(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[6]
F16C 33/00
F16C 19/00
C22C 38/18
C22C 38/00

(45) 공고일자 1999년09월01일
(11) 등록번호 10-0216877
(24) 등록일자 1999년06월02일

(21) 출원번호 10-1995-0033158
(22) 출원일자 1995년09월29일
(65) 공개번호 특1996-0011182
(43) 공개일자 1996년04월20일

(30) 우선권주장 94-235493 1994년09월29일 일본(JP)
94-326379 1994년12월27일 일본(JP)
95-52338 1995년03월13일 일본(JP)
95-242181 1995년09월20일 일본(JP)

(73) 특허권자 닛뽄세이꼬 가부시키가이샤 세끼야 데쯔오
일본국 도꾜도 시나가와꾸 오오사끼 1죠메 6반 3고
(72) 발명자 오까따 시게루
일본국 가나가와겐 후지사와시 구게누마신메이 1죠메 5-50 닛뽄세이꼬 가부시기가이샤 나이
미따무라 노부아끼
일본국 가나가와겐 후지사와시 구게누마신메이 1죠메 5-50 닛뽄세이꼬 가부시기가이샤 나이
다나까 스스무
일본국 가나가와겐 후지사와시 구게누마신메이 1죠메 5-50 닛뽄세이꼬 가부시기가이샤 나이
야마무라 겐지
일본국 가나가와겐 후지사와시 구게누마신메이 1죠메 5-50 닛뽄세이꼬 가부시기가이샤 나이
오오리 마나부
일본국 가나가와겐 후지사와시 구게누마신메이 1죠메 5-50 닛뽄세이꼬 가부시기가이샤 나이
(74) 대리인 서대석

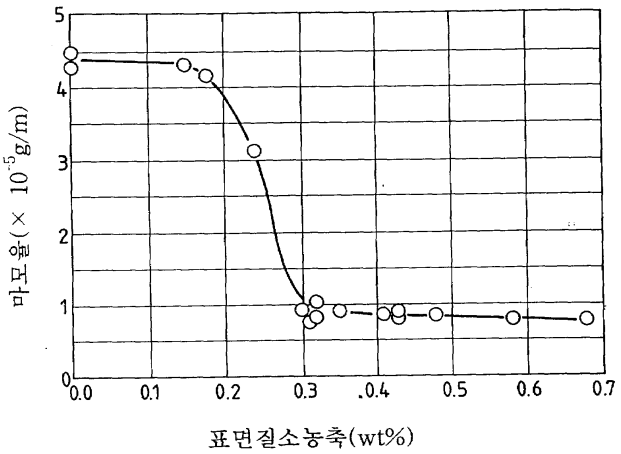
심사관 : 이기현

(54) 롤링 베어링

요약

롤링 베어링은 내륜, 외륜 및 전동체인 성분들을 가지고 있으며, 상기 성분들 중 하나는 0.1-1.0wt%의 C, 0.1-1.5wt%의 Si, 0.1-1.5wt%의 Mn 및 0.1-3.0wt%의 Cr을 함유한 합금강으로 만들어지고, 상기 합금강은 각각 0.6-1.5wt% 및 0.05-0.9wt%의 탄소 및 질소 응축을 가진 표면층을 형성하기 위해 침탄 질화 처리된 후 연마된다. 상기 표면층은 적절한 양의 잔류 오스테나이트 γ_R를 가지고 있으며, 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서도 긴 수명을 확보할 수 있다. 구성재료의 선택, 구름 엘리먼트와 내륜 및 외륜 각각에 대한 가공방법 및 열처리의 최적화에 의해서 높은 성능을 가진 롤링 베어링들이 낮은 비용으로 제작될 수 있다.

대표도



명세서

[발명의 명칭]

롤링 베어링

[도면의 간단한 설명]

제1도는 표면 질소 농축의 기능에 따른 롤링 베어링 부재의 마모를 도시하는 그래프.

제2도는 2사이클 마모 테스터를 개념적으로 도시하는 도면.

제3도는 본 발명의 실시예들과 한 비교예에 있어서 Cr+N의 전체 성분과 연삭성간의 관계를 도시하는 그래프.

제4도는 본 발명의 다른 실시예들과 비교예들에 있어서 Cr+N의 전체성분과 마모저항간의 관계를 도시하는 그래프.

제5도는 본 발명의 또다른 실시예들과 비교예들에 있어서 마모저항과 연삭성간의 관계를 도시하는 그래프이다.

제6도는 내륜과 전동체 각 재질의 Cr 성분 차이와 내륜의 큰 플랜지면의 마모율간의 관계를 나타내는 그래프이다.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 차량, 농업기계, 건설기계 등에 사용되는 롤링 베어링에 관한 것이다. 특히 본 발명은 변속기, 엔진 등과 같은 구동장치에 사용하기 위해 필요한 긴 수명의 롤링 베어링에 관한 것이다.

내륜 및 외륜(다양한 롤링 베어링의 내륜 및 외륜을 포함하는)뿐만 아니라 롤링 베어링(다양한 롤링 베어링의 볼들 및 롤러들을 포함하는)내의 전도체들은 일반적으로 SUJ2의 베어링강 또는 Scr 420의 표피 경화강에 상당하는 강으로 만들어진다.

사용중 롤링베어링은 높은 접촉 압력하에서 반복되는 전단응력을 받는다. 따라서 소정의 롤링 피로 수명을 확보하여 인가되는 전단응력을 견디기 위해서는 베어링강(표피경화강인 경우에는 침탄 또는 침탄질화처리후에) 경도가 H_RC58-64에 이를때까지 경화 및 담금질 된다.

그러나, 롤링 베어링은 다양한 환경에서 사용되고, 피로수명 외에도 베어링의 수명은 예를들어 불충분한 윤활상태로 인하여 주변기기 등으로부터 이물질이 유입되어 마모 및 조기박리와 같은 요인들에 의해 크게 영향을 받는다는 사실을 간과해서는 안될 것이다. 또한 큰 축방향 부하를 받는 원추형 롤러베어링의 경우에 있어서 전달면의 미끄럼에 기인한 마모 및 큰 칼라부에서의 순수한 미끄럼에 기인한 마모는 종종 결함을 야기한다. 스러스트 베어링 및 자동조심형 롤링 베어링과 같은 다른 타입의 롤링 베어링의 경우에는 미끄럼에 기인한 마모가 종종 혹독한 작동 조건하에서 문제가 될 수 있다.

이러한 환경하에서는 피로 수명을 확보할 뿐만 아니라 이물질의 존재하는 상태에서의 윤활하에서도 긴 수명이 보장되어 마모 및 조기 박리를 방지할 수 있는 높은 내마모성의 저렴한 롤링베어링을 개발할 필요가 있다. 롤링 베어링에 공통적으로 사용되는 전술한 베어링강 SUJ2 및 표피 경화강 SCr 420의 장점 및 단점을 이하에서 설명한다.

SUJ2는 그 합금 조성에 따량의 C와 Cr을 함유하고 있으며, 강제조 중에 큰 탄화칼슘(carbide)을 만들거나 편석(Segregation)을 야기시키는 경향이 있다.

이들 문제를 제거하기 위하여, 소우킹(적시기:soaking) 및 다른 처리들이 행해지지만 그 경우에는 재료값이 SCr 420의 값보다 비싸게 된다.

성형공정에 대하여 소형의 베어링의 전동체들은 거의 대부분 냉간 인발 와이어(코일)로 만들어지고, 이것은 냉간 다이 단조(헤더 작업)에 의해 전동체 형상으로 성형되지만 선삭공정을 거치지는 않는다. SCr 420이 낮은 C 성분을 가진 반면에 SUJ2가 합금 조성에 있어 높은 C 및 Cr 성분을 가지고 있다. 따라서, SCr 420은 SUJ2보다 양호한 냉간 작업성을 가지고 있다. 반면에 내륜 및 외륜은 열간 단조에 의해 성형되며, 따라서 작업성에 대하여 재료에 그다지 의존하지 않는다. 그러나 단조된 내, 외륜은 연속된 기계작업(절삭)을 위해 연화되어야 하고, SUJ2가 높은 C 성분을 가지고 있기 때문에 Scr 420 보다 절삭성에 떨어지며, 따라서 SUJ2는 제조비용을 높이는 경향이 있다.

열처리에 대해서는 일반적으로 사용되는 SUJ2는 베어링용으로 필요한 경도를 얻기 위하여 경화처리 및 담금질만이 필요하다. 반면에 표면층에 필수적인 경도를 얻기 위하여 SCr 420은 먼저 침탄 또는 침탄 질화처리 및 경화처리 되어야 하고, 다음에 담금질 된다. 일정한 경우에 있어서, 침탄 또는 침탄 질화 처리 및 경화처리 후 담금질 전에 제2 경화처리가 행해진다. 따라서, SCr 420은 SUJ2 보다 실질적으로 높은 열처리 비용을 필요로 한다. 여기에서 사용되는 표면층이란 말은 표면으로부터 최대 전단 응력이 롤링 접촉에 따라 발생하는 깊이(특히, 그 깊이는 전동체 지름의 2%)에 이르는 범위를 말하다. 표면층의 깊이는 이물질의 존재하에서 경하중이 베어링에 인가되는 것과 같은 조건하에서 상기 범위내에서 감소될 수 있다.

연삭성에 대하여 SCr 420이 열처리 된 후의 연삭되지 않은 표면층(즉, 그라인딩 전의 표면층)에 함유된 친공석(proeuectoid) 세멘 타이드와 잔류 오스테나이트(이하 γ_R로 표시함)의 양에 따라 SUJ2보다 연삭성이 떨어지지만 2개의 강 표본은 실질적인 차이가 없다. 그러나 침탄 질화 처리된 SCr 420의 연삭성은 미연삭 표면층내의 침탄 질화물의 석출 때문에 상당히 떨어진다.

모든 인자들을 고려하면, SUJ2는 재료비 및 제조비 양자를 포함하는 전체 비용이 SCr 420보다 낮다.

롤링 베어링의 성능에 있어서, 침탄 처리(또는 침탄 질화 처리)에 의해 SCr 420으로 만들어진 롤링 베어링은 표면층에 높은 γ_R 성분을 가지고 있을 뿐만 아니라 잔유 압축 응력이 발생하며, 따라서 특히 이 물질에 의해 오염된 환경에서 긴 롤링 수명을 가지는 경향이 있다. 베어링 성능에 있어서 다른 중요한 척도인 치수 안정성은 SUJ2보다 SCr 420이 좋다.

표피 경화강 SCr 420과 종래의 롤링 베어링을 제작하기 위해 사용되는 다른 강은 다음과 같은 여러 가지 문제점들을 가지고 있다 ; (1) 침탄 경화층의 두께를 증가하기 위해서는 모재의 탄소 함유량이 낮아 열처리 효율이 감소하기 때문에 침탄은 긴 시간동안 높은 온도에서 행해져야 한다 ; (2) 표면 탄소 농축이 증가하면, 높은 Cr 성분은 로링 피로 수명을 짧게하는 친공석 탄화물의 형성 기회를 증가시킨다 ; (3) Ni와 Mo양을 증가하면서 Cr 함유량을 감소시켜서 경화성을 향상시키려면 재료비용이 증가한다 ; (4) 특히 높은 내마모성이 필요한 분야에 적용될 경우, Cr, Mo, V와 같은 많은 양의 탄화물 형성 원소를 추가함으로써 베어링의 표면층에 많은 양의 탄화물이 석출되도록 하는 것이 알려져 있다. 그러나 이러한 접근방법은 단조성, 기계가공성, 마모성 등의 열화에 재료비가 추가될 뿐만 아니라 처리비용도 커지며, 또한 침탄성의 열화에 기인하여 열처리 비용도 커진다. 따라서 이와같이 제작된 베어링은 값이 비싸게 된다.

반면에 베어링이 베어링강 SUJ2로 만들어 진다면 제조비용은 낮아지지만 베어링 수명은 이물질이 들어오는 환경에서는 특히 짧아진다.

이들 문제를 해결하기 위하여 일본국 출원공개공보 제 평2-125841호는 낮은 재료비와 높은 열처리 생산성을 가지며 더욱이 만족스러운 긴 수명을 가진 롤링 베어링을 제안하였다. 상기 베어링은 다음과 같은 특성을 가지고 있다 : 베어링의 롤링 피로 수명에 해로운 친공석 탄화물의 발생은 친공석 탄화물을 발생시키는 경향이 있는 Cr 함유량이 0.35wt% 이하로 감소되지만 감소된 Cr 함유량에 기인하여 발생하는 경화성의 강하를 피하기 위하여 1.2 - 1.7wt%의 Mn이 첨가되는 높은 모재 탄소 함유량(0.4 - 0.7wt%의 C)을 포함하는 중탄소 망간강을 사용함으로써 억제된다. 또한 베어링 표면층의 γ_R 양은 경화층용으로 필요한 깊이를 얻기 위하여 25-45vol% 내에 있도록 조정되며, 따라서 롤링 베어링은 이물질이 존재하는 경우의 윤활에 있어서도 만족스러운 긴 수명을 확보한다.

좀더 상세하게 설명하면 전술된 일본국 공개공보 제 평2-125841호에 첨부된 제1도는 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서의 베어링 수명은 표면층내의 25-45vol% γ_R 에 의해 연장될 수 있다는 것을 보여주며, 표시된 γ_R 범위는 최소한 표면층내의 탄소와 질소의 고형체 성분이 0.8wt% 이상이 됨을 확보함으로써 얻어질 수 있다는 것을 보여준다.

그러나 이와같은 접근방법은 Mn의 첨가로 기인한 감소된 작업성 및 침탄 질화 처리에 기인한 감소된 연마성 등과 같은 몇몇의 문제점들을 가지고 있다. 또한 전동체들은 필요한 성능들 뿐만 아니라 채택된 작업조건의 관점에서 본질적으로 내륜 및 외륜들과는 다르다. 따라서 종래 기술로 만들어진 것에는 더욱 개선의 여지가 있다.

본 발명의 제1목적은 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서도 긴 수명을 가진 베얼링을 제공하기 위하여 표면에 25-45vol% γ_R을 형성함으로써 종래기술과 관련된 문제점들을 해결하는 것이다.

본 발명은 추가적인 목적들을 가지고 있다. 베어링의 전동체는 내륜 및 외륜과는 다른 방법에 의해 가공된다. 전동체는 우선 냉간 단조에 의해 처리되고, 다음에 래핑을 포함하는 연삭 단계로 넘어간다 ; 반면에, 내륜 및 외륜들이 먼저 열간 단조에 의해 처리되고, 다음에 연속적인 절삭(수퍼피니싱을 포함하는) 및 연삭 단계로 넘어간다.

가공방법에서의 이들 차이 때문에 전동체는 내륜 및 외륜이 가진 문제들과 매우 다른 그들 자신의 문제들을 가지고 있다. 전동체에 대하여 원재료 SUJ2로부터 큰 침탄 질화물을 제거할 필요가 있고 그에 의해 소우킹 처리가 생략되며, 따라서 냉간 단조성(다이의 수명)을 개선할 필요가 있다.

반면에 내륜 및 외륜에 대해서는 기계 가공성(긴 공구수명을 위한)과 연삭성(긴 드레싱 간격을 위한)을 개선할 필요가 있다. 즉 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 긴 수명을 확보하는 본 발명의 제1목적을 달성하고 더욱이 가능한한 최소한의 비용으로 제조될 수 있는 롤링 베어링을 제공하기 위하여 개선의 여

지가 있다.

한편, 많은 경우에 있어서, 롤링 베어링은 일반적으로 모두 동일한 재질의 내륜, 외륜, 및 전동체로 만들어진다. 그러나 내마모성 및 이물질에 대한 저항과 같은 특별한 특성이 요구되면, 비용을 고려하여 고정륜인 내륜 및 외륜 또는 전동체만 고가의 재질을 사용하는 것이 필수적이다. 이러한 실예가 일본국 공개소 63-303221호에 개시되어 있으며, 이것은 내륜 및 외륜 또는 전도체 중 하나에 최소한 C 0.3wt%, Cr 3wt%를 함유하는 탄소강을 이용하고, 다른 부재에 고탄소 Cr 베어링강 또는 표피 경화강을 이용하여 긴 수명의 베어링을 제조하는 방법이다. 그러나 이 방법은 마모 또는 비용을 고려하지 않고 있다.

따라서 전동체들이 내륜 및 외륜과는 다른 성능들을 요구하는 사실을 고려하여 종래 베어링들보다 양호한 성능을 나타낼 수 있도록 개별적인 구성부품(전동체와 내륜 및 외륜 양자 사이)들에 대하여 구성재질 처리방법 및 열처리에 가장 적합한 롤링 베어링을 제공하는 것이 본 발명의 제2목적이다. 또한 본 발명의 제2목적에 따르면 롤링 베어링은 이물질이 존재하는 오일하에서 장시간 작동할 수 있고 선택적으로 각 전동체와 내륜 및 외륜 사이의 미끄럼에 기인한 마모가 문제가 될 수 있는 곳에서의 사용에 견딜 수 있을 정도의 충분한 내마모성을 가질 수 있고 저렴한 가격으로 제조될 수 있다.

더욱 더 고속을 지향하는 최근의 자동차들에 대하여 유지보수가 필요없는 철강 제조 시설의 설치 뿐만 아니라 더 가벼운 중량 및 양호한 연료 경제성 때문에 베어링들은 매우 다양한 조건들 하에서 사용되게 되었다. 이와같은 환경들 하에서 이물질이 존재하는 경우의 롤링 수명의 개선은 충족되어야 할 단일한 요구가 아니라 윤활유내로 들어오는 이물질에 의해 유발되는 표면손상에 기인하는 박리 및 불충분한 윤활에 기인하는 마모에 의해 예시되는 바와같이 때때로 추가적인 문제들이 발생한다.

