



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년07월13일

(11) 등록번호 10-2276333

(24) 등록일자 2021년07월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22C 13/02 (2006.01) B22D 21/02 (2006.01)

F16C 33/12 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C22C 13/02 (2013.01)

B22D 21/027 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-7032644

(22) 출원일자(국제) 2014년04월10일

심사청구일자 2019년03월28일

(85) 번역문제출일자 2015년11월13일

(65) 공개번호 10-2015-0140840

(43) 공개일자 2015년12월16일

(86) 국제출원번호 PCT/DE2014/000187

(87) 국제공개번호 WO 2014/169890

국제공개일자 2014년10월23일

(30) 우선권주장

10 2013 006 388.4 2013년04월15일 독일(DE)

(56) 선행기술조사문헌

W02012028136 A2*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 6 항

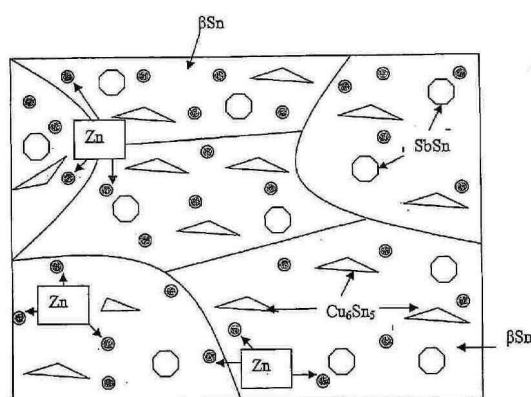
심사관 : 구본승

(54) 발명의 명칭 주석-계 슬라이딩 베어링 합금

(57) 요약

주석-계 슬라이딩 베어링 합금은 그것의 주된 합금 요소로서 2 내지 14 중량% 함량의 아연을 함유하고, 그것의 주요 구조 요소로서 Sn-Zn 공용혼합물을 가진다. 주된 합금 요소로서 아연의 함량은 추가적인 합금 요소의 첨가에 의해 2 내지 30 중량%로 확장될 수 있다. 안티모니 및/또는 구리는 추가적인 주된 합금 요소로서 추가로 사용될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F16C 33/121 (2013.01)

(72) 발명자

헨트스엘, 한스-위르겐

독일, 38835 오스터위크, 피스튼웨그 4에이

거스트, 에드가

독일, 38302 볼펜뷔텔, 플라타넨스트라스 42

(56) 선행기술조사문헌

JP2950478 B2*

JP08209272 A

US20030089432 A1

JP2001132754 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

주석-계 플레인 베어링 합금이며,

(a) 하나 이상의 주된 합금 요소, 주된 구조 요소, 및 25 내지 98 중량% 비율의 주석을 포함하고,

(b) 상기 하나 이상의 주된 합금 요소는,

0 내지 25 중량%의 안티모니,

0 내지 20 중량%의 구리, 및

2 내지 30 중량%의 아연을 포함하고,

(c) 상기 주된 구조 요소는 두 개의 상으로서 β Sn 고용체 및 α Zn 고용체를 갖는 주석-아연 공용 혼합물이며,

(d) 상기 주된 구조 요소는 클러스터의 형태로 20 면체의 단거리 질서를 가지며,

(e) 상기 합금은 하기의 그룹 중 하나 이상으로부터 선택된 하나 이상의 추가적인 합금 요소를 포함하는 것을 특징으로 하는 주석-계 플레인 베어링 합금:

그룹 I:

0.001 내지 2.6 중량%의 총 비율을 가지는, 코발트, 망간, 스칸듐, 게르마늄 및 알루미늄,

그룹 II:

0.005 내지 1.7 중량%의 총 비율을 가지는, 마그네슘, 니켈, 지르코늄 및 티타늄,

그룹 III:

각각의 경우에서 5 중량% 이하의 비율 및 8 중량% 이하의 총 비율을 가지는, 비스무스, 인듐, 카드뮴 및 납,

그룹 IV:

각각의 경우에서 2.5 중량% 까지의 비율 및 4 중량% 까지의 총 비율을 가지는, 리튬, 은, 세륨, 이트륨, 사마륨, 금, 텔루륨 및 칼슘,

그룹 V:

각각의 경우에서 1.0 중량% 이하의 비율 및 2.25 중량% 이하의 총 비율을 가지는, 비소, 니오븀, 바나듐, 크롬, 텅스텐, 철, 란타넘 및 에르븀,

그룹 VI:

각각의 경우에서 0.1 중량% 이하의 비율 및 0.2 중량% 이하의 총 비율을 가지는, 인 및 붕소.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 하나 이상의 주된 합금 요소는 6 중량% 내지 25 중량%의 안티모니를 적어도 포함하는 것을 특징으로 하는 주석-계 플레인 베어링 합금.

청구항 7

청구항 2에 있어서,

상기 하나 이상의 주된 합금 요소는 3 중량% 내지 20 중량%의 구리를 적어도 포함하는 것을 특징으로 하는 주석-계 플레인 베어링 합금.

