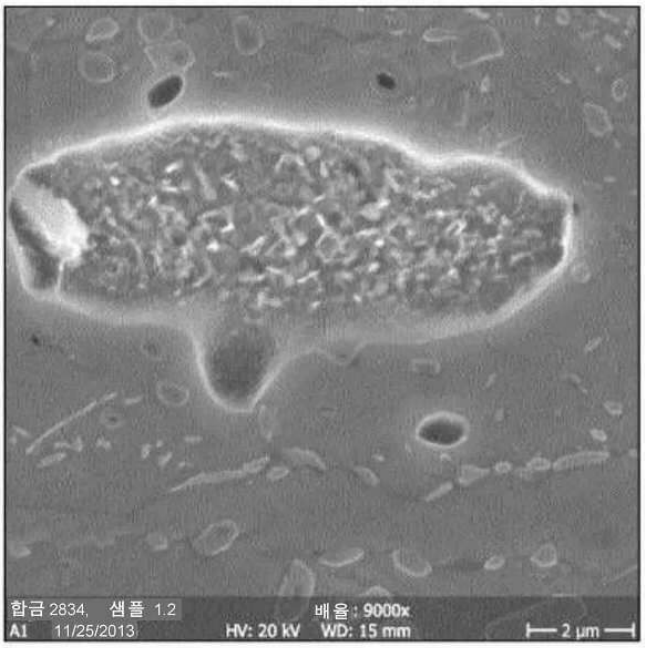
도면1



도면2


합금 2834, 샘플 1.1
A1 11/26/2013
배율: 6000x
HV: 20 kV WD: 12 mm
4 μm

도면3


합금 2834, 샘플 1.2
A1 11/25/2013
배율: 9000x
HV: 20 kV WD: 15 mm
2 μm