이들 문제들을 해결하는 관점에서 일본국 특허 공개공보 제 평2-277764호는 고크롬강이 베어링 표면층에 석출되는 미세한 탄화물을 가질 수 있도록 침탄 또는 침탄 질화처리 된 것을 제안하고 있다. 또한 잔류 오스테나이트 γ_R 의 양이 최적화되고, 따라서 베어링의 수명은 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서도 길어진다.

그러나, 이와같은 종래 기술은 불충분한 윤활에 기인한 마모를 충분히 고려하지 않았다.

따라서 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 유용한 수명이 연장될 뿐만 아니라 마모저항이 개선되는 롤링 베어링을 낮은 가격으로 제공하는 것이 본 발명의 제3목적이다.

롤링 베어링들은 또한 고속 및 경하중 조건하에서 승용차의 변속기에 사용된다. 이와같은 롤링 베어링들에 대하여 높은 마모저항 및 낮은 비용은 특히 충족 될 필요가 있는 2가지 요구조건이고, 베어링의 제조비용에 실질적인 영향을 미치는 원료의 작업성(기계가공성 및 연마성)의 용이를 고려할 필요가 있다.

따라서 본 발명의 제4목적은 높은 마모저항을 가지고 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 긴 시간 동안 성능을 발휘할 수 있을 뿐만 아니라 양호한 작업성, 경제적 이점, 고속, 경하중 적용예들에 적합한 롤링 베어링을 제공하는 것이다.

이와같이 본 발명의 기본적인 목적은 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서도 롤링수명이 개선된 롤링 베어링을 제공하는 것이다. 본 발명의 제2목적인 이물질이 존재하는 경우의 윤활에서도 다양한 종류의 롤링 베어링 및 동작 조건의 차이에 따라서 양호한 마모저항을 나타내는 긴 수명의 롤링 베어링 또는 가능한 한 최소 비용으로 다양성의 추가적인 특성을 가지고 있는 롤링 베어링을 선택적으로 제공하는 것이다.

본 발명의 제1 목적은 내륜, 외륜 및 다수의 전도체 부품들을 포함하는 롤링 베어링에 의해서 달성될 수 있으며, 상기 부품들중 한 개 이상은 다음과 같은 엘리먼트들을 함유하는 합금강으로 형성된다 : $0.1 \leq C \leq 1.0$wt% ; $0.1 \leq Si \leq 1.5$wt% ; $0.1 \leq Mn \leq 1.5$wt% 및 $0.1 \leq Cr \leq 3.0$wt%, 이들 부품들중 한 개는 그 표면층 내에 $0.6 \leq C \leq 1.5$wt% 및 $0.05 \leq N \leq 0.9$wt%의 탄소 및 질소 성분을 포함한다.

본 발명의 제2목적은 내륜, 외륜 및 다수의 전동체들인 부품들을 포함하는 롤링 베어링에 의해 달성되며, 전동체들은 다음의 엘리먼트들을 함유하는 합금강으로 만들어진다 ; $0.7 \leq C \leq 0.9$wt% ; $0.1 \leq Si \leq 0.7$wt% ; $0.5 \leq Mn \leq 1.1$wt% 및 $0.1 \leq Cr \leq 0.6$wt% 및 부수적인 불순물과 Fe(제1합금강이라 함), 여기에서 전동체들 각각은 그 표면층 내에 $0.8 \leq C \leq 1.4$wt% 및 $0.05 \leq N \leq 0.3$wt%의 탄소 및 질소성분을 포함하며, 또한 내륜 및 외륜중 최소한 하나는 $0.3 \leq C \leq 0.6$wt% ; $0.1 \leq Si \leq 0.7$wt% ; $0.6 \leq Mn \leq 1.5$wt% 및 $0.1 \leq Cr \leq 0.6$wt% ; 및 부수적인 불순물과 Fe로 구성된 합금강(제2합금강이라 함)으로 만들어지고, 내륜과 외륜 각각은 그 표면층 내에 $0.8 \leq C \leq 1.4$wt% 및 $0.05 \leq Cr \leq 0.3$wt%의 탄소 및 질소 성분을 포함한다.

또한 본 발명의 제2목적에 있어서, 특히 전동체들과 내륜 및 외륜 사이에서 미끄럼에 대한 우수한 내마모성을 갖는 롤링베어링은 $0.7 \leq C \leq 0.9$wt% ; $0.1 \leq Si \leq 0.7$wt% ; $0.5 \leq Mn \leq 1.1$wt% ; $0.1 \leq Cr \leq 0.6$wt% 및 부수적인 불순물과 Fe를함유하는 제1합금강으로 구성된 전동체에 의해 달성되며, 각각의 전동체는 그 표면층에 $0.8 \leq$ 및 $C \leq 1.4$wt% 및 $0.05 \leq N \leq 0.3$wt% C 및 N를 함유하고, 내륜 및 외륜중 적어도 하나는 $0.1 \leq C \leq 1.0$wt% ; $0.1 \leq Si \leq 1.5$wt% ; $0.1 \leq Mn \leq 1.5$wt% ; 제1합금강의 Cr 함량보다 0.20 - 2.0wt% 이상인 Cr 및 부수적인 불순물과 Fe를 함유하는 제2합금강으로 구성되며, 내륜 및 외륜 각각은 경화된 표면층을 포함하고 있다.

본 발명의 제3목적은 전동체, 내륜 및 외륜으로 구성된 그룹으로부터 선별된 최소한 1개의 부재가 다음의 성질들을 함유하는 합금으로 성형되는 롤링 베어링에 의해 달성된다 ; $0.1 \leq C \leq 1.0$wt% ; $0.1 \leq Si \leq 1.5$wt% ; $0.1 \leq Mn \leq 1.5$wt% 및 $0.5 \leq Cr \leq 3.0$wt% ; $Mo \leq 3.0$wt% ; $V \leq 2.0 \leq$ wt% ; $Ni \leq 2.0$wt% ; 부수적인 불순물과 Fe ; 여기에서 합금강은 $0.8 \leq C \leq 1.5$wt% ; 및 $0.3 \leq N \leq 0.7$wt%의 탄소 및 질소 성분들을 가진 표면층을 형성하기 위하여 침탄 질화 된다.

본 발명의 제3목적을 달성하는 롤링 베어링은 이물질이 존재하는 경우 특히 저속, 중하중 동작이 현저한 강제조 적용예의 경우에서의 윤활하에서 만족스러운 마모저항을 확보한다.

이와는 대조적으로 본 발명의 제4목적을 만족시키는 롤링 베어링은 특히 고속, 경하중의 조건들이 현저한

자동차의 변속기 및 다른 적용예들에 사용하기 위해 의도된 것이며, 따라서 높은 마모저항과 낮은 비용에 대한 요구들을 모두 만족시킨다.

이와같은 롤링 베어링에 있어서, 내륜, 외륜 및 전동체들로 구성된 그룹에서 선택된 최소 1개의 부재는 다음 엘리먼트들로 구성된 합금강으로 성형된다 : 0.3 ≤ C ≤ 0.9wt% ; 0.1 ≤ Si ≤ 0.7wt% ; 0.5 ≤ Mn ≤ 1.5wt% ; 0.1 ≤ Cr ≤ 0.8wt% ; 및 부수적인 불순물과 Fe, 여기에서 합금강은 침탄 질화 처리되고 0.6 ≤ C ≤ 1.2wt% ; 및 0.2 ≤ N ≤ 0.9wt% ; 탄소 및 질소 성분들을 가진 표면을 형성하기 위해 그라인딩 되고, 여기에서 Cr 및 N의 전체 함유량(원재료의 Cr 성분 및 표면층의 N 성분의 합계 ; 이하 동일함)은 다음과 같다 : 0.4 ≤ Cr ≤ N ≤ 1.0wt%.

다음에, 첨부도면을 참고로 하여 본 발명의 롤링 베어링에 대하여 상세히 설명한다.

먼저, 본 발명의 제1목적을 실현하는 롤링 베어링에 있어서, 그 사용되는 합금성분의 조성량의 범위를 한정하는 이유에 대하여 설명한다.

[탄소성분]

탄소는 모재를 마르텐사이트로 변환하기 위하여 필수적인 엘리먼트이고, 그에 의해 개선된 경도가 경화 및 담금질 후에 달성되는 것을 보장한다. 탄소 함유량은 베어링에 대해 필요한 강도를 확보하기 위해 0.1wt% 이상으로 설정된다. 더 많은 양의 탄소의 함입은 베어링의 각 부품의 코어의 터프니스(toughness)를 낮추기 때문에 탄소 함유량의 상한치는 1.0wt%로 설정된다.

[규소성분]

규소는 강제조 과정에서 탈산소제로 사용되는 필수적인 엘리먼트이다.

규소는 또한 담금질연화에 대한 저항을 향상시키는데 효과적인 엘리먼트이고, 그에 의해 베어링의 롤링 피로 수명이 연장된다. 따라서, 규소는 최소 0.1wt%가 함유된다. 다른 한편으로는 규소(Si)는 침탄 질화 처리중에 탄소와 질소가 표면으로 들어가는 것을 지체시키고 따라서 열처리의 효율은 감소된다. 따라서 규소 함유량의 상한치는 1.5wt%로 설정된다.

[망간성분]

망간은 강제조 과정에서 탈산소제 및 탈황제로서 사용되는 필수적인 엘리먼트이다. 망간은 또한 개선된 경화성을 갖추는데 효과적인 엘리먼트이다. 따라서 망간은 최소 0.1wt% 만큼 함유된다. 그러나 망간의 과도한 첨가는 가공성을 낮춘다. 따라서 망간 함유량의 상한치는 1.5wt%로 설정된다.

[크롬성분]

크롬은 가령 그 경화 가능성과 담금질 연화에 대한저항을 개선함으로써 모재를 강화할 수 있는 엘리먼트이다. 크롬이 그 의도된 효과를 확실히 나타낼수 있도록 하기 위해서는 최소한 0.1wt%가 필수적이다. 반면에 Cr이 과도하게 첨가되면, cr 산화물이 표면에 형성되어 침탄 질화 처리중에 탄소 및 질소가 표면으로 침투되는 것이 지체되고, 따라서 열처리 효율이 떨어진다. 따라서 열처리 비용은 증가한다. 따라서, 크롬 함유량의 상한치는 3.0wt%로 설정된다.

[완성된 베어링 표면의 탄소성분]

침탄 질화 처리가 행해지는 경우에 질소성분으로 볼 때 탄소성분이 최소한 0.6wt%이면 롤링 베어링은 최소의 필요경도 및 내마모성을 얻을 수 있다.

따라서 탄소함유량의 하한치는 0.6wt%로 설정된다. 한편, 표면층의 탄소 농축이 1.5wt%를 초과한다면 후술되는 조건들을 가진 조합은 망상의 거친 탄화물이 결정체의 입자 경계에 침적하도록 하며, 그 경계에서 응력 집중은 베어링의 피로 수명을 짧게 한다.

[완성된 베어링 표면의 질소성분]

완성된 표면내의 N 함유량이 0.05wt% 이하이면 고용체 N은 표면경도의 적절한 함유량을 얻기에 불충분하므로 베어링의 수명을 연장할 수 없다.

질소함유량이 증가함에 따라 질화물이 침적하기 시작하여 내마모성이 개선된다. 그러나 Cr 첨가량에 따라 내마모성의 개선은 연마성의 저하에 의해 달성될 수도 있으며 N 함유량이 0.9wt%를 초과하면, 연마성이 Cr의 첨가량을 저감하는 것에 의해서는 더 이상 개선되지 않는다.

본 발명의 발명가들은 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서도 긴 수명을 가진 제1목적과 능률적인 처리 조작뿐만 아니라 전동체와 내륜 및 외륜의 양자 사이에 요구되는 서로 다른 성능들을 확실히 하는 것을 포함한 최적인 구성재료와 열처리를 비용면에서 고려하여 낮은 비용으로 제작하기 위한 제2목적을 달성하는 롤링 베어링을 제공하기 위하여 집중적으로 연구했다. 결과적으로 상기 발명가들은 다음과 같은 사실을 발견하였다.

(1) 예를들어 작은 크기의 롤링 베어링내의 전동체들은 원재료 배합을 적절히 조정함으로써 그리고 적합한 열처리에 의해 최소 재료 처리 비용으로 긴 수명을 가질 수 있도록 할 수 있다.

(2) 전동체들은 별도로 하고 내륜 및 외륜 양자는 원재료 배합을 적절히 조정함으로써 그리고 적합한 열처리에 의해 최소 재료와 처리비용으로 치수 안정성 및 긴 수명 양자를 가질 수 있도록 할 수 있다.

(1)에서 설명한 전동체들과 내륜과 외륜을 결합함으로써 낮은 가격으로 고성능 베어링을 제공할 수 있게 되었다.

본 발명의 제2목적을 달성하는 롤링 베어링의 엘리먼트들의 성분의 제한과 다른 요소들이 이하에서 설명된다.

먼저, 본 발명의 제2목적을 달성하는 롤링베어링에 사용되는 합금성분의 배합범위를 제한하는 이유가 설명된다.

[탄소성분]

전동체들은 열처리에 따라 거의 변형되지 않으며 열처리후에 작은 양만이 연마 허용부위를 가진다 ; 따라서, 전동체들이 짧은 시간 동안만 침탄 질화 처리되는 경우에도, 침탄 질화층의 적절한 양만이 그라인딩에 의해 마감된 완성품의 표면층에 남게된다. 또한 그것이 저합금강으로 만들어진 경우에도 침탄 질화 처리는 완성품의 표면에 γ_R의 적절한 양과 잔유 압축 응력을 제공하며, 이것은 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서도 긴 수명을 가진 베어링의 제조에 기여한다. 그러나 짧은 침탄 질화 처리는 때때로 경화층이 유효 깊이가 부족하도록 한다. 따라서, 침탄 질화 처리가 짧은 시간동안만 유효한 경우에도 적절한 깊이의 경화층이 확실하게 형성되도록 하기 위하여 탄소 함유량의 하한선은 전동체용 원재료에 바람직한 값으로서 0.7wt%로 설정된다.

반면에 강의 냉간 가공성은 원재료의 탄소 함유량이 증가함에 따라 변형 저항이 증가하는 경향을 가지며, Cr 함유량이 감소하는 경우에도 0.9wt%를 초과하는 탄소 함유량은 공구 수명 또는 다이수명을 짧게한다. 또한, 0.9wt%를 초과하는 탄소를 함유하는 원재료는 큰 탄화물과 분리를 제거하기 위한 소우킹이 강제조과정에서 필수적이기 때문에 값이 비싸다.

전술한 이유 때문에 전동체들에 대한 원재료의 탄소 함유량은 0.7wt% 내지 0.9wt%의 범위로 특정된다.

전동체들의 경우와 마찬가지로 내륜과 외륜에 대한 원재료는 열처리 시간을 짧게하기 위하여 더 높은 탄소함유량을 가지는 것이 바람직하다. 반면에 베어링 축과 하우징내에 조립되는 내륜과 외륜은 서비스중에 시간의 경과에 따른 최소한의 치수변화를 경험한다 ; 따라서, 치수안정성은 내륜 및 외륜에 대한 중요한 특성이다.

내륜 및 외륜에 대한 원재료의 탄소 함유량이 0.6wt%를 초과하면, 레이스웨이(raceway)중 하나의 코어내의 γ_R양은 필요 이상의 함유량으로 증가하고 이것은 그 치수 안정성을 해치며, 사용조건에 따라 내륜내에 크리이프의 발생과 같은 결함을 야기한다.

반면에 원재료의 탄소 함유량이 0.3wt% 이하이면 침탄 질화 처리는 장시간 동안 행해져야 하고 열처리의 전체효율이 감소한다. 또한, 경화가능성은 만족스러운 경화층을 만들기에 불충분하다.

전술한 이유들 때문에 내륜 및 외륜에 대한 원재료의 탄소 함유량은 0.3wt% 내지 0.6wt%의 범위로 특정된다.

[규소성분]

규소는 원재료 강을 제조하는 과정에서 탈산소제로서 기능하고, 그에 의해 모재 마르텐사이트를 강화하고 그 경화가능성을 개선한다 ; 따라서, 규소는 전동체들뿐만 아니라 내륜 및 외륜을 포함하는 베어링 부품들의 수명을 연장하는데 효과적인 엘리먼트이다. 규소가 그 의도된 효과를 확실히 나타내기 위하여는 0.1wt%의 최소량만 존재해야 한다. 과잉의 규소는 기계 가공성, 단조성 및 냉간 작업성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 침탄 질화처리중에 확산 깊이의 중대한 감소를 야기한다. 따라서 침탄 질화 처리가 짧은 시간 동안만 행해지더라도 침탄 질화 처리가 본 발명에서 의도된 효과를 확실히 발휘할 수 있도록 하기 위하여는 Si 함유량에 대한 상한치는 0.7wt%가 되도록 특정된다.

전술된 이유 때문에 전동체들과 내륜 및 외륜 양자에 대한 규소 함유량은 0.1wt% 내지 0.7wt%의 범위로 특정된다. 침탄 질화층의 두께가 특별히 중요한 경우에는 Si 함유량은 최소 0.5wt% 이상인 것이 바람직하다.

[망간성분]

좀더 양호한 경화성을 위해서 Mn 또는 Cr은 공통의 첨가물이다. 그러나 Cr은 탄화물 형성 엘리먼트이고 첨가된 모든 Cr이 모재의 경화성을 개선하는데 사용되는 것은 아니며, Cr은 Mn보다 비싸다. 최소한의 함유량으로 재료 및 제작비용을 유지하기 위해서는 본 발명에 사용되는 합금 성분들은 최소한의 필요한 범위내에 있도록 설정된다.

따라서 전동체들에 대해서는 Mn 함유량은 경화성이 소량의 엘리먼트로 확실히 향상되도록 하기 위해 최소한 0.5wt%로 특정되고, Mn은 또한 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 베어링의 롤링 수명을 향상시키는데 효과적이라는 사실을 고려해야 한다. 반면에 Mn은 원재료내의 페라이트를 강화하기 위한 엘리먼트이고, 만일 Mn 함유량이 증가하면 그 냉간 작업성은 상당히 떨어진다. 따라서 Mn 함유량의 상한치는 1.1wt%로 특정된다.