청구항 8

청구항 2에 있어서,

상기 하나 이상의 주된 합금 요소는 안티모니를 포함하지 않는 것을 특징으로 하는 주석-계 플레인 베어링 합금.

청구항 9

삭제

청구항 10

지지 구조물 및 플레인 베어링 코팅을 갖는 플레인 베어링으로서, 여기서 상기 플레인 베어링 코팅은 상기 지지 구조물에 적용되고, 청구항 2에 따른 플레인 베어링 합금으로 이루어진, 플레인 베어링.

청구항 11

청구항 2에 있어서,

상기 합금은 주조 공정에서 플레인 베어링 코팅을 생산하는데 적합하도록 8.8 중량% 초과인 아연을 함유하는 것을 특징으로 하는 주석-계 플레인 베어링 합금.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 주조 공정 (casting process)에서 플레인 베어링 코팅을 생산하는데 적합하고, 하나 이상의 주된 합금 요소 및 25 내지 98 중량% 비율의 주석을 포함하는 주석-계 플레인 베어링 합금에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 상기 플레인 베어링 합금의 사용에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 주석-계 플레인 베어링 합금은 예를 들면, 흰색 금속으로서 수 십년 동안 알려져왔고, 주된 합금 요소로서 안티모니 및 구리를 포함하고, 상기 합금은 추가적인 요소에 의해 보충된다.

[0003] 이러한 점에 있어서, 플레인 베어링 합금은 예를 들면, 베어링 지지 뼈대 (shell)의 형태로, 예를 들면, 강철 (steel)로 이루어진, 지지 구조물 (supporting structure) 위에 규칙적으로 주조된다. 상기 플레인 베어링 합금은 먼지 입자 (dirt particles)를 위한 우수한 임베딩 용량 및 서로 슬라이드 (slide)하는 요소 예를 들면, 회전 샤프트 (rotating shaft)에 우수한 적응성을 가져야 한다. 주석-계 슬라이딩 금속 합금은 이러한 특성을 가지지만, 그것들의 하중-베어링 (load-bearing) 용량에 관하여 제한된다. 플레인 베어링 합금의 내구성에 대해 만들어진 요구가 증가하기 때문에, 그러므로 더 높은 수준의 하중을 받을 수 있는 플레인 베어링 합금, 예를 들면, 알루미늄-주석 기반 합금은 점점 더 사용되어 왔다. 그러나, 이러한 플레인 베어링 합금은 주석-계 플레인

인 베어링 합금이 주는 임베딩 용량 및 적응성에 대한 유리한 특성을 가지지 않는다. 그러므로 많은 테스트는 하중-베어링 용량, 즉, 특히 그것들의 경도 및 피로 강도에 관하여 주석-계 플레인 베어링 합금을 향상시키기 위해 수행되어왔다.