전술된 이유 때문에 전동체용의 원재료내의 Mn 함유량은 0.5wt% 내지 1.1wt%의 범위로 특정된다.

내륜 및 외륜은 열간 단조에 의해 가공되기 때문에 그들이 작업성의 관점에서 Mn에 의해 역으로 영향을 덜 받는 것을 제외하고는 동일한 설명이 내륜 및 외륜의 Mn 함유량에 적용된다. 반면에 내륜과 외륜의 기하학적 구조는 전동체들보다 그들이 덜 경화되도록 한다. 따라서 내륜 및 외륜은 전동체들보다 다소 많은 양의 Mn을 함유하도록 되어 있으며, 소요 Mn 함유량의 하한치는 0.6wt%로 설정된다. 그러나 Mn 함유량이 1.3wt%를 초과하면 정상적인 연화(670-690℃로 유지됨으로써 행해짐)후에 단조성과 가공성이 떨어진다. 그러므로 만일 정상적인 연화가 670-690℃의 온도로 유지된 상태에서 행해져야 한다면 Mn 함유량의 상한치는 1.3wt%로 설정된다.

앞서 언급한 바와같이 본 발명의 제2목적은 값싼 롤링 베어링을 제공하는 것이며, 이 경우에 전동체들은 약 22㎜의 지름(만일 전동체가 원추형 롤러인 경우 에는 평균 지름)까지 다이에 의해 단조될 수 있고 이와같은 전동체와 결합되는 내륜 및 외륜은 약 15㎜에 이르는 벽두께를 가질 수 있다. 만일 기구학적으로 불합리한 내륜 및 외륜이 작은 크기로 제작되어야 한다면 1.3wt%의 Mn은 경화성을 다소 부적절하게 한다.

그러나 Mn은 가공(절삭)단계에서 사용되는 공구의 수명을 단축시키지 않고 1.3wt% 이상 함유할 수 없다.

상황에 따라서, 본 발명의 발명가는 가공단계 이전에 행해지는 연화 조건과 가공성 사이의 관계를 집중적으로 연구했다. 그결과, 연화조건들이 원재료의 탄소함유량으로 적절히 설정된다면 Mn의 함유량은 가공성(공구수명)을 희생시키지 않고 1.5wt%까지 증가한다. 원재료가 0.3wt% 이하의 탄소함량을 가지고 있는 경우에, 통상의 저온연화는 전형적으로 약 680℃(±10℃)에서 가열냉각에 의해 행해진다. 그러나 원재료내의 탄소함유량이 증가함에 따라 퍼얼라이트 구조가 증가하고 따라서 탄화물의 양도 증가한다 ; 따라서 정상적인 연화처리는 경도를 충분히 감소시킬 수 없고 원재료의 가공성이 떨어진다. 이와같이 어려움을 극복하기 위해서 탄화물 입자의 형상이 가능한한 구형이 되고 그에 의해 더욱 양호한 가공성을 확보할 수 있도록 가열냉각은 정상적인 경우에서보다 더 높은 온도에서 행해진다.

반면에 0.3wt% 이상 0.4wt% 이하의 탄소함유량을 가진 원재료에 있어서는 지나치게 높은 가열냉각 온도는 탄화물로 하여금 모재내에서 용해되도록 하며 원재료가 냉각되는 방법에 따라 초기 상태로 되돌아가고 따라서 바람직하게 연화되지 않는다.

본 발명가들은 짧은 시간내에 효과적인 연화를 달성하기 위해서는 0.3wt% 이상 0.4wt% 이하의 탄소 함유량을 가진 원재료가 가열되어 700-720℃의(최대) 온도에서 머무를 필요가 있다는 것을 알아냈다.

또한, 0.4wt% 내지 0.6wt%의 탄소 함유량을 가진 원재료의 경우에 있어서는 지체 온도가 740℃ 내지 760℃ 범위내에 있을 수 있도록 약간 상승할 수 있다는 것도 알아냈다.

그러나 원재료의 Mn 함유량이 1.5wt%를 초과하는 경우에는 절삭공구의 수명은 가열냉각 조건을 변경하는 것으로는 길어질 수 없었다.

전술된 이유 때문에 내륜 및 외륜용 원재료의 Mn 함유량은 0.6wt% 내지 1.5wt%의 범위로 특정된다.

[크롬성분]

크롬은 온도연화에 대한 경화성과 저항을 개선함으로써 모재를 강화할 수 있는 엘리먼트이다. 크롬이 그 의도된 효과를 확실히 나타낼 수 있도록 하기 위해서는 최소한 0.1wt%가 필수적이다. 그러나 망간과 관련하여 앞서 서술한 바와같이 Cr도 또한 탄화물 형성 엘리먼트이고 첨가된 Cr 모두가 항상 모재내에서 용해되는 것은 아니며, 그 경화성 개선의 효과는 증가하기 보다는 오히려 감소한다. 만일 Cr 함유량이 0.6wt%를 초과하는 경우에는 거대 탄화물의 발생과 분리를 방지할 수 있도록 소우킹이 강제조 과정에서 행해져야 하며, 이것은 Cr 추가에 대한 비용뿐만 아니라 원재료의 비용도 증가시킨다. 또한 필요이상의 질소는 침탄 질화에 의해 형성된 표면층에서 용해되고 원재료의 마모성은 떨어지는 경향이 있다. 따라서 원재료내의 Cr 함유량의 상한치는 그것이 전동체들 또는 내륜 및 외륜을 만들기 위해 사용되던 간에 0.6wt%로 설정된다.

전술된 이유 때문에 내륜 및 외륜 뿐만 아니라 전동체용 원재료의 Cr 함유량도 0.1wt% 내지 0.6wt%의 범위로 특정된다.

[Fe 및 부수적인 불순물성분]

베어링강의 순수성이 베어링 수명에 상당한 영향을 미친다는 것은 공지의 사실이며, 특히 청결한 상태에서의 윤활하에서는 더욱 그러하다. 베어링강내의 불순물 엘리먼트, 특히 S, Ti 및 O는 그 순수성을 감소시키고 그에따라 그 수명에 악영향을 미친다 ; 따라서, 이들 불순물의 함유량은 수명이 긴 재료내에서는 엄격히 특정된다.

그러나 Ti 및 O 추가물이 극히 낮은 함유량으로 감소되면 재료 비용은 때때로 증가될 수 있다.

반면에, S 추가물이 극히 낮은 함유량으로 감소되면 베어링강의 작업성은 떨어지고 따라서 가공비용은 증가한다.

본 발명의 롤링베어링은 특히 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 긴 수명을 확보해야 하는 적용예에 사용하기 위한 것이다 ; 즉, 구성재료의 적절한 선택과 열처리 특성에 의한 경도 및 퍼센트 γ_R의 바람직한 함유량을 확보하는 것은 재료 및 가공비용을 증가시키는 불순물 함유량에 대한 엄격한 제어를 하는 것보다 중요하다.

전술된 이유 때문에 Fe 또는 부수적인 불순물 어느것도 전동체 또는 내륜 및 외륜용 원재료내에 함유된 함유량 제한치내에 특정되지 않는다. 그러나 본 발명에 사용되는 모든 원재료는 순수도에 대한 규정(JIS G4805)M을 만족시키는 베어링 품질을 가지며, 따라서 그것은 베어링 재료로 사용될 수 있다.

파라미터(예를들어, 가공성의) 임계성은 본 발명의 제2목적을 달성하는 롤링 베어링에 사용되는 합금 성분의 합성 범위와는 관계없이 설명된다.

[전동체용 원재료 및 그 가공]

거의 모든 경우에 있어서 작은 크기의 롤링 베어링의 전동체들은 헤더-워킹(header-working) 코일로 만들어진다. 헤더-워킹 전동체들은 선삭에 의해 가공될 필요가 없으며, 따라서 제품은 주어진 양의 원재료만큼 생산된다. 그러므로 생산효율은 낮은 비용을 실현할 수 있을 정도로 높지만 다이의 수명만이 비용에 영향을 미친다.

다이의 수명은 가공될 재료의 가공경화성 및 냉간 가공성을 포함하는 다양한 인자들에 의해 영향을 받으며 전동체들의 기하학적 구조와 원재료의 합금성분에 따라 다양하다.

가공될 재료의 냉간 가공성은 재료의 C, Cr 및 Mn 함유량에 달려있지만, 본발명의 제2목적을 달성하는 롤링 베어링의 구성재료는 그 수명을 포함한 베어링의 바람직한 성능을 확보하기 위해 설정된 최소로 필요한 종류의 합금 성분을 가지고 있으며, 따라서 재료는 종래의 베어링강 재료보다 가공성이 우수하고 따라서 다이의 수명을 길게 하는데 기여한다.

고려된 이와같은 점들과 관련하여 본 발명의 제2목적을 달성하는 롤링 베어링의 전동체들은 소정의 경우에 있어 냉간 다이 단조(헤더 워킹)에 의해 와이어로부터 만들어진다.

[내륜 및 외륜의 가공]

표준의 작은 크리의 롤링 베어링을 제조하는 경우에 있어서와 같이 본 발명의 제2목적을 달성하는 롤링 베어링의 내륜과 외륜은 먼저 원재료를 열간 단조하고 연화한 후 그것을 서난 세공함으로써 제조된다.

선반 세공 단계에 있어서, 공구의 수명은 재료가 얼마나 빨리 선반에 의해 가공되느냐에 따라 다양하다. 전술된 바와같이 본 발명의 제2목적을 달성하는 롤링 베어링의 구성재료는 구 수명을 포함하여 베어링의 소정의 성능을 확보하기 위해 설정된 최소로 필요한 종류의 합금 성분을 가지고 있으며, 따라서 종래의 베어링 강보다 가공성이 양호하고, 선삭중에 공구로 하여금 마모되는 양이 적도록 한다.

[완성 베어링의 표면층의 합성범위]

긴 수명을 가진 롤링 베어링을 실현하기 위해서는 완성품의 표면정도는 γ_R 의 함유향과 최적의 관계를 가져야 한다. 재료 및 처리비용이 가능한한 최저치로 유지할 수 있도록 하기 위해서 본 발명의 제2목적을 달성하는 롤링 베어링은 전동체들과 내륜 및 외륜 양자에 대하여 최소한의 필요 범위내로 설정된 합금 성분들을 가지고 있다.

따라서 침탄 질화 처리는 C 및 N 양자를 모재내에서 용해되도록 하고 특히 N은 긴 수명을 보장하기 위해서 경도 및 γ_R 의 필요한 성질을 구비할 수 있도록 적정한 양만큼 용해된다.

좀더 자세히 설명하면 침탄 질화 처리에 의해 제작되는 완성된 형태를 가진 존동체들과 내륜 및 외륜이 그 표면층에 0.8wt% 이하의 C 함유량을 가지고 있다면, 얻을 수 있는 표면경도는 긴 수명을 얻기에 불충분하다. 완성품의 표면층 내의 C 함유량은 전술된 C 함유량이 전술된 조건들로 결합된다면 어떠한 문제도 없이 1.4wt%를 초과한다면, M_3C와 다른 큰 탄화물은 침적되고 차례로 상당히 수명을 단축하는 크래킹(cracing)에 대한 출발점이 된다.

만일 완성품 표면층내의 N 함유량이 0.05wt% 이하라면 고용체 N은 적절한 정도의 γ_R 및 표면경도를 이루기에 불충분하며 따라서 베어링 수명을 연장할 수 없게 된다. 반면에 완성품 표면층내의 N 함유량이 0.3wt%를 초과하면 열처리는 긴 시간동안 실시되어야 하며, 또는 선택적으로 침탄질화 처리에 의해 형성된 미연삭 표면층내의 N 함유량은 증가된 N 포텐셜로 인해 증가하는 경향이 있고 이 양자의 방법으로 최종 제품의 연삭성은 상당히 떨어진다.

전술된 이유 때문에 본 발명의 제2목적을 달성하는 롤링 베어링은 완성된 형태로 전동체들 뿐만 아니라 내륜 및 외륜이 0.8wt% - 1.4wt%의 탄소농축과 0.05wt% - 0.3wt%의 질소 농축을 가지게 된다.

다음에, 본 발명의 제2목적을 달성하는 특정한 종류의 롤링 베어링에서 사용될 합금성분의 조성범위를 한정하기 위한 이유, 즉 특히 높은 마모저항이 요구되는 적용예에서 사용하기에 적합한 롤링 베어링이 기술된다.

이 특정한 종류의 롤링 베어링에 관련한 본 발명의 주 목적은 이물질이 존재하는 윤활하에서 더욱 장시간 동안 작동할 수 있고 낮은 비용으로 제조될 수 있는 롤링 베어링을 제공하는 상술한 목적과 부분적으로 중복된다. 따라서 본 발명의 두 목적들은 전동체들의 화학조성과 동일하다. 그러나, 내륜 및 외륜용 원재료의 조성에 있어서 약간의 차이가 존재한다 ; 더욱 구체적으로 말하면, 내륜 및 외륜의 Cr 함유량은 전동체들의 Cr 성분과 관련하여 수치적으로 제한된다. 이물질이 존재하는 윤활하에서 베어링의 마모 저항 및 그들의 수명을 조사하기 위해 행해진 철저한 연구의 결과로서, 본 발명자들은 전동체들이 0.1-0.6wt%의 Cr을 함유하는 침탄 질화된 저가의 합금강으로 이루어지는 반면 내륜 또는 외륜의 어느 하나, 또는 이들 두 레이스가 적어도 0.2wt%까지 전동체들보다 더 많은 Cr을 함유하는 베어링강 또는 표피-경화강으로 만들어졌을 때 모든 부분에서 베어링강 또는 표피경화 재료를 이용하는 것들보다도 훨씬 더 큰 마모저항을 가지며 또한 긴 수명을 가지고 제조될 수 있다는 것을 알았다. 이러한 사실을 기초로 하여 이것은 전동체들의 각각과 내륜 또는 외륜과의 사이에서 슬라이드하는 열악한 조건하에서의 사용을 견디기에 충분히 높은 마모저항을 가지는 롤링베어링을 제공할 수 있고, 또한 베어링은 이물질이 존재하는 윤활하에서 더욱 긴 수명에 대한 요건을 충족할 뿐만 아니라 더욱 낮은 비용을 실현한다.

[전동체들에서의 C, Cr, Mn 및 Si의 함유량]

이들 성분들의 함유량은 본 발명의 제2목적을 성취하는 베어링의 전동체들에 대해 이미 설명된 것들과 동일하다. 이 설명은 여기서 생략된다.

[내륜 및 외륜에서의 Cr의 함유량]

베어링강 SUJ2 이 전동체들에서 사용될 뿐만 아니라 내륜 및 외륜에서도 사용된다면, 제품은 이물질이 존재하는 윤활하에서 더욱 짧은 롤링수명을 가지며 침탄처리 또는 침탄질화처리 후 전동체들에서 뿐만 아니라 내륜 및 외륜에서도 종래의 표피 경화강 SCr 420을 사용하는 베어링에 비하여 더욱 낮은 마모저항을 보여주는 경향이 있다. 두 개의 재료가 롤링 베어링을 형성하기 위해 결합되는 경우에도 SUJ2는 더욱 광범위하게 마모하여 SCr 420 보다 더욱 짧은 수명을 가지는 경향이 있다. 이것은 롤링 베어링의 마모저항이 비교적 높은 마모저항을 갖는 재료와 더욱 적은 마모저항을 갖는 재료와의 간단한 화합에 의해 개선될 수 없다는 것을 의미한다.

이물질이 존재하는 윤활하에서 베어링의 마모저항과 그들의 수명을 조사하기 위해 행해진 집중적인 연구의 결과로서, 본 발명가들은 전동체들이 01-0.6wt%의 Cr을 함유하는 침탄질화된 저가의 합금강으로 만들어진 반면 내륜 또는 외륜 또는 이들 양쪽의 륜이 적어도 0.2wt%까지 롤링베어링 내에서보다 Cr을 더 많이 함유하는 표피-경화재료를 사용하는 것들보다 더 큰 마모저항을 가지며, 또한 수명이 긴 베어링이 제조될 수 있었다는 것을 알았다.

내륜 및 외륜에서 사용될 재료는 적어도 0.2wt%까지 전동체들의 재료보다 더 많은 Cr을 함유한다. 또한 전동체들은 0.6wt% 이하의 비교적 낮은 Cr 함유량을 가진다. 그러므로 결합부품들 사이의 열전도성의 차이 때문에 그들의 마찰표면상의 열확산이 전동체들을 향하여 진행하는 경향이 있다. 이것은 내륜 또는 외륜의 탬퍼연화를 지연시키고 이것에 의해 같은 재료가 내륜 및 외륜 뿐만 아니라 전동체들까지도 포함하는 베어링의 모든 부분에서 사용되는 경우보다도 더 양호한 마모저항을 제공한다. Cr 함유량에서의 차이가 0.4wt% 또는 그 이상이면 의도된 효과가 추운히 얻어지며, 그러므로 Cr 함유량에서의 차이는 바람직하게는 적어도 0.4wt% 이다.

전동체들에 사용될 재료는 낮은 Cr 함량을 가지는 저가의 합금강이지만 이것이 침탄질화 처리되기 때문에 전동체들은 이물질이 존재하는 윤활하에서 장기간동안 작동할 수 있는 적합한 량의 γ_R을 가진다. 또한, 질소 고유의 바람직한 효과는 탬퍼연화에 대한 저항특성과 마모저항이 개선된 표면층을 제공한다. 따라서, 전동체들의 마모저항은 결합부룸이 마모저항에서 개선된다고 하더라도 손상되지 않는다.