- [0004] 합금 요소로서 안티모니, 구리 및 카드뮴 및 또한, 결정립-미세화 (grain-refining) 요소로서 크롬 및 코발트, 추가적으로 0.02 내지 0.08 중량%의 붕소 및 0.1 내지 0.2 중량%의 아연을 함유하는 주석-계 흰색 금속을 제공하는 것은 DE 28 18 099 C2로부터 알려졌다. 코발트 및 크롬과 함께, 붕소 및 아연의 결합 작용 (combined action)은 강도 특성에서 상당한 향상을 달성한다. 아연의 결과로 일어난 강철 지지 뼈대에 결합에서의 손상은 추가적으로 붕소의 첨가에 의해 없어진다.
- [0005] GB 2,146,354 A는 주된 합금 요소 안티모니 및 구리를 포함하는 주석-계 플레인 베어링 합금을 개시하고, 여기서 0.005 내지 0.5 중량%의 비율에서 티타늄의 첨가 때문에 강도는 결정립 미세화에 의해 증가될 수 있다.
- [0006] SU 1 560 596 A1는 주된 합금 요소로서 7 내지 8 중량%의 구리, 10 내지 12 중량%의 안티모니 및 15 내지 20 중량%의 아연, 나머지 주석을 포함하는 주석-계 플레인 베어링 합금을 개시한다. 상기 합금은 증가된 내구성 및 내마모성을 가지지만, 단지 아크 스프레이 (arc spraying)에 의해 강철 기판에 적용될 수 있다. 만약 이러한 합금이 주조에 의해 적용된다면, 매우 낮은 인성 (toughness) 때문에 플레인 베어링 합금으로서 유용하지 않을 수 있다.
- [0007] 생태학적으로 호환 가능한 플레인 베어링 합금 (흰색 금속 합금)을 보장하기 위해, 사용되는 플레인 베어링 합금에 대해 만들어지는 추가적인 요구는 상술한 합금이 오염을 일으키는 합금 구성 성분이 없는 상태로 유지하는 것이다. 그러나, 오늘날까지 강도에 대한 더 큰 요구를 만족시키는 그러한 플레인 베어링 합금을 만드는 것이 가능하지 않았다. 그러므로 하중-베어링 용량 및 내마모성에 대한 더 큰 요구를 고려해 볼 때, 이러한 베어링 금속의 사용이 주석-계 플레인 베어링 합금의 뛰어난 비상 러닝 특성 (emergency running properties)을 없애는 것이 필요하다는 것을 의미할지라도, 알루미늄-계 베어링 금속이 계속해서 사용되는 것이 흔한 사례이다.
- [0008] WO 2009/108975 A1은 4 내지 30 중량%의 안티모니 및 1 내지 10 중량%의 구리를 포함하는 흰색 금속을 개시한다. 이러한 경우에 합금은 더욱이 0.2 내지 2.6 중량%의 총 농도를 가진, 코발트, 망간, 스칸듐 및 게르마늄으로 이루어진 요소의 그룹으로부터 선택되는 요소, 또한, 0.05 내지 1.7 중량%의 총 농도를 가진, 마그네슘, 니켈, 지르코늄 및 티타늄으로 이루어진 요소의 그룹으로부터 선택되는 하나 이상의 요소, 구리 함량의 적어도 3 배에 대응하는 안티모니 함량을 가정한, 35 중량% 이하의, 안티모니 및 구리의 합계 비율을 포함해야 한다. 플레인 베어링 합금은 0.6 내지 1.8 중량%, 바람직하게는 0.7 내지 0.9 중량%의 첨가, 아연을 함유할 수 있다. 아연은 구리-주석 및 주석-안티모니 상을 미세화 (refining) 하기 위해, 추가적인 결정핵 (crystallization nuclei)의 형성을 통해, 역할을 한다. 이것은 유해한 크기까지 이러한 상의 성장을 막는다. 아연의 0.6 중량%의 하한은 더 적은 첨가가 더 이상 긍정적인 효과를 발생시키지 않는다는 사실로부터 기인하고, 반면에 상한은 1 중량% 위에, 아연은 더 이상 주석 고용체 (solid solution)에 용해되지 않고, 낮은-용융 공융혼합물 상 (low-melting eutectic phase)이 대략 200℃의 Tm에서, 주석과 아연 사이에서 형성되고, 이것은 고온 강도 및 또한 내식성을 낮추는 사실로부터 기인한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 강도가 향상된 주석-계 플레인 베어링 합금을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명은 주석-계 플레인 베어링 합금을 제공하는 목적에 기초하고, 상기 주석-계 플레인 베어링 합금은 향상된 강도를 가지고, 특정 운전 온도까지, 알루미늄-계 플레인 베어링 합금의 사용을 없애는 것이 가능할 정도로, 주석-계 플레인 베어링 합금의 강도를 증가시킨다.
- [0011] 본 발명에 있어서, 도입부에서 언급된 타입의 플레인 베어링 합금을 가지는 본 발명의 제1 관점에 따르면, 이러한 목적은 주된 합금 요소에 의해 달성된다:
- [0012] 0 내지 25 중량%의 안티모니,
- [0013] 0 내지 20 중량%의 구리, 및

- [0014] 2 내지 14 중량%의 아연.
- [0015] 본 발명의 제2 관점에 따르면, 목적은 주된 합금 요소에 의해 달성된다:
- [0016] 0 내지 25 중량%의 안티모니,
- [0017] 0 내지 20 중량%의 구리,
- [0018] 2 내지 30 중량%의 아연, 및
- [0019] 하기의 그룹 중 하나 이상으로부터 선택된 하나 이상의 추가적인 합금 요소:
- [0020] 그룹 I:
- [0021] 0.001 내지 2.6 중량%의 총 비율을 가지는, 코발트, 망간, 스칸듐, 게르마늄 및 알루미늄,
- [0022] 그룹 II:
- [0023] 0.005 내지 1.7 중량%의 총 비율을 가지는, 마그네슘, 니켈, 지르코늄 및 티타늄,
- [0024] 그룹 III:
- [0025] 각각의 경우에서 5 중량% 이하의 비율 및 8 중량% 이하의 총 비율을 가지는, 비스무스, 인듐, 카드뮴 및 납,
- [0026] 그룹 IV:
- [0027] 각각의 경우에서 2.5 중량% 까지의 비율 및 4 중량% 까지의 총 비율을 가지는, 리튬, 은, 세륨, 이트륨, 사마륨, 금, 텔루륨 및 칼슘,
- [0028] 그룹 V:
- [0029] 각각의 경우에서 1.0 중량% 이하의 비율 및 2.25 중량% 이하의 총 비율을 가지는, 비소, 니오븀, 마나듐, 크롬, 텅스텐, 철, 란타넘 및 에르븀,
- [0030] 그룹 VI:
- [0031] 각각의 경우에서 0.1 중량% 이하의 비율 및 0.2 중량% 이하의 총 비율을 가지는, 인 및 붕소.

도면의 간단한 설명

- [0032] 상술한 내용은 첨부된 도면에 기초하여 이하에서 더 구체적으로 설명될 것이다.

도 1은 합금 SnSb10Cu4Zn7의 발명에 따른 미세 구조의 개략도를 나타낸다. 형성된 것은 혼입된 미세 구조 입자 SbSn, β Sn, Cu₆Sn₅ 및 α Zn를 가진 공용 혼합물 미세 구조 e(β Sn+ α Zn)이다.

도 2는 상 β Sn, Cu₆Sn₅, SbSn, α Zn를 포함하는 미세 구조 α Zn+SbSn+Cu₆Sn₅+e(β Sn+ α Zn)를 가진 합금 SnSb12Cu5Zn14에 대한 유사한 개략도를 나타낸다.

도 3은 중력 다이캐스트 (gravity die casting)하고 H₂O+3% HNO₃로 에칭된 것으로, 다른 배율에서, 미세 구조 TEGOSTAR의 현미경 사진을 나타낸다.

도 4는 비교로, 중력 다이캐스트하고 H₂O+3% HNO₃로 에칭된 것으로, 미세 구조 SnSb10Zn7Cu4CoNi를 나타낸다.

상기 비교는 본 발명에 따른 미세 구조가 더 미세한 결정립을 가지고 상기 상이 박막층 형상 및 모난 형상으로부터 둥근 형상으로 변화해왔던 것을 나타낸다.

도 5는 본 발명의 제2 관점에 따른 플레인 베어링 합금의 미세 구조를 개략적으로 도시한다. 이러한 합금은 SnSb10Cu4Zn7M1이다. 그것은 공용 혼합물 미세 구조 e(β Sn+ β Sn_xM1_y)이 형성되고, 상 β Sn, Cu₆Sn₅, SbSn, β Sn_xM1_y 또는 M1가 발생하는 것을 나타낸다.