그러나 내륜 및 외륜의 Cr 함량이 2.0wt% 이상으로 전동체들의 것보다 더높게 되면 내륜 및 외륜의 마모저항은 더욱 개선되며 마찰열과 같은 역효과는 표면층에서의 잔류된 오스테나이트(γ_R)가 분해하거나 또는 표면층의 경도가 감소하도록 전동체들의 표면상에서 광범위하게 작용한다. 그 결과, 이물질이 존재하는 윤활하에서 롤링 베어링의 마모저항 또는 그의 동작수명이 감소한다. 증대된 Cr 함유량이 갖는 다른 문제점은 원재료의 작업성이 악화하는 한편 재료비용이 증대한다는 것이다.

전술한 이유로 내륜 및 외륜 재료의 Cr 함유량은 전동체들의 함유량보다 0.2-2.0wt% 만큼 많으며, 특히 바람직하게는 0.4-2.0wt%만큼 더 많다.

[내륜 및 외륜에 있어서 다른 합금성분의 함유량]

본 발명의 제2목적을 실현하며, 높은 마모저항이 요구되는 적용예에 작용하기에 특히 적합한 롤링베어링은 전동체들에 있어서 낮은 가격이면서도 높은 내마모성 저 Cr강을 이용하며, 전동체들의 Cr 성분과 관련하여 특정된 Cr 성분을 갖는 내륜 및 외륜과 결합한다. 그 결과 마모저항은 전동체들에서 뿐만 아니라 내륜 및 외륜에서도 개선되며, 이에따라 전체적으로 베어링의 수명이 연장된다. 따라서, Cr 성분을 제외하고는 원재료의 화학적인 조성에 대해 특별한 제한을 둘 필요가 없다. 그러나 재료미 및 가공비 열처리비 등을 포함하는 전반적인 비용을 고려하고 베어링에서 요구하는 성능을 고려할 때 내륜 및 외륜의 원재료에 대해 일정한 화학적 조성을 세분하는 것이 바람직하다.

따라서, 내륜 및 외륜 원재료에 있어서 C 성분이 0.3wt% 이하이면 침탄처리 또는 침탄질화 처리에 필요한 시간이 과도하게 길어져 이들 열처리의 효율을 저감하며, 한편 C 성분이 0.6wt%를 초과하면 양 륜 중심부에서 γ_R의 양이 필요 이상의 양만큼 증대하여 용적의 안정도에 있어서 열화를 초래하며, 동작 조건에 따라서 내륜의 크리프(creep) 및 외륜의 하우징 골링(galling)의 성장과 같은 결점을 초래한다. 따라서 내륜 및 외륜용 원재료의 C 성분의 0.3-0.6wt%의 범위로 하는 것이 바람직하다.

그러나, 경화처리가 통상적으로 베어링의 필요한 경도를 얻기에 충분한 베어링강의 경우 깊은 영역의 γ_R 량이 과도하게 증대할 가능성은 없으며, 이와같은 베어링강의 비용은 낮다.

따라서, C을 0.6wt% 이상을 함유하여도 내륜 및 외륜에 이들을 사용할 수 있다.

또, 내륜 및 외륜의 원재료의 Mn 성분의 경도성을 증진시키고, 이물질이 존재하는 윤활하에서 베어링의 수명을 연장하는 효과를 갖는 오스티나이트(austenite) 형성원소이다. 따라서, Mn 성분은 최소한 0.3wt%로 설정하는 것이 바람직하다. 한편, Mn 원재료의 퍼라이트(ferrite)를 강화하고 그 양이 증대함에 따라 냉각작업성이 열화한다. 따라서, 내륜 및 외륜용 원재료의 Mn 성분은 0.3-1.2wt%로 한정하는 것이 바람직하다.

또한 내륜 및 외륜용 원재료의 Si는 강 제조과정에서 탈산화제로서 작용하며, 이에따라 개선된 경도성을 제공하고 매트릭스 마르텐사이트(martensite)을 강화시킨다 ; 따라서 Si는 베어링의 수명을 연장하며, 최소한 0.1wt%의 양을 함유한다. 한편, Si가 과도해지면 가공성 및 단조성, 냉각작업성이 열화될 뿐만 아니라 침탄질화 처리중에 분산 깊이를 크게 증대시킨다. 따라서, 내륜 및 외륜용 원재료의 Si 함량은 0.1-0.5wt% 이내로 설정하는 것이 바람직하다.

다음에, 본 발명의 제3의 목적을 실현하는 롤링 베어링에 사용되는 합금성분의 효과 및 이들 성분의 임계성에 대해 설명한다.

또한 C, Si, Mn의 각 성분은 본 발명의 제2목적과 유사하므로 이들 원소의 효과 및 임계성은 제3의 목적에 있어서는 그 설명을 생략한다.

[크롬성분]

크롬은 경화성을 개선하며, 모재의 고형체 경화를 달성한다. 또한, 그것은 침탄 질화 처리의 결과로서 베어링의 표면층에 탄화물, 질화물 및 침탄질화물이 침적하는데 도움을 주며, 그에 의해 피로수명 및 마모저항 특성을 개선한다. γ_R 함유량의 상한치는 0.5wt%로 설정된다. 왜냐하면 Cr 첨가의 의도된 효과는 Cr의 0.5wt% 이하로는 달성되지 않기 때문이다. 반면에 만일 과도한 양의 Cr이 첨가되면, Cr 산화물이 표면상에 형성되고 침탄 질화 처리중에 탄소와 질소가 표면으로 침투되는 것을 지연시키며, 따라서 열처리의 효율은 떨어진다. 따라서, Cr 함유량의 상한치는 3.0wt%로 설정된다.

[몰리브덴 성분]

몰리브덴은 연화에 대한 저항을 증가시키고, Cr과 같은 침탄 질화처리의 결과로서 베어링의 표면층에 탄화물, 질화물 및 침탄질화물이 침적하는데 효과적인 엘리먼트이고 그에 의해 피로수명 및 마모저항 특성을 개선한다. Mo의 과도한 첨가는 원재료의 소성 가공성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 재료 비용을 증가시키기 때문에 Mo 함유량의 상한치는 0.3wt%로 설정된다.

[바나듐성분]

몰리브덴과 마찬가지로, 바나듐은 연화에 대한 저항을 증가시키며, 그것은 또한 침탄 질화 처리의 결과로서 질화물 및 침탄 질화물 뿐만 아니라 매우 미세한 입자이고 단단한 VC 탄화물을 발생시키는데 효과적인 엘리먼트이고, 그에 의해 이들 성분들의 분산 강화 효과 때문에 베어링의 마모저항과 피로수명 특성을 향상시킨다. V의 과도한 첨가는 원재료의 가공성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 재료비용을 증가시키기 때문에 V 함유량의 상한치는 2.0wt%로 설정된다.

[니켈성분]

니켈은 그 거칠기를 개선하는데 효과적인 것으로 판명된, 모재내에서 용해하는 엘리먼트이다. 그러나 만일 니켈이 과도한 양 만큼 첨가된다면 표면층 내의 γ_R 의 양은 그의 경도를 낮출 수 있을 만큼 증가한다. 따라서 Ni 함유량의 상한치는 2.0wt%로 설정된다.

[완성된 베어링의 표면층의 조성범위]

전술한 바와같이, 베어링의 표면층에 탄화물에 침적하는 가령 Cr, Mo 및 V와 같은 충분하게 많은 양의 탄화물-형성 엘리먼트들을 첨가함으로써 베어링의 마모저항을 개선하는 것은 공지의 것이지만 이와같은 방법에 의해 제조된 베어링은 많은 양은 양의 합금 엘리먼트를 포함할 뿐만 아니라 열처리 비용이 높은 때문에 매우 비싸다.

여러 가지 조건들하에서 본 발명의 발명가들은 베어링의 표면층 내의 탄소 및 질소의 농축에 주목하였으며, 베어링 수명과 그 마모 저항 사이의 관계를 연구했다. 그 결과, 베어링의 마모 저항은 베어링의 표면층의 탄소 농축이 적정한 범위내에 있도록 제어함으로써 현저하게 개선될 수 있다는 것이 판명되었다.

제1도에 도시된 바와같이 침탄 질화 처리에 의해 형성된 표면층이 바람직하게는 0.3wt% 이상의 질소 농축을 가지고 있다면 매우 미세한 입자의 탄화물, 질화물 및 침탄질화물의 분산 강화 효과가 마모저항에 현저한 개선을 달성한다. 만일 표면층의 질소 농축이 지나치게 높으면, γ_R 양은 저속, 중하중 하에서의 서비스가 현저한 강제조 및 다른 적용예들내의 롤링 베어링으로서 사용하기 위해 더 이상 적합하지 않은 수준으로 베어링의 경도를 감소할만큼 증가한다. 따라서, 표면층의 질소 농축은 0.7wt%를 초과하지 않도록 조정되어야 한다.

만일 모재가 충분한 강도 가지고 있어 긴 수명을 확보할 수 있다면 표면층의 탄소 농축은 최소 0.8wt%이어야 한다. 그러나 표면층의 탄소 농축이 1.5wt%를 초과하면, 후술되는 조건들을 가진 결합은 망상의 거친 탄화물이 결정체를 입자 경계에서 침적하도록 하며, 여기에서 응력 집중은 베어링의 피로 수명을 짧게 한다.

전술된 이유 때문에 본 발명의 제3목적을 달성하는 롤링 베어링은 완성된 형태의 전동체들 내륜 및 외륜으로 구성된 그룹에서 선택된 최소 1개의 부품은 그 표면층 내에 0.8wt% - 1.5wt%의 탄소 농축 및 0.3wt% - 0.7wt%의 질소농축을 가져야 한다.

또한 본 발명의 제3목적을 달성하는 마모-방지 베어링은 내외륜의 고정된 활주에서 상기 조성의 합금강을 사용함으로써 낮은 비용에서도 제조될 수 있다는 것을 주목해야 한다. 또한 연속적인 주조기를 사용함으로써 베어링내의 크래킹 발생을 가능한한 피해야 하는 일정한 적용예에 있어서, 모재의 탄소 농축은 0.5wt% 이하로 유지되는 것이 바람직하다는 것 또한 추가되어야 한다.

다음에 제4목적을 실현하는 롤링 베어링의 다른 성분 및 그 수치적인 임계성을 설명한다.

본 발명의 제4목적은 그 성능이 전술한 제2 및 제3목적을 달성하는 베어링들 사이에 적합하게 개재하는 롤링 베링을 제공하는 것 또는 고속, 저하중 조건에서 사용하기에 적합하고 높은 마모저항에 대한 요구와 낮은 비용 양자를 충족하는 롤링 베어링을 제공하는 것이다. 이하에서는 본 발명의 제4목적을 달성하는 롤링 베어링의 다른 엘리먼트들과 수적인 제한의 임계성이 설명된다.

롤링 베어링의 구성 재료로서 공통적으로 사용되는 SCr 420에 상당하는 표면경화강 및 SUJ2와 같은 베어링강이 침탄 질화 처리된 경우에는 이들 재료의 마모저항은 증가하는 질소 침적에 따라 매우 개선되나 반면에 그들의 마모성은 현저하게 떨어지는 경향이 있으며, 따라서 제조비용이 증가한다.

이와같은 충돌을 해결하기 위하여 본 발명의 발명가들은 원재료의 성분, 질소침적, 마모성 및 원재료의 마모저항과 같은 관련된 다양한 인자들간의 상호관계에 대해 집중적인 연구를 행했다. 그 결과, Cr 함유량과 질소 첨가량이 적절한 범위내에 존재하도록 제어함으로써 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 수명과 마모저항 특성이 개선되고 연삭을 포함한 다양한 양상의 작업 동작에 바람직한 롤링 베어링이 낮은 비용으로 제조될 수 있다는 것을 발견하였다.

[탄소성분]

탄소는 베어링에서 요구되는 코어강도를 달성하는데 필요한 엘리먼트이다.

그러나 만일 원재료의 탄소 함유량이 0.9wt%를 초과하면 거대 탄화물과 분리를 제거하기 위한 소우킹은 강제조 과정에서 필수적인 것이 되고 이것은 재료비용에 추가된다.

또한 변형에 대한 저항은 증가하는 탄소 함유량과 함께 증가하는 경향이 있고 따라서 냉간 작업성과 가공성은 떨어진다. 따라서 탄소 함유량의 상한치는 0.9wt%로 설정된다.

원재료의 탄소 함유량이 0.3wt% 이하이면, 장시간의 침탄 질화처리가 필수적이며 열처리의 효율은 감소한다. 따라서, 탄소 함유량의 하한치는 0.3wt%로 설정된다. 그러나 원재료가 내륜 및 외륜을 만들기 위해 사용 된다면 그리고 그들의 치수 안정성과 코어 거칠기가 특별히 중요하다면 원재료의 탄소 함유량은 0.6wt% 이하로 설정된다는 것을 주목해야 한다.

[규소성분]

규소는 강제조 중에 탈산소제로서 사용되는 필수적인 엘리먼트이다 ; 규소는 또한 경도 연화에 대한 저항을 높이고, 모재 마르텐 사이트를 강화하며 경화성을 개선하는데 효과적인 엘리먼트이다. 이들 효과를 확보하기 위하여 규소는 0.1wt% 이상 첨가되어야 한다. 그러나, 만일 규소의 추가가 과도하면 원재료의 냉간 작업성과 가공성이 떨어지고 침탄 질화 처리에 의해 달성될 수 있는 탄소와 질소 확산 깊이는 감소하며, 따라서 열처리의 비용은 증가한다. 따라서 규소 함유량의 바람직한 상한치는 0.7wt%로 설정된다.

[망간성분]

망간은 경화성을 개선하는데 효과적인 엘리먼트이다. 본 발명에 있어서, 침탄 질화 처리는 완성 베어링의 표면에 미세한 탄화물 입자를 형성하는데 효과적인 경우에도 마모성의 열화를 방지한다. 그러나, 망간의 과도한 추가는 원재료의 냉각 작업성과 가공성을 떨어뜨린다. 따라서, 망간 함유량의 상한치는 1.5wt%로 설정된다.

[크롬성분]

크롬은 경화성과 템퍼 연화에 대한 저항을 개선하는데 효과적인 엘리먼트이고 0.1wt% 이상 첨가되어야 한다. Cr의 존재 효과를 미치는 침탄 질화 처리는 완성 베어링의 표면에 질화물을 형성하며, 따라서 그 마모 저항이 개선된다. 그러나, N에 대한 Cr의 비율이 일정한 값을 초과하면 원재료의 마모성을 떨어뜨린다. 더욱 중요한 것은 단순히 크롬을 과도하게 첨가하는 것은 더 많은 재료비용을 초래한다는 것이다. 또한 침탄 질화처리에 의해 달성될 수 있는 탄소와 질소의 확산 깊이는 감소하고, 따라서 열처리 비용이 증가한다. 따라서 크롬 함유량의 상한치는 0.8wt%로 설정된다.

[완성품 베어링의 표면의 탄소성분]

침탄 질화처리에 의해 얻어진 완성된 형태의 베어링은 필요한 경도를 확보하기 위하여 통상 0.8wt% 이상의 탄소 농축을 가질 것이 요구된다. 본 발명에 있어서, 질소 함유량의 상한치는 더욱 긴 수명과 더욱 높은 마모저항에 대한 요구 모두를 만족시킬 수 있도록 증가된 수준으로 설정되고 따라서 최소한 필요한 표면 탄소 함유량은 0.6wt%이다. 그러나 표면 탄소 함유량이 1.2wt%를 초과하면, 탄소 및 질소 고용체의 전체량은 과도하게 된다. 또한 처리 조건에 따라 γ_R 는 필요이상의 양만큼 형성되고 표면경도는 증가하기 보다 오히려 감소하고 또는 친공석 결정이 형성된다. 그 결과, 베어링의 수명은 단축된다. 따라서, 완성된 베어링의 표면의 탄소 함유량의 상한치는 1.2wt%로 설정한다.

[완성품 베어링 표면의 질소성분]

완성된 베어링 표면의 질소 함유량이 0.2wt% 이하인 경우에는, 질소 고용체의 양은 더욱 긴 수명 및 더욱 높은 마모 저항에 대한 양자의 요구를 동시에 충족시키기에 불충분하다. 따라서 질소 함유량의 하한선은 0.2wt%로 설정한다. 한편 질소성분이 증가함에 따라 탄화물이 침적하기 시작하고 마모저항이 개선된다. Cr 첨가량에 따라 마모저항의 개선은 마모성의 열화에 수반하며, 만일 N 함유량이 0.9wt%를 초과하면, 마모성은 Cr 첨가를 줄여서는 더 이상 개선될 수 없다.

[Cr + N, Cr과 N의 전체성분]

질소와 함께 첨가되는 경우, 크롬은 마모저항을 개선하는 질화물 또는 침탄 질화물을 형성하지만 반면에 마모성은 떨어진다. 본 발명의 발명가들은 표면층의 N과 원재료의 Cr의 총량이 적절한 범위내에 존재하는 경우에는 마모성과 마모저항이 개선된다는 것을 실험적으로 찾아내었다. 실험의 상세에 대하여는 후술하는 실시예를 참조하라.

결론적으로, 표면층의 N 함유량이 0.2wt% 이상이라면 Cr + N이 1.0wt% 초과하는 경우에 마모성은 급격히 떨어지고, 반면에 Cr + N이 0.4wt% 이하인 경우에 마모저항은 현저하게 떨어진다는 것을 알아냈다. 따라서, 양호한 마모성과 높은 마모저항에 대한 양자의 요구를 충족할 수 있는 Cr + N의 적절한 범위는 0.4 내지 1.0wt% 내에 존재하도록 특정되었다. 전술된 범위내에 Cr + N이 존재하는 경우에도 소정의 마모저항은 표면층의 N 함유량이 0.2wt% 이상인 때에는 달성되지 않는다.

[실시예]

(A-1) 본 발명의 제2목적을 달성하는 베어링이 실시예들을 참고로하여 이하에서 설명된다.