도 6은 위에-기재된 타입의 합금 SnSb10Cu4Zn7M2를 위한, 클러스터로부터 형성된 대응하는 미세 구조를 나타낸다. 상술한 도면은 미세 구조 M2_xSn_y+ β Sn+SbSn+Cu₆Sn₅+e(β Sn+ α Zn)의 패턴을 나타낸다. α Zn, β Sn, Cu₆Sn₅, SbSn, M2_xSn_y 또는 M2는 상으로서 나타난다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 본 발명의 제1 관점에 따르면, 플레인 베어링 합금은 주된 합금 요소로서 2 내지 14 중량% 비율의 아연을 포함한다. 게다가, 구리 및/또는 안티모니는 주된 합금 요소로서 사용될 수 있다.
- [0034] 8.8 중량%의 아연 비율을 고려해 볼 때 주석 및 아연이 낮은-용융 공융 혼합물 미세 구조를 형성하는 것이 알려져 있기 때문에, 전문가들 사이에 기존의 지식에 따르면, 주된 합금 요소로서 아연의 그러한 비율은 회피되었다. 대략 200℃의 낮은 용융점을 가지는, 공융 용융물 미세 구조는 고온 강도 및 내식성에 관한 불리한 것으로 고려되어왔다. 그와 대조적으로, 본 발명은 높은 강도 및 피로 강도, 및 198℃의 운전 온도까지 적합한 탄성 (elasticity) 또는 가소성 (plasticity)를 가진 플레인 베어링 합금은 주석-아연 공융 혼합물인 주된 구조 요소 덕분에 생산될 수 있다는 이해에 기초한다. 전문가들이 오늘날까지 공융 혼합물 미세 구조의 형성을 막기 위해 모든 노력을 해왔지만, 본 발명은 주된 구조 요소로서 공융 혼합물 미세 구조를 사용을 제공한다. 다양한 경화 메커니즘 때문에, 주석 및 아연의 공융 혼합물 미세 구조는 충분히 단단하고 저항력 있는 미세 구조 형성을 허용한다. 주석에서 8.8 중량% 농도 아연은 공융 혼합물 $e(\beta \text{Sn} + \alpha \text{Zn})$ 를 형성한다. 따라서 공융 혼합물은 βSn 고용체 및 αZn 고용체 두가지 상으로 이루어진다. 고용체에 용해된 합금 원자는 고용체의 경화로 명명되는 것을 일으킨다. βSn 매트릭스에서 미세하게 분산된 형태로 혼입된 αZn 입자는 또한 이동 전위 (migrating dislocation)에서 장애를 나타내고, 입자 경화를 일으킨다. 게다가, 그것들은 소성 변형 중 전위의 강화된 형성을 유도하기 때문에, 그것들은 간접 강화 (indirect strengthening)를 일으킨다.
- [0035] 주석에서 8.8 중량% 아연의 공융 혼합물 조성을 가진 합금은 Sn-Zn 시스템에서 모든 가능한 합금의 가장 낮은 용융점을 가진다. 공융점 (eutectic point)에서, 액상 온도 (liquidus temperature)는 고상 온도 (solidus temperature)와 일치한다. 따라서 순수한 공융 혼합물 합금은 용융점을 가지고 용융 또는 응고 간격을 가지지 않는다. 이는 갈라짐, 기공도 및 분리를 향한 성향에서의 감소를 이끌고, 그러므로 상기 합금의 기술적 및 기계적 특성에서 상당한 향상이 달성된다.
- [0036] 공융 혼합물 합금은 극심한 과냉각 쪽으로의 특정 성향을 가지는 것으로 알려졌다. 과냉각된 상태에서 20 면체의 단거리 질서 (icosahedral short-range order)가 개발되고 높은 패키징 밀도를 가진 클러스터가 형성된다. 한편으로, 20 면체의 단거리 질서 및 다른 한편으로, 고체 (solid body)는 상당히 다른 패키징을 가진다. 극심한 과냉각을 고려할 때, 패키징 밀도에서 증가는 결정화 및 다른 상 변화를 위한 원자의 확산을 막는다. 높은 정도의 과냉각의 경우에서, 용융 질량은 매우 과도한 자유 에너지를 함유하고, 상기 시스템이 다수의 준안정 상 (metastable phase)에서 평형을 훨씬 넘어선 다양한 고체화 경로를 위해 이것을 활용할 수 있다. 따라서, 준안정 고체가 과포화된 혼합 상을 이룰 수 있는, 결정립 미세화, 무질서 초격자 구조 (unordered superlattice structures) 및/또는 준안정 결정학 상 (metastable crystallographic phases)을 가진 합금을 형성하는 것이 가능하다. Sn-Zn 시스템의 합금에서 8.8 중량% 초과 아연 비율은 제1 αZn 상 (primary αZn phase)을 가진 구조를 형성한다. 상기 제1 αZn 상은 경도 및 강도 및 합금의 내마모성 (wear resistance)을 증가시키지만, 가소성을 감소시키는 경향을 가진다. 본 발명에 따르면, 캐스터블 (castable) 플레인 베어링 합금에 대해 요구된 탄성 또는 가소성을 보유하기 위하여, 그것은 실질적으로 순수한 Sn-Zn 시스템에서 Zn의 비율이 너무 높지 않은 것으로부터 발생하고, 그러므로 Zn의 비율이 14%까지 제한된다.
- [0037] 본 발명에 따른 아연-함유 합금은 고용체 경화뿐만 아니라 미세하게 분산된 형태로 제1 αZn 상 및 준안정 고체와 혼입된 입자 (αZn)에 의한 추가적인 매트릭스 경화 (βSn)로 강화된다. 형성되는 것은 공융 혼합물 $e(\beta \text{Sn} + \alpha \text{Zn})$ 에서 입자 (αZn)를 포함하고 제1 입자 (αZn)를 포함하는 결정립 미세화를 가진 매트릭스이다.
- [0038] 아연은 주석을 가진 금속간 상 (intermetallic phase)을 형성하지 않는다. 상기 아연은 콤팩트 내포물 (compact inclusions) (입자)의 형태로 매트릭스에 존재한다. 따라서, 상기 아연은 주석과 다른 요소 사이의 상호 작용을 변경하지 않는다. 그러므로, 2 내지 25 중량% 안티모니 및 3 내지 20 중량% 구리의 종래 비율로 구리 및 안티모니의 종래의 추가적인 주된 합금 요소를 첨가하는 것은 쉽게 가능하다.
- [0039] 본 발명에 따른 합금과 종래의 플레인 베어링 합금 사이의 미세 구조 비교, 예를 들어, Ecka Granules Germany GmbH에 의해 배포된 것과 같이, 예를 들어, Evonik Goldschmidt GmbH의 TEGOSTAR는 본 발명에 따른 플레인 베어링 합금이 둥근 형상을 가진 상 및 결정립 미세화를 가진 매트릭스를 포함하는 것, 즉 TEGOSTAR 합금에서 발생하는 박막층 (lamellae) 상 및 모난 (angular) 상이 둥근 형상으로 변형되어왔던 것을 나타낸다.
- [0040] 본 발명의 제2 관점에서, 특히 만약 결정립 미세화 및 안정한 클러스터 형성을 위한 수단이 추가된다면, 동일한 유리한 특성 및 주된 구조 요소로서 공융 혼합물 미세 구조를 가지는 30 중량%까지의 비교적 높은 아연 함량을

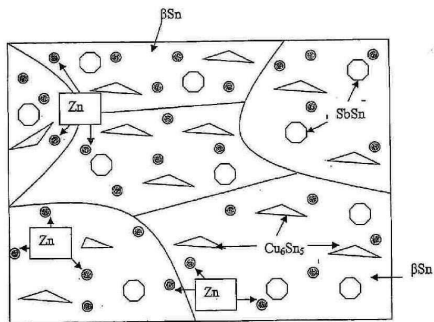
가진 캐스터블 플레인 베어링 합금을 생산하는 것조차도 가능하다.

- [0041] 전술한 그룹 I 및 II로부터 추가적인 합금 요소는 특히 고밀도의 안정한 클러스터의 형성을 이끈다. 이러한 점에서, 아연, 코발트, 니켈, 망간 및 게르마늄은 10의 배위수 (coordination number)를 가진 클러스터를 형성하지만, 스칸듐, 마그네슘, 티타늄, 지르코늄 및 알루미늄은 12의 배위수를 가진 클러스터를 형성한다. 이러한 추가적인 합금 요소는 결정화 동안 극심한 과냉각을 유발하지만, 박막층 및 모난 형상으로부터 둥근 형상으로의 심한 변화를 이끈다. 결정립 미세화를 가진 주석 매트릭스가 또한 형성된다. 그러므로 이러한 그룹으로부터 추가적인 합금 요소는 주석-계 플레인 베어링 합금의 강도, 인성 및 피로 강도에서 상당한 증가를 이끈다.
- [0042] 제3 그룹, 특히 비스무스, 인듐, 카드뮴 및 납으로부터 요소는 주석 매트릭스에 쉽게 용해될 수 있고 고용체를 형성한다. 이는 고용체 경화를 유발한다. 공용 혼합물은 낮은 냉각 속도가 주어지면 형성된다. 합금 요소의 각각의 비율은 5 중량%를 초과해서는 안된다. 합계 비율은 8 중량%로 제한된다.
- [0043] 그룹 IV, 특히 리튬, 은, 세륨, 이트륨, 사마륨, 금, 텔루륨 및 칼슘으로부터 추가적인 합금 요소는 주석을 가진 공용 혼합물 $e(\beta \text{Sn} + \text{Sn}_x\text{M}_1)_y$ 를 형성하고, 여기서 M_1 은 상술한 그룹으로부터의 요소 중 하나이다. 따라서, 공용 혼합물은 두가지 상, 특히 βSn 고용체 및 금속간 상 Sn_xM_1_y 으로 이루어진다. 고용체에 용해된 합금 원자는 고용체 경화로 명명되는 것을 유발한다. 매트릭스 (βSn)에서 미세하게 분산된 형태로 혼입된 Sn_xM_1_y 입자는 이동 전위에서 장애를 나타내고, 입자 경화를 유발한다. 공용 혼합물 함량에서 증가는 가소성에서 감소에 기여할 수 있기 때문에, 이러한 합금 요소의 각각의 비율은 2.5 중량%를 초과해서는 안된다. 합계 비율의 상한은 4 중량%이어야 한다.
- [0044] 그룹 V, 특히 비소, 니오븀, 바나듐, 크롬, 텅스텐, 철, 란타넘 및 에르븀으로부터 요소는 주석을 가진 포정 반응 (peritectic reaction)을 형성하거나, Sn_xM_2_y 상 또는 M_2 상의 추가적인 결정핵 형성을 이끌고, 여기서 M_2 는 전술한 금속 중 하나이다. 상기 추가적인 결정핵은 매트릭스 (βSn), 그러나 또한 구리-주석 및 주석-안티모니 및 제1 아연 상의 미세화를 이끈다. 이러한 경우에서 Sn_xM_2_y 상 또는 M_2 상에서 증가는 가소성에서 감소를 이끌 수 있기 때문에, 이러한 합금 요소의 각각의 비율은 1.0 중량%를 초과해서는 안된다. 합계 비율의 상한은 2.25 중량% 이어야 한다.
- [0045] 그룹 VI로부터 요소 P 또는 B는 주로 추가적인 결정핵 및 추가적인 준안정 상을 형성한다. 추가적인 결정핵은 Sn_4P_3 상 또는 B 상일 수 있다. 상술한 상에서 증가는 가소성에서 감소에 기여할 수 있기 때문에, 이러한 합금 요소 각각의 비율의 상한은 0.1 중량% 이다. 합계 비율은 0.2 중량%를 초과해서는 안된다.
- [0046] 본 발명은 또한 본 발명에 따른 플레인 베어링 합금에 이루어진 플레인 베어링 코팅을 가진 플레인 베어링에 관한 것이다.
- [0047] 본 발명에 따른 플레인 베어링 합금의 다수의 예시적인 구체예는 이하에서 기재될 것이다.
- [0048] 실시예 1:
- [0049] 플레인 베어링 합금은 7.2 중량%의 Zn, 10.1 중량%의 Sb, 4.0 중량%의 Cu, 0.6 중량%의 Ni, 0.6 중량%의 Co, 0.05 중량%의 Zr, 0.1 중량%의 Cr, 0.05 중량%의 Fe, 및 나머지 주석으로부터 관습적으로 생산된다. 상기 플레인 베어링 합금은 피로 강도에 대하여 우수한 기술적인 특성 및 35 HB 2.5/31.5/30의 주조 경도 및 309의 상대 인성 (relative toughness)을 나타낸다.
- [0050] 실시예 2:
- [0051] 플레인 베어링 합금은 3.4 중량%의 Zn, 9.1 중량%의 Sb, 4.5 중량%의 Cu, 1 중량%의 Ni, 1.0 중량%의 Co, 0.05 중량%의 In, 0.1 중량%의 V, 0.1 중량%의 Cr, 0.04 중량%의 Pb, 및 나머지 주석으로부터 관습적으로 생산된다. 상기 플레인 베어링 합금은 우수한 기술적인 특성 및 32.0 HB 2.5/31.5/30의 주조 경도 및 502의 상대 인성을 나타내었다.
- [0052] 실시예 3:
- [0053] 플레인 베어링 합금은 20.8 중량%의 Zn, 15.1 중량%의 Sb, 5.2 중량%의 Cu, 0.5 중량%의 Ni, 1.0 중량%의 Mn, 0.15 중량%의 Fe, 및 나머지 주석으로부터 관습적으로 생산된다. 상기 플레인 베어링 합금은 우수한 기술적인 특성 및 42.0 HB 2.5/31.5/30의 주조 경도 및 10의 상대 인성을 나타내었다.