(1) 롤링 엘리먼트들의 원재료의 성분, 소우킹에 대한 필요 및 다이의 수명:

본 발명의 범위 내의 강 견본과 비교 샘플은 소우킹을 행할 필요 및 냉간 다이 작업에 사용되는 다이의 수명에 대하여 평가된다.

[소우킹]

빌레트(billet) 형상의 원재료 샘플들은 절단되고 베어링의 수명 특성에 해로운 새그리게이션 (segregation)의 두껍게 결합된 구조와 거대 탄화물의 존재를 체크하기 위해 거시적으로 그리고 미시적으로 검사된다. 그 결과는 표 1에 표시되어 있다.

[다이의 수명]

냉간 다이 단조(엎세팅 : upsetting)는 다음과 같은 조건하에서 실행된다.

다이 : V 30(JIS B4053)

엎세팅정도 : 15 - 20%

작업효율 : 분당 300 - 400 PCS(pieces)

윤활 : 아연 인산염막 + 윤활제

시험중인 강철조각은 상기 조건하에서 작업되며, 다이의 수명은 다이에서 발생하는 크랙 또는 다른 결함

들이 작업 조작내에서 발전하는 흠집 또는 다른 변형들을 야기하는 경우에 끝나게 된다. 다이의 수명은 이들 현상들이 발생하기 전에 작업될 수 있었던 조각들의 개수에 관점에서 표현된다. 그 결과들은 표 1에 표시된다.

[표 1]

	강의종류	C(wt%)	Si(wt%)	Mn(wt%)	Cr(wt%)	소킹	다이수명 ($\times 10^3$조각)
본발명	C1	0.75	0.48	0.78	0.45	필요없음	216
	C2	0.84	0.51	0.96	0.28	행함	207
	C9	0.72	0.49	0.81	0.35	행함	226
	C10	0.88	0.48	0.80	0.36	행함	206
	C11	0.81	0.50	0.52	0.34	행함	230
	C12	0.80	0.51	1.07	0.35	행함	202
	C13	0.82	0.50	0.89	0.12	행함	219
	C14	0.79	0.49	0.79	0.58	행함	201
비교예	C3	0.53	0.46	1.02	0.48	행함	235
	C4	1.05	0.49	0.75	0.30	필요함	73
	C5	0.81	0.45	0.44	0.56	필요없음	223
	C6	0.82	0.47	1.22	0.32	행함	85
	C7	0.84	0.50	1.03	0.05	행함	209
	C8	0.82	0.49	0.83	0.75	필요함	93

소우킹은 C 또는 Cr 함유량이 각각 0.9wt% 또는 0.6wt%를 초과하는 경우에 필요한 것으로 생각된다.

C, Mn 또는 Cr 함유량이 각각 0.9wt% 또는 0.6wt%를 초과하는 경우에는 작업성은 떨어지며 다이의 수명은 매우 짧다.

(2) 내륜 및 외륜의 원재료의 성분과 가공(절삭) 공구의 수명 :

본 발명의 범위내에서 사용된 강 견본 및 비교 샘플들은 가공(절삭)단계에서 사용된 공구의 수명에 대하여 평가된다.

[시험조건]

절삭기계 : 고속선반

공구 : P 10(JIS B4053)

절삭속도 : 180 - 220 m/sec

이송량 : 0.2 - 0.3 mm/rev

절삭깊이 : 0.6 - 1.0 mm

연화 : 어닐링 프로파일 X - 가열 및 유지온도(최대온도), 700 - 720℃ ; 가열에서 냉각에 이르는 전체; 공정시간, 8 - 10 시간

어닐링 프로파일 Y - 가열 및 유지온도(최대온도), 740 - 760℃ ; 가열에서 냉각에 이르는 전체 ; 공정시간, 8 - 10시간

어닐링 프로파일 Z - 가열 및 유지온도(최대온도), 670 - 690℃ ; 가열에서 냉각에 이르는 전체 ; 공정시간, 8-10시간(정상어닐링)

전술된 조건하에서, 샘플들은 JIS B4011에서 특정된 절삭 시험 방법에 따라 절단되고 절삭 공구의 수명은 절삭공구의 플랭크 마모가 0.2mm에 이르면 끝난다.

그 결과는 표 2에 표시되어 있다.

[표 2]

	강의종류	C(wt%)	Si(wt%)	Mn(wt%)	Cr(wt%)	어닐링프로필	공구수명(분)
본발명	R1	0.42	0.49	1.10	0.28	Z	156
	R2	0.55	0.52	0.85	0.48	Z	135
	R9	0.32	0.48	0.91	0.36	Z	189
	R10	0.57	0.51	0.89	0.35	Z	103
	R11	0.45	0.52	0.61	0.33	Z	166
	R12	0.46	0.49	1.17	0.35	Z	105
	R13	0.44	0.48	0.90	0.13	Z	128
	R14	0.46	0.50	1.89	0.56	Z	103
	R15	0.42	0.47	1.30	0.31	Z	100
	R16	0.35	0.49	1.48	0.35	X	114
	R17	0.46	0.49	1.46	0.34	Y	113
	R18	0.56	0.47	1.48	0.35	Y	108
비교예	R3	0.22	0.48	1.12	0.45	Z	186
	R4	0.73	0.46	0.87	0.36	Z	28
	R5	0.51	0.51	0.41	0.55	Z	168
	R6	0.50	0.50	1.33	0.28	Z	22
	R7	0.48	0.47	1.10	0.04	Z	126
	R8	0.52	0.48	0.87	0.72	Z	35
	R19	0.36	0.48	1.65	0.45	X	21
	R20	0.55	0.46	1.58	0.36	Y	23
	R21	0.52	0.48	1.63	0.72	Y	26

C, Mn 또는 Cr 함유량이 각각 0.6wt%, 1.5wt% 또는 0.6wt%인 경우에는 가공성은 떨어지고 절삭공구의 수명은 매우 짧다. Mn 함유량이 1.3wt%(강 종류, R)를 초과하면, 공구수명은 정상어닐링 프로파일Z의 경우에 짧다 ; 그러나, 공구 수명은 C 함유량이 0.4wt% 이하일때(어닐링 프로파일 X에서) 또는 0.4 - 0.6wt%(어닐링 프로파일 Y에서)일때에 15wt%의 Mn 함유량에 이르기까지 만족스럽다는 것을 알았다.

(3) 열처리후의 전동체와 내륜 및 외륜의 물질

전동체와 내륜 및 외륜 각각에 대하여 본 발명의 범위내에 있는 샘플들과 비교샘플들이 제공되어 각각의 열처리 표본의 품질을 평가하기 위하여 서로 다른 조건들하에서 다양한 열처리를 받았다. 열처리의 조건은 표 3에 표시된 바와 같다.

[표 3]

표 시	처리온도(℃)	처리시간	처리조건
A	850 - 900	1 - 2	침탄질화처리
B	870 - 930	2 - 4	행함
C	850 - 900	5 - 7	행함
D	930 - 960	5 - 7	정상침탄처리
E	930 - 960	5 - 7	고농축침탄처리

[열처리 A]

다음과 같은 조건하에서 1 - 2시간 동안 350 - 900℃의 온도에서 처리됨 : 0.3 - 0.7%의 풍부한 가스와 3

- 10%의 암모니아 가스의 존재하의 흡열성 가스대기에서 침탄 질화 처리된다. 경화 바로 직후에, 2시간 동안 템퍼링이 행해졌다.

[열처리 B]

다음과 같은 조건하에서 2 - 4시간 동안 870 - 930℃의 온도에서 처리됨 : 0.3 - 0.7%의 풍부한 가스와 3 - 10%의 암모니아 가스의 존재하의 흡열성 가스대기에서 침탄 질화 처리된다. 경화 바로 직후에, 2시간 동안 160 - 200℃에서 탬퍼링이 행해졌다.

[열처리 C]

다음과 같은 조건하에서 5 - 7시간 동안 850 - 900℃의 온도에서 처리됨 : 0.3 - 0.7%의 풍부한 가스와 3 - 10%의 암모니아 가스의 존재하의 흡열성 가스대기에서 침탄 질화 처리된다. 경화 바로 직후에, 2시간 동안 160-200℃에서 템퍼링이 행해졌다.

[열처리 D]

5 - 7시간 동안 930-960℃의 온도에서 정상 침탄 처리가 행해진후, 실온으로 냉각되도록 남겨지고, 30분 동안 840 - 860℃로 유지된 후 경화되고, 그 직후 2시간동안 160 - 200℃에서 템퍼링이 된다.

[열처리 E]

1.2 - 1.4의 탄소 포텐션 C(정상 침탄에서는 0.9 - 1.0임)을 달성할 수 있도록 5 - 7시간 동안 930 - 960℃의 온도에서 고농축 침탄처리가 행해지고, 그후 실온으로 냉각되도록 남겨지며, 30분동안 840-860℃로 유지된 후 2시간 동안 160-200℃에서 템퍼링이 된다.

본 발명의 범위내에 있는 전동체들은 열처리 A가 행해진다. 짧은 시간동안 행해진 침탄처리 이후에 직접 경화가 행해지기 때문에 열처리 A의 비용은 정상적인 경화의 비용과 비교할만하다. 또한 작은 양의 절삭 여유부로 인해 성능이 현저한 개선을 위해 완성품의 표면에 C와 N 양자는 불충분한 양만 잔류하고 정상적인 경화의 결과와 비교된다.

침탄 질화 처리 온도가 900℃를 초과한 경우에는 γ 은 완성품의 표면에 필요이상의 양이 발생되고, 경도 또는 코어부의 거칠기가 떨어져 베어링의 성능과 수명특성을 해친다. 반면에, 침탄 질화 처리온도가 850℃ 이하인 경우 또는 처리시간이 지나치게 긴 경우에는 N은 경화된 표면에서 필요이상의 양이 통합되며, 그에의해 연마성에 상당한 열화를 초래한다.

본 발명의 범위내에 있는 내륜과 외륜은 열처리 B를 받는다. 중간정도의 탄소강의 침탄처리의 침탄질화 처리가 보통의 방법으로 행해진 경우보다 짧은 열처리를 하게 한다.

침탄 질화 처리 온도가 930℃를 초과하는 경우에는 전동체들의 경우에서와 마찬가지로 경도가 떨어진다 ; 또한 중간정도의 탄소강의 사용이 코어부의 결정 입자가 거칠어지는 것을 방지할 수 없을때라도, 거칠기가 떨어져 베어링의 수명성능과 특성을 떨어뜨리도록 한다. 반면에 침탄 질화 처리 온도가 870℃ 이하인 경우 또는 처리온도가 지나치게 긴 경우에는 전동체들의 경우에서와 마찬가지로 연마성은 상당히 열화된다.

본 발명에 있어서, 직접적인 경화가 비용효과를 보장하기 위해 채택된다.

내륜 및 외륜의 열처리에 대해서는 특정한 베어링의 지정에 따라 제2경화가 열처리 결과로서 발생할 수 있는 어떠한 변형도 방지할 수 있도록 시행된다. 이것은 열처리 비용의 관점에서 바람직하지 않지만 대체적으로 변형의 수정은 연마 비용을 낮추는데 기여하며, 이것은 때때로 바람직한 것으로 판명된다. 또한, 열처리된 제품의 품질은 제2경화에 의해 안정화되고, 그 성능은 직접 경화된 제품의 성능과 적어도 비견할만하다.

표 4는 비교예의 품질뿐만 아니라 본 발명의 실시예의 범위내에 있는 열처리된 전동체들의 품질도 표시한다.

[표 4]

	No.	강시료	열처리	C(wt%)	N(wt%)
본발명	1	C1	A	0.86	0.23
	2	C2	A	0.98	0.19
비교예	3	C3	A	0.81	0.23
	4	C5	A	0.96	0.21
	5	C7	A	0.97	0.20

비교예는 긴 다이 수명을 가진 표 1에 게재된 것들로부터 선택됐다. 강종류 C 및 C, C은 작업성이 나쁘고, 따라서 연속적인 열처리 또는 수명시험을 받지 않는다. 표 4에 표시된 C 및 N 함유량은 완성품 표면층의 것이다.

(4) 내륜 및 외륜을 그라인딩 하는데 대한 시험

본 발명과 비교예의 범위에 있는 강 시료는 그 마모성이 시험되었다.

[시험조건]

그라인딩 휠 : WA 100

그라인딩 유체 : 용해형

그라인딩 원주 속도 : 2,800 - 3,000 m/min

다양한 종류의 강으로 만들어진 베어링의 내부 레이스웨이 표면에 상당하는 샘플들은 전술된 조건하에서 그라인딩 휠과 함께 연마되며, 그라인딩 휠은 무게를 가진 휠과 무뎌지는 입자의 어떠한 징후에 대해서도 체크된다. 휠의 드레싱이 필요하게 되기전에 연마될 수 있는 샘플들의 숫자를 헤아린다.

표 5는 본 발명의 샘플들과 비교예의 샘플들 양자에 대한 연마 시험의 결과를 표시한다. 비교예의 샘플들은 긴 수명을 가진 표 2에 게재된 것들로부터 선택되었다.

전동체들의 경우에서와 마찬가지로, 강 시료 R4, R6 및 R19 - R21은 수명시험을 받지 않는다. 표 5에 표시된 C와 N 함유량은 완성품의 표면층의 함유량이다.

[표 5]

	No.	강시료	열처리	C(wt%)	N(wt%)	마모성조각의 갯수
본발명	6	R1	B	0.96	0.23	24
	7	R2	B	0.98	0.24	25
	14	R16	B	0.93	0.23	25
	15	R17	B	0.95	0.24	24
	16	R18	B	0.98	0.23	24
비교예	8	R2	C	1.05	0.61	7
	9	R2	D	1.08	0.00	29
	10	R2	E	1.46	0.00	26
	11	R3	B	0.78	0.26	26
	12	R5	B	0.89	0.26	25
	13	R7	B	0.90	0.25	25

비교예의 샘플 No.8은 그 연마성이 낮은 높은 표면 N 함유량을 가지고 있다.

(5) 전동체들과 내륜 및 외륜에 대한 비틀림 수명시험

본 발명과 비교예의 범위내에 있는 강시료에 첨가된 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 비틀림 수명시험을 시행한다. 시험기는 1969년 5월 25일에 리코가 쿠사(Rikofakusha)에 의해 발행되고, 엘렉트로스틱메이킹 리서치 인스티투트(Electrosteel making Research Instityte)에 의해 편집된 제1판 토쿠수코 빈란(Tokkushuko Binran)(특수강 핸드북)의 21페이지, 10장에 설명된 비틀림형 시험기였다.

[시험조건]

계약압력 : 4,900 MPa

회전속도 : 3,000 CPm

윤활제 : # 68 터빈 오일

이물질 : FeC 베이스 소립자(경도, HC52 ; 크기, 74 - 147㎛)가 300ppm의 양으로 윤활제에 첨가되었다.

표 6은 비교예의 샘플에 대한 데이터와 함께, 수명시험에 대한 데이터를 표시한다.

[표 6]

	베어링 No.	롤링엘리먼트 No.	내륜 외륜 No.	L_{10} 수명($\times 10^6$ 사이클)
본발명	1	1	6	29.8
	2	1	7	30.2
비교예	3	1	8	31.5
	4	1	9	9.6
	5	1	10	6.3
	6	1	11	4.2
	7	1	12	10.2
	8	1	13	5.2
본발명	9	2	6	30.5
	10	2	7	29.4
비교예	11	3	6	15.3
	12	3	7	16.5
	13	4	6	10.6
	14	4	7	9.5
	15	5	6	6.9
	16	5	7	7.2
	17	6	6	12.2
본발명	18	2	14	30.3
	19	2	15	31.2
	20	2	16	31.7

수명시험은 표 4에 게재된 전동체 샘플과 표 5에 게재된 내륜 또는 외륜 샘플TP(실제적으로, 외륜에 상당하는 디스크 TP가 비틀림 수명시험에 사용되었다). 베어링 샘플번호 No. 1, 2, 9, 10 및 18-20에 있어서, 본 발명의 범위내에 있는 전동체 샘플들은 또한 본 발명의 범위내에 있는 내륜 또는 외륜 샘플 TP와 결합되었으며, 긴 수명을 가진 이들 베어링 샘플들은 염가로 준비될 수 있고 높은 성능을 나타낼 수 있었다.

비교예의 베어링 No.3도 또한 긴 수명을 가지지만 내륜 또는 외륜은 연마성이 낮아 높은 가격으로만 준비될 수 있다.

비교예의 베어링 No.4 및 5는 침탄처리된 내륜 또는 외륜을 가지고 있어서, 표면에 적당한 N 함유량을 가지고 있지 않다. 비교예의 베어링 No.7에 있어서, 내륜 또는 외륜용의 원재료는 낮은 Mn 함유량을 가지고 있어서 내륜 또는 외륜 내의 γ 양은 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 만족스러운 수명을 보장하기에는 불충분하다.

비교예의 베어링 No.5는 베어링 수명을 떨어뜨리는 거대 탄화물이 내륜 또는 외륜에 베어링 수명을 떨어뜨리는 거대 탄화물(평균지름 1㎛)들이 내륜 또는 외륜에 형성되기 때문에 훨씬 짧은 수명을 가진다.

비교예의 베어링 No.6은 완성된 내륜 또는 외륜 TPM의 표면층내에서 낮은 C함유량을 가지고 있지만, 반면에 비교예의 베어링 No.8은 보다 긴 수명을 보장하는데 필요한 표면경도를 부여하는 Cr 성분이 충분치 않다.

비교예의 베어링 No.11과 12는 전동체에 대한 원재료의 C 함유량이 낮아서 짧은 시간 동안만 행해진 침탄질화 처리로는 긴 수명을 보장하기 위한 충분한 깊이의 경화층을 구비할 수 없다 ; 따라서, 이들 베어링의 수명은 훨씬 짧다.