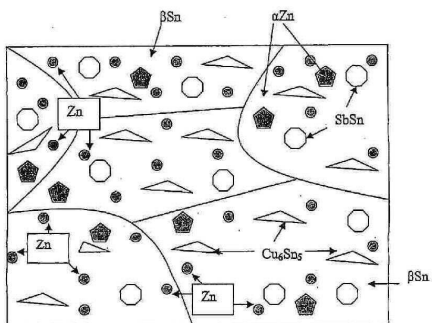
- [0054] 실시예 4:
- [0055] 플레인 베어링 합금은 22.3 중량%의 Zn, 5.1 중량%의 Cu, 0.5 중량%의 Ni, 1.2 중량%의 Mn, 및 나머지 주석으로부터 관습적으로 생산된다. 상기 플레인 베어링 합금은 우수한 기술적인 특성 및 30.0 HB 2.5/31.5/30의 주조 경도 및 8의 상대 인성을 나타내었다. 안티모니의 부재 때문에, 이러한 플레인 베어링 합금은 오염을 일으키는 합금 요소가 완전히 없다. 그럼에도 불구하고, 본 발명에 따른 플레인 베어링에 적합한 기술적인 특성이 달성된다.
- [0056] 실시예 5:
- [0057] 플레인 베어링 합금은 28.2 중량%의 Zn, 9.03 중량%의 Sb, 4.0 중량%의 Cu, 0.25 중량%의 Cr, 0.3 중량%의 Ni, 0.3 중량%의 Co, 0.03 중량%의 Al, 및 나머지 주석으로부터 관습적으로 생산된다. 상기 플레인 베어링 합금은 우수한 기술적인 특성 및 45.0 HB 2.5/31.5/30의 주조 경도 및 5의 상대 인성을 나타내었다.
- [0058] 실시예의 나머지와 비교하여 저하된 기술적 특성은 Zn의 30 중량% 제한 위의 증가가 더 이상 분별력 있지 않다는 것을 설명한다.
- [0059] 실시예 6 (비교 실시예):
- [0060] 실시예 1에 따른 본 발명의 플레인 베어링 합금은 방사상 (radial) 플레인 베어링 피로 테스트로 테스트되었다. 상기 테스트는 P 측면 (lateral) = 39 MPa의 하중 진폭 (load amplitude)으로 대략 95℃에서 수행되었다. 이러한 테스트에서, 본 발명에 따른 플레인 베어링은 피해 손상 (suffering damage)이 없이, 즉 미세 구조적 균열이 없이 122.8 밀리언 (million)의 하중에서 변화를 견뎌냈다.
- [0061] 플레인 베어링 합금 TEGOSTAR와 비교하여, 미세 구조적 균열 형태의 손상은 동일한 피로 테스트 동안 발생되었다.
- [0062] 실시예 7 (비교 실시예):
- [0063] 18 중량%의 Zn, 11 중량%의 Sb 및 7.5 중량%의 Cu를 포함하는 SU 1560596 A1에 따른 플레인 베어링 합금은 동일한 측정 방법을 사용하여 조사되었다. 주조 경도는 42 HB 2.5/31.5/30 였고, 상대 인성은 4 였다. 얻어진 미세구조의 현미경 사진은 도 7에 나타난다.
- [0064] 실시예 8:
- [0065] 실시예 7과 비교를 위하여, 0.5 중량%의 Ni, 0.3 중량%의 Mn 및 0.05 중량%의 Al, 나머지 주석의 첨가와 함께, 18 중량%의 Zn, 11 중량%의 Sb 및 7.5 중량%의 Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금이 생산되었고, 조사되었다.
- [0066] 46 HB 2.5/31.5/30의 주조 경도 및 12의 상대 인성이 얻어졌다.
- [0067] 도 7에 비교하여, 도 8에 나타난 것으로서, 이러한 실시예에 따라 미세 구조의 현미경 사진은 향상된 기술적인 특성을 발휘하는, 상당한 미세화 및 침전의 라운딩 (rounding)을 나타낸다.
- [0068] 상대 인성에 관한 정보는 노치 시편 (notched bar) 충격 굽힘 테스트로부터 발생한다. 이러한 테스트에서, 32 mm의 직경을 가진 원통형 샘플은 바닥 끝 면 (bottom end face)으로부터 20 mm의 거리에서 2 mm를 측정한 노치가 제공되고, 상술한 노치는 12 mm의 깊이까지, 방사상 방향으로 물체 (body) 속으로 확장한다. 상기 샘플은 바로 아래에 클램프되고, 그 후 노치가 만들어진 사이드로부터 샘플의 세로축에 수직하는, 한정된 충격을 받는다. 상기 공정에서 회전고리 (swivel) 상에 매달린 중량은 90° 까지 방향이 바뀐다. 낙하는 상기 중량이 샘플의 상부 끝 위에 측면으로 충격을 주는 상태에서 수행된다. 샘플의 파손까지 충격의 수는 상대 인성의 측정으로서 확인되고 명시된다.
- [0069] 그러므로 이것은 단지 상대적인 값을 결정하는데 적절한 측정 방법이다.