비교예의 베어링 No.13과 14는 전동체용의 원재료의 Mn 함유량이 낮아서 γ 양은 이물질이 존재하는 경우에 윤활하에서 만족스러운 수명을 보장하기에는 불충분하다.

비교예의 베어링 No.15와 16은 전동체용 원재료의 Cr 함유량이 낮아서 만족스러운 수명을 보장하기 위해 필요한 표면경도를 얻을 수 없었다.

수명시험은 또한 열처리 A가 행해진 본 발명의 전동체 샘플 C9-C14(표 1참조)이 열처리 B가 행해진 본 발명의 내륜 또는 외륜 샘플 R-R14(표 2 참조) 결합한 베어링 샘플에도 시행된다. 이들 베어링의 L 수명은 베어링 샘플 No.1, 2, 9 및 10의 L 수명과 비견할만하다는 것이 증명되었다.

내륜 또는 외륜 샘플 R0 - R14에도 또한 전술된 것과 동일한 조건하에서 연마 시험이 시행되며, 그 결과들은 표 5에 표시된 R1 및 R2에 대한 값과 비견할만하다.

(A-2) 본 발명의 제2목적을 달성하며, 특히 여러 가지 적용에서 사용하기에 적합하고 마모저항이 높은 롤링 베어링이 이제 실예를 참조하여 기술될 것이다.

내륜 및 외륜은 물론 전동체들은 본 발명의 범주안에서 그리고 밖에서 열처리의 여러조건하에서 다양한 강 견본으로 만들어진다. 각 부품들은 마모시험(L44649/610)과 수명시험을 거친 원추형 롤러베어링의 샘플들을 형성하기 위해 결합되었다.

전동체들에 대하여 본 발명의 범주내외의 대부분의 강종류들은 위의 표 1에 리스트된 것들로부터 선택되

었다. 내륜 및 외륜에 대해서 아래 표 7을 참조하라.

그러나 본 발명의 범위 밖의 전동체들의 일부는 표 7로부터 선택된 강의 종류로 제조되었다.

[표 7]

강시료	C(wt%)	Si(wt%)	Mn(wt%)	Cr(wt%)
SCR440	0.41	0.25	0.80	1.05
SCR420	0.20	0.25	0.78	1.02
SCR120	0.21	0.23	1.02	0.52
SCR140	0.41	0.26	0.81	0.80
SUJ2	1.00	0.26	0.39	1.46
S53CG	0.53	0.17	0.81	0.05
EX1	0.28	0.26	1.00	2.80

열처리 조건은 다음과 같다.

[열처리 A]

이것은 전술한 것과 동일한 처리이다.

[열처리 J]

다음 조건 하에서 2 - 4시간 동안 900 - 950℃의 온도로 처리된다 : 0.3 - 0.7%의 강화가스 및 3 - 10%의 암모니아 가스와 흡열환경하에서 질화침탄을 행하는 것을 조건으로 한다. 직접적인 경화에 이어서 템퍼링을 2시간 동안 160 - 200℃로 행하는 것이 효과적이다.

[열처리 K]

다음 조건하에서 5-7시간 동안 900-950℃의 온도로 처리된다 : 0.3 - 0.7%의 강화가스 및 3 - 10%의 암모니아 가스와 흡열환경하에서 질화침탄을 행하는 것을 조건으로 한다. 직접 경화 처리를 한 후 템퍼링을 2시간 동안 160 - 200℃로 행하는 것이 효과적이다.

[열처리 L]

경화후 2시간 동안 160 - 200℃로 템퍼링 한 후 0.5 - 1시간 동안 830 -860℃의 온도를 유지한다.

[열처리 M]

5-7시간 동안 930-960℃의 온도로 정상 침탄처리를 한 후 즉시 직접 경화처리를 하고 템퍼링을 2시간 동안 160-200℃로 행한다.

본 발명의 범위내에서 전동체는 열처리 A를 받았다.

마모 테스트 조건은 다음과 같다.

테스트 하에서의 베어링 : 원추형 롤러 베어링(HR 30307C)

고정링 : 외부레이스

로드 : 축방향 로드 = 4900N

회전속도 : 500rpm

오일 : 터빈 오일(ISO VG 32)

부가한 이물질 : FeC 베이스 입자(경도, HC 52 ; 치수, 20-50㎛)는 200ppm의 양만큼 오일에 첨가되었다.

각 원추형 롤러 베어링 샘플은 전체 주변에 축방향 로드만이 균일하게 인가되면서 내륜의 넓은 칼라 면과 각 롤러의 단부면 사이에서 미끄럼 마모를 평가하는 테스트를 받았다. 10 회전을 행한 후 내륜의 넓은 칼라 면에 대해 지오메트리의 측정을 하여 마모영역이 산출되었으며, 이때 최초의 지오메트리는 측정된 지오메트리에 겹쳤다.

마모된 영역은 롤러와 접하는 길이로 곱하여 마모용적으로 변환했다. 모든 롤러의 무게를 측정하고 초기값에서 공제하여 마모량을 결정하였다. 평가는 마모율의 관점에서 또는 미끄럼 길이로 나눈 마모량으로 하였다.

제6도는 내론 및 전동체용 재료들 사이의 미분 Cr 함량의 함수로서 내륜의 넓은 칼라면의 마모율을 나타내는 그래프이다. 미분 Cr 함량은 0.2wt% 이상일 경우 넓은 칼라면의 마모율이 감소하며, 이것은 그 만족할만한 내마모성을 나타내는 것이다.

수명테스트 조건의 마모는 다음과 같다.

테스트하에서의 베어링 : 원추형 롤러 베어링(L44649/610R)

고정링 : 외부레이스

로드 : 반경방향 로드 = 12000N

회전속도 : 500rpm

오일 : 터빈 오일(ISO VG 32)

부가한 이물질 : FeC 베이스 입자(경도, HC 52 ; 치수, 74-147㎛)는 200ppm의 양만큼 오일에 첨가되었다.

표 8은 전동체와 내륜 및 외륜의 강 견본들 이들 부품에 가해진 열처리 조합을 나타내며, 표 9는 각 샘플에 대해 행해진 수명 및 마모 테스트의 결과를 도시한다.

[표 8]

	베어링 No.	롤링 No.	강시료	열처리	C(wt%)	N(wt%)	내륜,외륜 No.	강시료	열처리	C(wt%)	N(wt%)
본발명	21	1	C1	A	0.86	0.23	30	SCR440	J	0.92	0.23
	22	1	C1	A	0.86	0.23	31	SCR440	M	0.97	0
	23	1	C1	A	0.86	0.23	32	SCR420	K	0.89	0.26
	24	1	C1	A	0.86	0.23	33	SCR420	M	0.94	0
	25	1	C1	A	0.86	0.23	36	SAE5140	J	0.94	0.21
	26	1	C1	A	0.86	0.23	37	SAE5140	M	0.99	0
	27	1	C1	A	0.86	0.23	38	SUJ2	L	1.00	0
	28	1	C1	A	0.86	0.23	39	SUJ2	A	1.16	0.29
	29	2	C2	A	0.98	0.19	30	SCR440	J	0.92	0.23
	30	2	C2	A	0.98	0.19	31	SCR440	M	0.97	0
	31	2	C2	A	0.98	0.19	34	SAE4120	K	0.86	0.24
	32	2	C2	A	0.98	0.19	35	SAE4120	M	0.91	0
	33	2	C2	A	0.98	0.19	36	SAE5140	J	0.94	0.21
	34	2	C2	A	0.98	0.19	37	SAE5140	M	0.99	0
비교예	35	1	C1	A	0.86	0.23	34	SAE4120	K	0.86	0.24
	36	1	C1	A	0.86	0.23	35	SAE4120	M	0.91	0
	37	1	C1	A	0.86	0.23	40	S53CG	J	0.91	0.19
	38	1	C1	A	0.86	0.23	41	S53CG	M	0.98	0
	39	1	C1	A	0.86	0.23	42	EX1	K	0.86	0.33
	40	1	C1	A	0.86	0.23	43	EX1	M	0.96	0
	41	2	C2	A	0.98	0.19	40	S53CG	J	0.91	0.19
	42	2	C2	A	0.98	0.19	41	S53CG	M	0.98	0
	43	3	C1	L	0.98	0	30	SCR440	J	0.92	0.23
	44	3	C1	L	0.75	0	31	SCR440	M	0.97	0
	45	4	C3	A	0.81	0.23	30	SCR440	J	0.92	0.23
	45	4	C3	A	0.81	0.23	31	SCR440	M	0.97	0
	47	5	C5	A	0.96	0.21	30	SCR440	J	0.92	0.23
	48	5	C5	A	0.96	0.21	32	SCR440	K	0.89	0.25
	49	6	C7	A	0.97	0.20	30	SCR440	J	0.92	0.23
	50	7	SCR440	J	0.98	0.23	30	SCR440	J	0.92	0.23
	51	8	SCR440	M	0.97	0	31	SCR440	M	0.97	0
	52	9	SUJ2	L	1.00	0	38	SUJ2	L	1.00	0

[표 9]

	베어링No.	내륜,외륜No.	Cr의 함량차(wt%)	L_{10} 수명 ($\times 10^6$g/m)	롤링엘리먼트의 마모율($\times 10^{-6}$g/m)	내부테이스의 넓은 칼라면의 마모율 ($\times 10^{-6}$g/m)
본발명	21	30	0.60	35.5	0.85	0.92
	22	31	0.60	19.7	0.86	1.00
	23	32	0.57	34.6	0.83	0.98
	24	33	0.57	18.5	0.92	1.03
	25	36	0.35	34.8	0.82	1.23
	26	37	0.35	20.1	0.95	1.48
	27	38	1.01	17.8	1.02	1.15
	28	39	1.01	35.8	0.79	0.82
	29	30	0.77	32.3	0.83	0.87
	30	31	0.77	19.7	0.92	0.97
	31	34	0.24	31.6	0.84	1.73
	32	35	0.24	18.6	0.97	1.85
	33	36	0.52	35.4	0.84	1.15
	34	37	0.52	19.7	0.98	1.26
비교예	35	34	0.07	22.3	1.25	3.26
	36	35	0.07	9.5	1.36	3.56
	37	40	-0.40	11.6	1.26	4.22
	38	41	-0.40	8.7	1.31	4.45
	39	42	2.35	5.2	3.35	0.68
	40	43	2.35	7.3	3.17	0.95
	41	30	-0.23	8.9	1.02	4.15
	42	31	-0.23	6.3	0.98	4.29
	43	30	0.60	8.6	2.89	1.15
	44	31	0.60	7.1	2.68	1.28
	45	30	0.57	8.8	1.12	1.19
	46	31	0.57	5.3	1.09	1.30
	47	30	0.49	7.8	1.16	1.34
	48	32	0.46	6.9	1.16	1.38
	49	30	1.00	7.3	2.15	1.23
	50	30	0	25.1	2.29	3.18
	51	31	0	9.3	3.26	3.38
	52	38	0	6.5	4.45	4.12

본 발명에 따라서 최소한 Cr 0.2wt% 이상을 함유하는 내륜 및 외륜과 전동체들을 조합하였을 때 전동체들 뿐만 아니라 내륜의 넓은 칼라면은 뛰어난 마모특성을 나타내며, 베어링 조립체는 긴 수명을 갖는다.

본 발명의 범주내의 베어링 샘플 22, 24, 26, 30, 32 및 34는 침탄처리(M)를 받은 내륜 및 외륜을 가지며, 따라서 침탄처리(J 또는 K)를 받은 내륜 및 외륜을 갖는 그들 샘플들에 비해 수명이 짧았다. 그러나, 이 샘플들은 본 발명의 범주외의 샘플 51과 비교하여 훨씬 수명이 길었고, 여기서 전동체들 뿐만 아니라 내륜 및 외륜까지도 침탄 처리된 강으로 만들어졌다.

베어링 샘플 27에서 전동체들은 정상경화된 SUJ2로 만들어진 내륜 및 외륜과 결합되었고, 그리하여 이 베어링의 수명 역시 침탄 처리된 내륜 및 외륜을 사용하는 샘플들보다 짧았다. 그러나, SUJ2로 만들어진 전동체들이 역시 SUJ2로 만들어진 내륜 및 외륜과 결합된 샘플 52에 비교하여 샘플 27은 현저하게 긴 수명을 가졌다.

정상경화가 내륜 및 외륜상에 수행될 열처리로서 족하므로, 이 샘플 27은 비용을 고려하여 모든 요인들을 갖는 양호한 경우로서 유지될 수 있다.

특정한 비교예들에 관해서 말하자면, 샘플들 35 및 및 50은 침탄질화 처리된 전동체들을 침탄질화 처리된 내륜 및 외륜과 결합시킴으로써 연장된 수명을 갖는다 ; 그러나, 내륜의 마모율은 내륜 및 외륜의 Cr 함량에서 전동체들의 Cr 함량을 뺀 것이 0.2wt% 이하였기 때문에 수용하기 어려울 정도로 높았다.

베어링 샘플 36은 또한 내륜의 마모율이 수용하기 어려울 정도로 높았다 ; 부가적으로 내륜 및 외륜은 침탄처리가 되었고, 따라서 그들은 적정량의 γ를 함유할 수 없었고, 긴 수명도 가질 수 없었다.

베어링샘플 39 및 40에서 내륜 및 외륜의 Cr 함량에서 전동체의 Cr 함량을 뺀 것이 2.0중량퍼센트를 초과하였고, 따라서 롤러가 과도하게 마모되었으며 베어링의 수명이 연장될 수 없었다.

베어링샘플 43 및 44에서, 롤러는 정상경화 처리되었고, 그래서 이들은 마모저항이 그리 높지 않았고 베어링의 수명이 연장될 수 없었다.

베어링샘플 45 및 46에서 전동체들을 위한 원재료의 C 함량은 경화된 층의 적절한 깊이는 짧은 시간의 침탄질화 처리만으로는 얻어질수가 없을 정도로 낮았다.

베어링샘플 47 및 48에서 전동체들을 위한 원재료의 Mn 함량은 적정량의 γ 가 보장될 수 없을 정도로 낮았다. 베어링샘플 49에서 전동체들을 위한 원재료의 Cr 함량은 낮았다. 따라서, 이들 5개의 베어링들은

모두 수명이 짧았다.

베어링샘플 51 및 52에서 전동체들은 상기 전동체들과 같은 강 시료들로 만들어진 내륜 및 외륜에 결합되었다(샘플 51에서는 SCr 440이고, 샘플 52에서는 SUJ52) ; 따라서, 전동체들 뿐만 아니라 내륜 및 외륜까지도 마모율이 수용하기 어려울 정도로 높았다. 부가적으로 베어링들의 각각의 부분들은 침탄질화 처리되지 않았고, 따라서 적정량의 γ 가 보장될 수 없었다. 이 이유 때문에, 샘플 51 및 52의 베어링 수명은 짧았다.

전술한 바와같이 본 발명의 제2목적을 성취하며 높은 마모저항이 요구되는 적용에서 사용하기에 특히 적합한 롤링 베어링은 재료를 침탄질화 처리함으로써 높은 마모저항이 얻어지는 저가의 재료를 만들어진 전동체들을 채용한다. 그 결과 전동체들 뿐만 아니라 내륜 및 외륜까지도 마모저항이 개선되며, 그럼으로써 이물질이 존재하는 윤활하에서 수명이 긴 베어링을 제공한다. 본 발명은 또한 원추형 롤링베어링에서 내륜의 더욱 큰 칼라평면에 대해 개선된 마모저항을 제공할 수 있다. 이것은 또한 원추형 롤링베어링의 내륜 및 외륜 레이스 웨이에 의해 그리고 원통형 및 구형 롤러베어링의 레이스 웨이 또는 칼라 평면에 의해 예시된 바와같이 동시에 롤링 및 슬라이드 작동을 받게 되는 베어링의 이들 부품들에 사용하기 위한 경우이다. 따라서, 수명이 긴 베어링은 본 발명에 의해 제공될 수 있다.

(B) 본 발명의 제3목적을 달성하는 베어링이 실시예를 참조하여 이하에서 설명된다.

본 발명의 제3목적을 달성하는 베어링 실시예에 사용된 합금 조성은 아래의 표 10에 게재된다.

[표 10]

강시료	C(wt%)	Si(wt%)	Mn(wt%)	Cr(wt%)	Mo(wt%)	V(wt%)	Ni(wt%)	비고
M1	0.4	0.3	0.8	1.5	-	-	-	발명
M2	0.2	0.2	0.5	1.2	1.0	-	-	발명
M3	0.8	0.2	0.5	1.5	-	1.0	-	발명
M4	0.2	0.8	0.4	0.8	-	-	1.5	발명
M5	0.2	0.4	1.0	0.8	3.0		-	발명
M6	0.4	0.3	0.8	1.0	-	2.0	-	발명
M7	0.5	0.3	1.5	0.5	-	-	-	발명
M8	0.3	1.5	0.4	1.2	0.8	-	-	발명
M9	0.4	0.2	0.8	3.0	0.3	0.5	-	발명
M10	0.4	0.3	0.8	0.3	-	-	-	비교예
M11	1.0	0.3	0.2	1.5	-	-	-	선기술
M12	0.2	0.3	0.8	1.1	-	-	-	선기술

종래의 강시료 M11은 JIS SUJ2이고, 종래의 강시료 M12는 JIS SCr 420이다. 본 발명의 시료들과 비교예의 시료들은 다음의 열처리를 받는다 : 85 - 900℃ × 1-8시간으로 선택된 적절한 조건에서의 침탄질화처리는 820-880℃에서 제2경화에 의해 이어지며, 차례로 2시간동안 180℃에서 템퍼링에 의해 이어진다. 종래의 SUJ2는 840℃에서 템퍼링되며, 종래의 SCr 420은 4시간동안 930℃에서 침탄된 후, 860℃에서 제2경화처리되고, 2시간동안 180℃에서의 템퍼링으로 이어진다. 이와같이 열처리된 샘플들에 다양한 실험이 행해진다.