도면

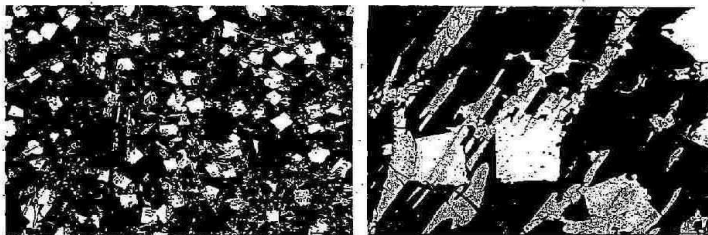
도면1



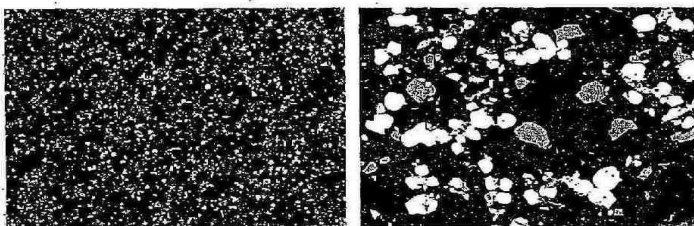
도면2



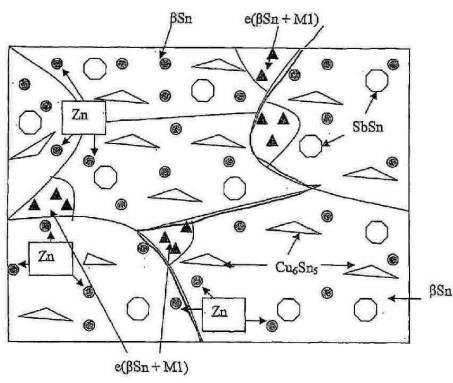
도면3



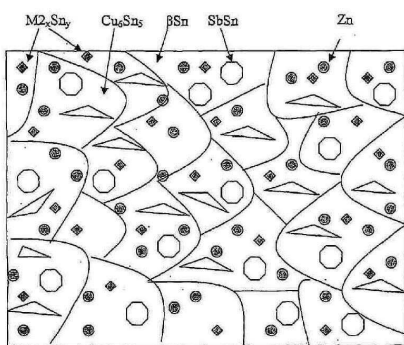
도면4



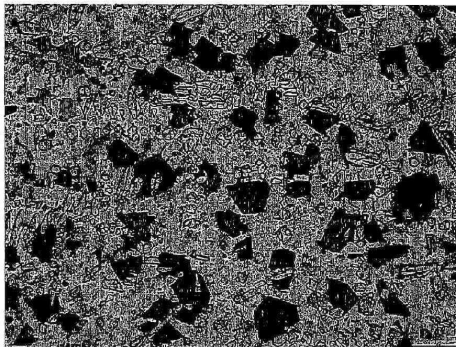
도면5



도면6

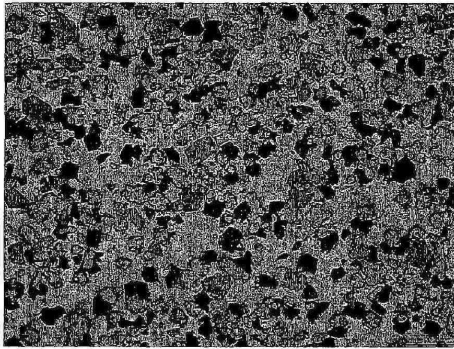


도면7



Alloy SnZn18Sb11Cu7.5;

도면8



Alloy SnZn18Sb11Cu7.5Ni0.5Mn0.3Al0.05;