표 11은 시료들에 행해진 수명 및 마모시험 뿐만 아니라 각각 열처리된 시료들의 품질을 표시한다.

[표 11]

시료	강시료	표면 C 응축 (wt%)	표면 N 응축 (wt%)	L_{10} 수명 ($\times 10^6$사이클)	마모($\times 10^{-5}$g/m)	비 고
T1	M1	0.92	0.43	17.3	0.80	발명
T2	M2	0.91	0.48	21.2	0.84	발명
T3	M3	1.21	0.32	19.3	0.82	발명
T4	M4	0.82	0.35	18.5	0.91	발명
T5	M5	1.10	0.58	22.2	0.78	발명
T6	M6	1.35	0.31	20.4	0.75	발명
T7	M7	0.95	0.43	18.1	0.81	발명
T8	M8	0.85	0.30	21.8	0.92	발명
T9	M9	1.48	0.68	24.1	0.76	발명
T10	M10	0.91	0.43	8.1	0.88	비교예
T11	M1	0.83	0.15	7.2	4.31	비교예
T12	M1	1.60	0.41	5.7	0.85	비교예
T13	M2	0.68	0.32	8.4	1.03	비교예
T14	M3	1.01	0.24	11.6	3.11	비교예
T15	M7	0.87	0.18	10.7	4.16	비교예
T16	M11	1.03	-	2.4	4.48	비교예
T17	M12	0.85	-	6.3	4.28	비교예

수명시험이 첨가된 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 앞서 정해진 비틀림형 시험기로 시행된다. 그 시험 조건은 다음과 같다.

접촉압력 : 4,900MPa

회전속도 : 1,000rpm

윤활제 : #68 터빈오일

첨가된 이물질 : 강(SUS420 J2) 소립자(경도, HC 52 ; 크기, 80-160㎛)가 300PPm의 양만큼 첨가된다.

마모시험은 제2도에 도시된 구성의 2 사이클 마모 테스터에 의해 시행된다.

시료 S가 그 주변에 장착된 후, 한쌍의 수직 대향 실린더는 2개의 시료가 서로 접촉할 수 있도록 위로부터 가해지는 하중 P와 반대방향으로 저속으로 회전한다. 엷은 윤활하에서의 마모특성을 평가하기 위해서 기름막이 쉽게 파괴되는 낮은 점성의 윤활제가 회전하는 실린더에 계속 공급된다.

마모시험 조건은 다음과 같다.

하중 : 100kgf

회전속도 : 10rpm

미끄럼비 : 30%

윤활제 : S10

오일온도 : 60℃

시료 T1-T9는 본 발명의 제3목적을 달성할 수 있는 베어링의 샘플이다.

명백히 그 시료들은 마모 및 수명 특성 양자에 있어 종래의 샘플들보다 현저하게 개선되었다. 시료 T10은 0.5wt% 이하 만큼 Cr이 첨가되었다. 서료 T11, T14 및 T15는 표면층내의 너무 낮은 질소 응축을 가지고 있어서, 수명 및 마모특성양자 모두에 바람직하지 못하다. 시료 T12는 1.5wt% 이상의 표면 탄소 응축을 가진 비교예이다. 거친 망상의 탄화물들이 결정입자 경계에서 침적되기 때문에, 이시료의 수명은 매우 짧다.

시료 T13은 0.8wt% 이하인 표면 탄소 응축을 가진 비교예이기 때문에, 수명 특성에 있어서 바람직하지 못하다.

본 발명의 제3목적을 달성하는 베어링의 개념이 베어링의 모든 성분들에 적용될 필요는 없지만 가장 무거운 하중조건하에서 작동하는 고정륜에만 적용될 수 있다는 것(만일 롤링 베어링이 내륜회전과 함께 사용되는 경우 외륜은 고정되며, 또는 그 반대로 된다)을 주목해야 한다. SUJ2, SCr 420, SCM420 또는 다른 종래의 강 시료들이 회전륜 및 전동체에 사용되더라도, 베어링은 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 롤링 베어링에 의해 요구되는 마모저항과 수명을 가질 수 있으며, 또한 낮은 비용으로 제작될 수 있다.

(C) 고속 경하중 적용예에서 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 양호한 수명 특성에 더하여 높은 마모저항 및 낮은 비용 양자에 대한 요구를 충족함으로써 본 발명의 제4목적을 달성하는 롤링 베어링이 이하에서 실시예들을 참고로 하여 설명될 것이다.

(1) 베어링 합금강의 조성과 절삭공구와 다이의 수명과의 관계 :

본 발명의 범위내에 있는 강 시료와 비교예의 샘플들은 냉간 다이 단조(엎세팅)에 사용된 절삭 공구와 다

이의 수명에 대해 평가된다.

공구수명 시험은 다음의 조건하에서 시행된다.

절삭기계 : 고속 선반

공구 : P10(JIS B4053)

절삭속도 : 180-220m/sec

이송량 : 0.2-0.3mm/rev

절삭깊이 : 0.6-1.0mm

전술된 조건하에서, 시료들은 JIS B4011에 특성된 절삭시험 방법에 따라 절삭되며 절삭공구의 수명은 절삭 공구의 플랭크 마모가 0.2mm에 도달할 때 끝나게 된다.

다이 수명 시험은 다음의 조건들 하에서 시행된다.

다이 : V30(JIS B4053)

엎세팅의 정도 : 15-20%

작업효율 : 시간당 300-400 조각

윤활 : 아연 인산염막 + 윤활제

강 시료들은 이들 조건하에서 작업되며 다이의 수명은 다이에서 발생된 크랙 또는 다른 결함들이 작업편 내에서 발전되는 결함 또는 다른 변형을 야기할 때 끝나게 된다. 다이의 수명은 이들 현상이 발생되기 전에 작업될 수 있는 시편들의 개수의 관점에서 표현된다. 2가지 시험의 결과는 표 12에 표시된다.

[표 12]

	강시료	C(wt%)	Si(wt%)	Mn(wt%)	Cr(wt%)	공구수명 (분)	다이수명 (×10조각)
본발명	N1	0.34	0.45	1.46	0.15	136	224
	N2	0.45	0.42	0.56	0.72	137	225
	N3	0.54	1.43	0.87	0.45	133	223
	N4	0.70	0.43	0.80	0.60	127	212
	N5	0.85	0.45	0.75	0.24	126	211
비교예	N6	0.24	0.46	1.15	0.47	142	230
	N7	0.46	0.49	1.16	0.87	128	218
	N8	0.56	0.42	1.57	0.43	32	76
	N9	0.80	0.45	0.43	0.09	129	220
	N10	0.96	0.44	1.31	0.40	28	72
	N11	0.44	0.43	0.64	0.92	117	206
	N12	0.43	0.45	1.12	0.06	139	226

본 발명의 롤링베어링에 사용하기 위해 합금강의 조성범위내의 모든 강 시료들은 공구와 다이 수명 특성 양자에 만족스러운 결과를 가진다. 그런, 지나치게 높은 Mn 및 C 함유량을 가진 비교예 샘플 N8 및 N10은 각각 공구와 다이수명 특성 양자에서 떨어진다 ; 또한, 그들의 생산 비용은 높다. 따라서, 비교예 샘플 N8과 N10은 열처리에 대한 어떤 연속적인 실험들을 행하지 않는다.

(2) 열처리된 베어링 합금강의 품질 :

본 발명의 범위내에 있는 표 12에 게재된 합금강과 또한 동일한 표에 게재된 비교에 샘플들(N8과 N10은 제외함)은 다음의 열처리 F, G 및 H를 받고 그들의 품질에 대해 평가된다.

[열처리 F]

침탄 질화 처리는 잔유 암모니아가 최소한 0.1vol%의 양만큼 포함되어 있는 것과 같은 암모니아 가스와 풍부한 가스에 의해 보충되는 것과 같은 흡열성 가스대기에서 1-4시간 동안 840-900℃의 온도에서 달성된다. 직접적인 경화에 이어서, 템퍼링은 2시간동안 160-180℃에서 달성된다. 직접적인 경화는 30분 동안 830-860℃에서 유지됨으로써 이어지며, 차례로 제2경화는 2시간 동안 160-180℃에서 템퍼링에 의해 이어진다.

[열처리 G]

침탄 질화 처리는 잔유 암모니아가 최소한 0.1vol%의 양만큼 함유되어 있는 것과 같은 암모니아 가스와 풍부한 가스에 의해 보충되는 것과 같은 협열성 가스대기에서 1-4시간 동안 870-930℃의 온도에서 달성된다. 직접적인 경화에 이어서, 템퍼링은 2시간동안 160-180℃에서 달성된다. 선택적으로 직접적인 경화는 30분동안 830-860℃에서 유지됨으로써 이어지며, 차례로 제2경화는 2시간 동안 160-180℃에서 템퍼링에

의해 이어진다.

[열처리 H]

5-7시간 동안 930-960℃의 온도에서 정상적인 침탄을 받으며, 그후에 실내온도로 냉각되도록 남겨지고, 30분동안 830-860℃에서 유지되며, 그후에 경화되고, 2시간동안 160-180℃에서 템퍼링에 의해 이어진다.

본 발명의 범위내의 합금강은 열처리 F가 행해지고 1-4시간 동안의 짧은 처리도 침탄처리 및 질화처리의 적절한 깊이를 달성하기에 충분하다. 거의 모든 경우에 있어서, 직접적인 경화가 달성되고, 이것은 정상적인 경화 비용에 거의 비견할만한 생산 비용을 들게한다. 그런 경화로부터 야기된 변형은 얇은 벽 베어링에 상당한 어려움을 일으키기 때문에 제2경화 또는 프레스 켄칭이 변형을 억누를 수 있도록 행해지며, 따라서 균열 결함 및 연마 비용이 감소된다. 결과적으로 그것은 제조비용면에서 장점을 가질 수 있다. 완성된 베어링은 암모니아가 최소한 0.1vol%가 되도록 암모니아 분석기가 잔유 암모니아 양을 제어할 수 있도록 사용되지 않는다면 적절한 양의 질소가 주어지지 않는다. 만일 침탄 질화 처리 온도가 900℃를 초과하면, 암모니아 가스는 적절한 양의 잔유 암모니아를 확보하는 것이 곤란한 가속된 비율에서 분해되고, 질소 확산 효율은 감소한다. 더욱 중요한 것은 결정입자의 거칠어짐과 다른 바람직하지 못한 현상은 낮은 거칠기를 유도하고, 따라서 베어링의 성능을 손상시킨다. 만일 침탄 질화 처리온도가 840℃ 보다 낮으면 적절한 깊이의 경화층을 얻기 위해 필요한 열처리 시간이 너무 길어져 제조비용이 증가한다 ; 따라서 침탄 질화 처리는 840℃ 내지 900℃의 범위로 특정된다.

표 13은 이들 강 시료의 연마성과 마모특성 뿐만 아니라, 열처리된 강 시료들의 품질, 첨가된 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 행해진 비틀림 수명(이미 특정된 비틀림형 테스터)의 결과들을 표시한다.

제3도는 Cr + N과 연마성간의 관계를 도시하며, 제4도는 Cr + N과 마모저항간의 관계를 도시한다.

수명시험, 연마시험 및 마모시험은 다음의 개별적인 조건들하에서 행해진다.

[수명시험]

접촉압력 : 4,900MPa

회전속도 : 1,000rpm

윤활제 1 : # 68 터빈오일

첨가된 이물질 : FeC - 베이스 소립자(경도, HC 52 ; 크기, 74- - 147㎛)가 300PPm의 양만큼 윤활제에 첨가된다.

[연마시험]

그라인딩 휠 : WA 100

연마액 : 용해형

그라인딩 원주 속도 : 2,800 - 2,000 m/min

시험시료는 내륜(표시 No.6206)이고, 시료의 레이스웨이면은 위에 표시된 조건하에서 그라인딩 휠과 함께 연마되며, 그라인딩 휠의 드레싱이 필요하게 되기전에 연마될 수 있는 내륜의 개수가 헤아려진다.

[마모시험]

시험기 : 2실린더 마모 시험기(제2도 참조)

하중 : 50kgf

회전속도 : 100rpm

미끄럼율 : 30%

윤활제 : S 10

오일온도 : 60℃

동일한 강 시료의 2개의 실린더형 시험시료를 사용하여 마모시험은 위에 표시된 조건하에서 행해지며, 2개의 시료의 무게손실(마모상실)이 측정된다.

평균값은 각각의 강 시료의 마모율을 결정하기 위해 취해진다.

[표 13]

	No.	강시료	열처리	C(wt%)	N(wt%)	Cr(wt%)	Cr+N(wt%)	연마성(조각의갯수)	마모($\times 10^{-5}$g/m)	L_{10}($\times 10^{b}$ 사이클)
본발명	1A	N1	F	0.93	0.30	0.15	0.45	27	0.41	27.54
	2A	N5	F	1.13	0.31	0.24	0.55	27	0.36	24.89
	3A	N5	F	1.03	0.41	0.24	0.65	26	0.32	29.45
	4A	N3	F	0.96	0.28	0.45	0.73	26	0.28	25.67
	5A	N5	F	0.98	0.56	0.24	0.80	26	0.27	24.14
	6A	N4	F	1.06	0.25	0.60	0.85	25	0.25	28.29
	7A	N2	F	0.92	0.23	0.72	0.95	24	0.21	25.31
	8A	N1	F	0.63	0.82	0.15	0.97	22	0.20	28.21
비교예	9A	N7	F	0.92	0.21	0.87	1.08	6	0.20	26.35
	10A	N3	F	0.84	0.60	0.45	1.05	7	0.20	25.88
	11A	N4	F	0.93	0.53	0.60	1.13	6	0.19	27.23
	12A	N2	F	0.87	0.46	0.72	1.18	5	0.20	26.90
	13A	N2	F	0.83	0.54	0.72	1.26	5	0.19	28.74
	14A	N2	F	0.76	0.79	0.72	1.51	5	0.18	28.17
	15A	N7	F	0.76	0.80	0.87	1.67	4	0.17	27.55
	16A	N9	F	1.07	0.34	0.09	0.43	27	1.64	8.78
	17A	N6	F	0.55	0.25	0.47	0.72	26	0.42	7.21
	18A	N7	H	1.09	-	0.87	0.87	25	1.53	9.75
	19A	N1	H	1.04	-	0.15	0.15	29	1.91	7.82
	20A	N1	G	0.93	0.09	0.15	0.24	28	1.80	9.93
	21A	N1	G	0.85	0.15	0.15	0.30	27	1.76	11.77
	22A	N5	G	1.21	0.12	0.24	0.36	27	1.61	8.14
	23A	N7	G	0.98	0.10	0.87	0.97	18	1.15	14.48
	24A	N11	G	0.99	0.09	0.92	1.01	15	0.91	15.90
	25A	N4	F	1.23	0.29	0.60	0.89	25	0.71	9.91
	26A	N12	E	0.61	0.92	0.06	0.98	8	0.21	10.32
	27A	N1	F	0.95	0.22	0.15	0.37	28	1.60	10.77

표 13의 No.1A 내지 8A는 본 발명의 범위내에 있는 합금강이며, 그 각각은 수명이 길고, 만족스러운 마모 및 연마 특성을 표시한다 ; 따라서, 그들은 낮은 가격으로 긴 수명, 마모방지 베어링을 제공할 수 있다.

비교예로서 No.9A 내지 15A는 1.0wt%를 초과하는 Cr + N 함유량을 가지고 있다 ; 그들의 제작비용은 그들의 마모성이 매우 낮기 때문에 실질적으로 증가한다.

No. 16A는 필요한 최소한의 함유량이 부족한 Mn 및 Cr 함유량을 가지고 있으며, 따라서 그것은 마모 또는 수명 특성이 개선되지 않는다.

No. 17A는 짧은 시간동안 행해진 열처리가 적절한 양의 탄소를 분리할 수 없을 정도로 원재료내의 낮은 C 함유량을 가지고 있고, γ 이 결과적으로 불충분하여 짧은 수명을 가진 이와같은 비교예 샘플을 만든다.

No. 18A와 19A는 정상적으로 침탄된 샘플들이며, 질소가 없기 때문에 이들 비교예 샘플은 마모 또는 수명 특성이 개선되지 않는다.

No. 20A 내지 22A는 0.4wt% 이하의 Cr + N 함유량을 가지고 있고 따라서 바람직한 마모저항을 가지지 않는 비교예이다. 특히 No. 22A는 γ 가 필요이상의 양으로 표면근처에서 발생되기 때문에 수명이 짧다.

No. 23A와 24A는 낮은 N 함유량에서의 침탄 질화 처리의 경우의 실시예이고, Cr 함유량이 지나치게 높고 반면에 N 고용체의 양이 부적절하기 때문에 실시예들은 연마성과 마모저항간의 균형을 개선하지 않는다.

비교예 샘플중에서, No. 25A는 연마성과 마모저항의 관점에서 매우 양호한 결과를 주었다 ; 그러나, 표면층의 과도한 탄소 함유량 때문에, 친공석 결정(탄화물)이 다소 형성되고, 수명을 더욱 짧게 한다.

No. 26A는 표면층의 과도한 질소 함유량 때문에 불량한 연마성을 가지고 있다.

No. 27A는 Cr 함유량과 표면 질소 함유량의 요구를 만고시킨다 ; 그러나, Cr + N은 0.4wt% 이하이고, 마모저항에 어떤 개선도 달성되지 않는다.

(3) 연마성과 마모저항에 관련된 Cr + N : N이 0.2wt% 또는 그 이상 함유되었다고 가정하면, 만일 Cr + N의 전체 함유량이 1.0wt%를 초과하면(제3도 참조) 연마성이 급격히 떨어지고, 반면에 Cr + N의 함유량이 0.4wt% 이하인 경우에는(제4도 참조) 마모저항은 현저하게 떨어진다. Cr + N이 0.4 - 1.0wt%의 범위에 있더라도, 바람직한 마모저항은 만일 N이 0.2wt% 또는 그 이상 함유된다면 얻어질 수 없다.

제5도는 마모저항과 연마성 사이의 관계를 도시한다. Cr 함유량, 표면층 내의 N 함유량 및 그들의 합계 Cr + N의 3개의 파라미터가 본 발명의 범위를 벗어 나는 비교예로서, 마모저항의 개선은 연마성의 열화에 의해 상쇄된다는 것이 판명된다. 이와는 대조적으로 만족스럽게 제작된 본 발명의 범위내에 있는 샘플들은 연마성과 마모특성 양자를 충족한다. 비교예 No.17A 및 25A는 마모와 연마특성의 양자의 면에서 본 발명의 샘플에 가장 가깝다 ; 그러나, 표면층의 탄소 함유량은 본 발명의 범위(0.6-1.2wt%) 양측을 벗어나고 이들 비교예들은 표 10과 관련하여 전술한 바와같이 짧은 수명만을 가진다.

따라서, 본 발명의 제4목적을 달성하는 롤링 베어링은 0.4-1.0wt% 범위내에 있도록 최소 0.2wt%의 N과 합체하고, Cr + N을 조정함으로써 제작될 수 있다 ; 이와같이 얻어진 베어링은 월등한 연마성과 마모저항을 가지고 있으며, 또한 낮은 비용으로 제작될 수 있다.

전술된 본 발명의 모든 관점은 다양한 형식의 롤링 베어링에 적용될 수 있다(예를들어, 볼베어링, 원통형 롤러 베어링, 원추형 롤러 베어링 및 구형 롤러 베어링을 포함하고, 레디얼 또는 트러스트 형으로 만들 수 있다).

앞에서 상세히 설명한 바와같이, 본 발명의 제1목적을 달성하는 롤링베어링은 내륜, 외륜 또는 전동체들의 표면층내에 적절한 양의 잔류 오스테나이트 γ를 가지고 있으며, 표면층 또한 만족스러운 경도를 가지고 있다 ; 결과적으로, 베어링은 이물질이 존재하는 윤활하에서도 긴 수명동안 성능을 발휘할 수 있다.

본 발명의 제2목적을 달성하기 위한 롤링 베어링은 서로 다른 능력을 나타내도록 요구되는 베어링 성분들의 2개의 다른 분류(전동체와 내륜 및 외륜 사이)에 대한 원재료, 공정 및 열처리에 대한 각각의 조건들을 최적함으로써 성취된다. 전동체들에 대해서는 그들은 0.7-0.9wt%의 C, 0.1-0.7wt%의 Si, 0.5-1.1wt%의 Mn, 0.1-0.6wt%의 Cr으로 이루어진 구성을 갖도록 되어 있으며, Fe 및 부가적인 불순물로 구성되어 있다. 이와같은 구성을 가진 원재료로 만들어진 와이어가 냉간 다이단조에 의해 형성된 후, 그 표면층에 각각 0.8-1.4wt%와 0.05-0.3wt%의 탄소 및 질소 응축을 가진 완성품을 생산하기 위하여 침탄 질화 처리되고 최종적으로 연마된다. 내륜 및 외륜과 이들 전동체들의 조합으로 이루어져 있기 때문에 낮은 합금 비용과 관련하여 전체 생산 비용의 감축에 공헌하는 롤링 베어링은 긴 다이 및 공구수명을 가지고 있다 ; 또한 롤링 베어링은 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 긴 수명을 가지고 있는 점에서 종래의 것보다 높은 성능을 가지고 있다.

또한, 본 발명의 제2목적에 따라서, 롤링 베어링은 전술된 것과 동일한 조성을 갖는 전동체와, 전동체보다 0.2-2.0wt% 만큼 Cr을 더 함유한 베어링 강 또는 표피 경화강으로 만들어진 내륜 및 외륜으로 만들어진다. 따라서 본 발명은 염가인 재료로도 좀더 높은 마모저항을 확보하고, 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서도 긴 수명을 확보하면서 롤링 베어링이 낮은 제조비용으로 구비될 수 있다는 장점을 가지고 있다.

본 발명의 제3목적을 달성하기 위한 롤링 베어링은 전동체들과 내륜 및 외륜으로 구성된 그룹에서 선택된 최소 1개의 부재는 중량 베이스로, 0.1-1.0wt%의 C, 0.1-1.5wt%의 Si-1.5wt%의 Mn, 0.5-3.0wt%의 Cr, 3.0wt%에 이르는 Mo, 2.0wt%에 이르는 V와, 2.0wt%에 이르는 Ni으로 구성되며, Fe 및 부가적인 불순물로 구성되어 있는 합금강으로 만들어지고, 합금강은 각각 0.8-1.5wt% alc 0.3-0.7wt%의 탄소 및 질소 응축을 가진 표면층을 형성하기 위하여 침탄 질화처리된다.

표면층에 형성된 매우 미세한 입자인 탄화물, 질화물 및 침탄 질화물은 마모저항에 현저한 개선을 가져오는 분산강화 효과를 가지고 있다 ; 결과적으로, 롤링 베어링은 긴 수명을 가지고 있고 뛰어난 마모저항을 가지고 있으며, 또한 낮은 비용으로 제작될 수 있다.

레이디얼 롤링 베어링은 하중이 가해진 고정륜의 면적이 대부분 마모된다는 견지에서, 본 발명의 제3목적을 달성하는 베어링의 개념은 어느것이 고정되든간에 내륜 또는 외륜중 어느 하나에만 적용될 수 있다. 이 경우에 있어서도 바람직한 마모 특성들은 훨씬 낮은 비용으로 높은 마모저항과 긴 수명을 가진 롤링 베어링을 제조할 수 있게 한다.

또한, 본 발명의 제4목적을 달성하기 위한 롤링 베어링은 전동체들과 내륜 및 외륜으로 구성된 그룹에서 선택된 최소 1개의 부재가 중량 베이스로, 0.3-0.9wt%의 C, 0.1-0.7wt%의 Si, 0.5-1.5wt%의 Mn, 및 0.1-0.8wt%의 Cr로 구성되며, Fe 및 부가적인 불순물로 구성되어 있는 합금강으로 만들어지고, 합금강은 Cr + N 전체 성분이 0.4 - 1.0wt%인 기초위에서 각각 0.6-1.2wt% 및 0.2-0.9wt%의 탄소 및 질소 응축을 가진 표면층을 형성하기 위하여 침탄 질화처리 된 후 연마된다. 이 롤링 베어링은 고속, 경하중 조건하에서 특히 양호한 마모 특성을 나타내며, 그것은 수명이 길 뿐만 아니라 낮은 비용으로 제작될 수 있다.

따라서, 본 발명에 따른 원재료의 성분들의 적절한 선택에 의해 다양한 등급의 롤링 베어링이 이물질이 존재하는 경우의 윤활하에서 긴 수명을 확보하고, 특정된 사용목적에 따라 최적의 방법으로 성능을 발휘하도록 제공될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

내륜, 외륜 및 다수의 전동체 부품들로 구성되고, 상기 부품들 중 한 개 이상은 $0.1 \leq C \leq 1.0$wt% ; $0.1 \leq Si \leq 1.5$wt% ; $0.1 \leq Mn \leq 1.5$wt% ; $0.1 \leq Cr \leq 3.0$wt% ; 로 구성된 합금강으로 만들어진 롤링 베어링에 있어서, 상기 부품들중 한 개는 그 표면층 내에, $0.6 \leq C \leq 1.5$wt% 및 $0.05 \leq N \leq 0.9$wt%의 C 및 N의 성분을 포함하는 것을 특징으로 하는 롤링 베어링.

청구항 2

제1항에 있어서, 롤링 베어링은 전동체들이 $0.7 \leq C \leq 0.9$wt% ; $0.1 \leq Si \leq 0.7$wt% ; $0.5 \leq Mn \leq 1.1$wt% ; $0.1 \leq Cr \leq 0.6$wt% ; 및 부가적인 불순물과 Fe로 구성된 제1합금강으로 만들어지고, 각각의 전동체들이 그 표면내에, $0.8 \leq C \leq 1.4$wt% 및 $0.05 \leq N \leq 0.3$wt%의 C 및 N의 성분을 포함하며, 내륜

과 외륜중 한 개 이상은 0.3 ≤ C ≤ 0.6wt% ; 0.1 ≤ Si ≤ 0.7wt% ; 0.6 ≤ Mn ≤ 1.5wt% ; 0.1 ≤ Cr ≤ 0.6wt% ; 및 부가적인 불순물과 Fe로 구성된 제2합금강으로 만들어지고, 내륜과 외륜의 각각은 그 표면층내에, 0.8 ≤ C ≤ 1.4wt% 및 0.05 ≤ N ≤ 0.3wt%의 C 및 N의 성분을 포함하는 것을 특징으로 하는 롤링 베어링.

청구항 3

제1항에 있어서, 롤링 베어링은 전동체들이 0.7 ≤ C ≤ 0.9wt% ; 0.1 ≤ Si ≤ 0.7wt% ; 0.5 ≤ Mn ≤ 1.1wt% ; 0.1 ≤ Cr ≤ 0.6wt% ; 및 부가적인 불순물과 Fe로 구성된 제1합금강으로 만들어지고, 각각의 전동체들이 그 표면층내에, 0.8 ≤ C ≤ 1.4wt% 및 0.05 ≤ N ≤ 0.3wt%의 C 및 N의 성분을 포함하며, 내륜과 외륜중 한 개 이상은 0.1 ≤ C ≤ 1.0wt% ; 0.1 ≤ Si ≤ 1.5wt% ; 0.1 ≤ Mn ≤ 1.5wt% ; Cr은 제1합금강의 Cr 함량보다 0.2-2.0wt% 이상이며, 각 내륜과 외륜은 경화된 표면층을 가지며, 부가적인 불순물과 Fe를 함유하는 제2합금강으로 만들어진 것을 특징으로 하는 롤링 베어링.

청구항 4

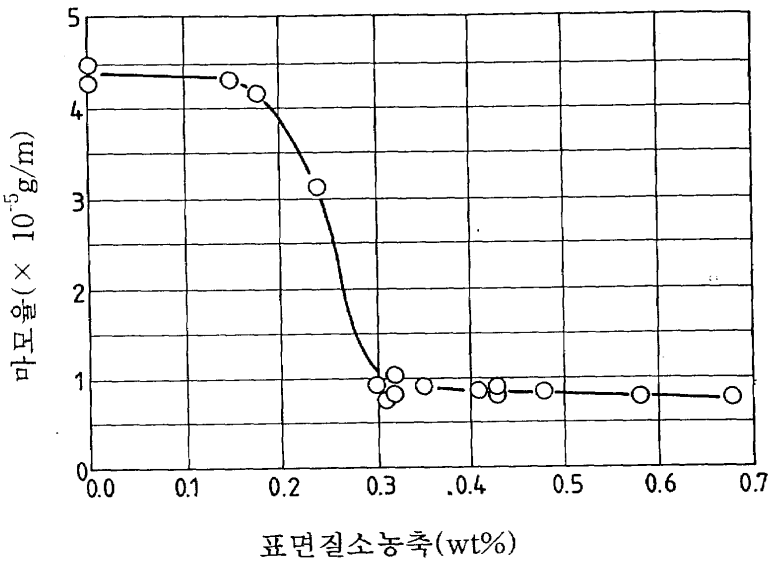
제1항에 있어서, 상기 부품들중 하나는 0.1 ≤ C ≤ 1.0wt% ; 0.1 ≤ Si ≤ 1.5wt% ; 0.1 ≤ Mn ≤ 1.5wt% ; 0.5 ≤ Cr ≤ 3.0wt% ; Mo ≤ 3.0wt% ; V ≤ 2.0wt% ; Ni ≤ 2.0wt% ; 및 부가적인 불순물과 Fe로 구성된 합금강으로 만들어지고, 상기 부품들중 하나가 그 표면층내에, 0.8 ≤ C ≤ 1.5wt% 및 0.3 ≤ N ≤ 0.7wt%의 C 및 N의 성분을 포함하는 것을 특징으로 하는 롤링 베어링.

청구항 5

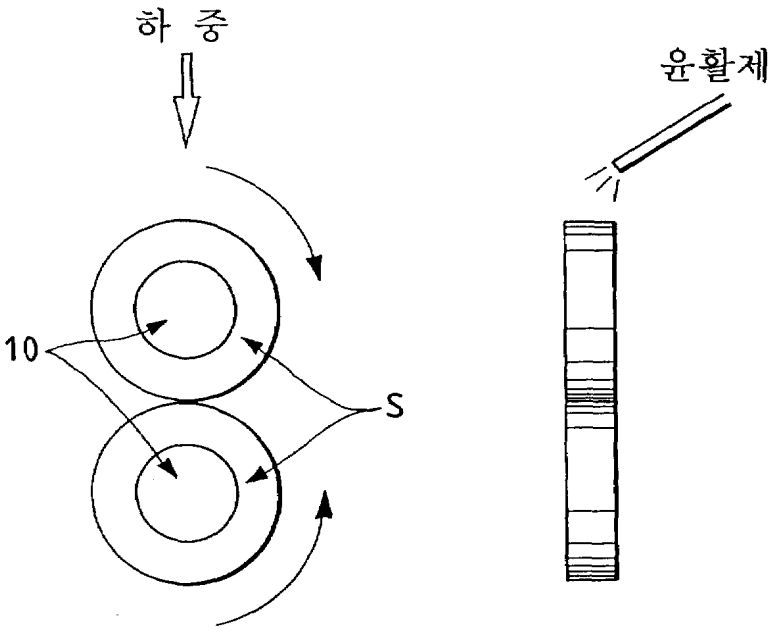
제1항에 있어서, 상기 부품들중 하나가 0.3 ≤ C ≤ 0.0wt% ; 0.1 ≤ Si ≤ 0.7wt% ; 0.5 ≤ Mn ≤ 1.5wt% ; 0.1 ≤ Cr ≤ 0.8wt% ; 및 부가적인 불순물과 Fe로 구성된 합금강으로 만들어지고, 상기 부품들중 하나가 그 표면층내에 0.6 ≤ C ≤ 1.2wt% 및 0.2 ≤ N ≤ 0.9wt%의 C 및 N의 성분을 포함하며, 상기 합금강이 0.4 ≤ Cr + N ≤ 1.0wt%의 Cr 및 N의 성분을 포함하는 것을 특징으로 하는 롤링 베어링.

도면

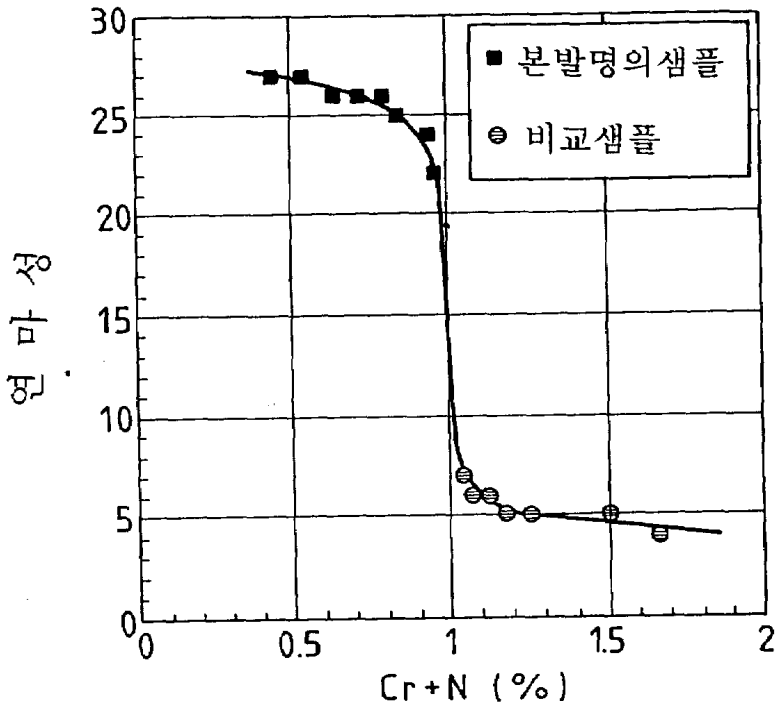
도면1



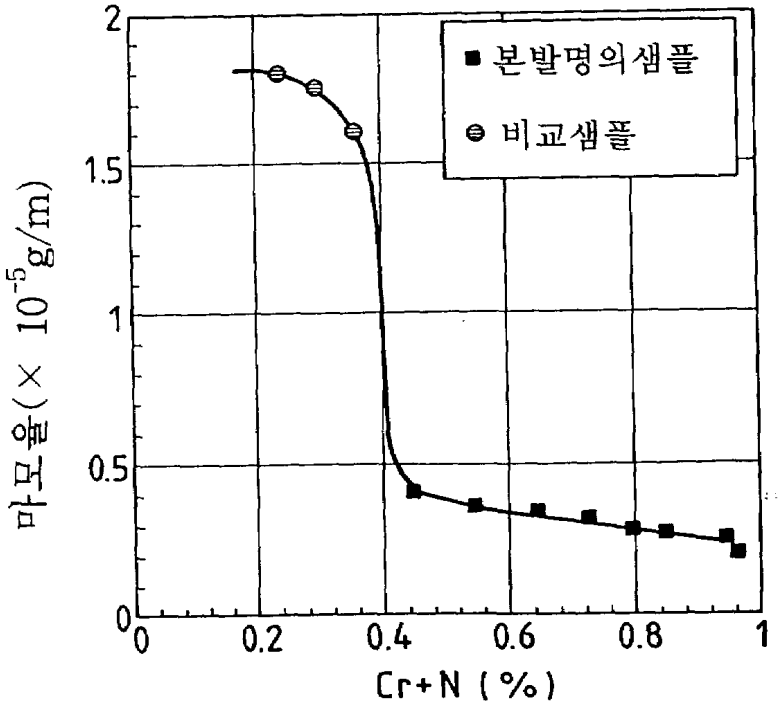
도면2



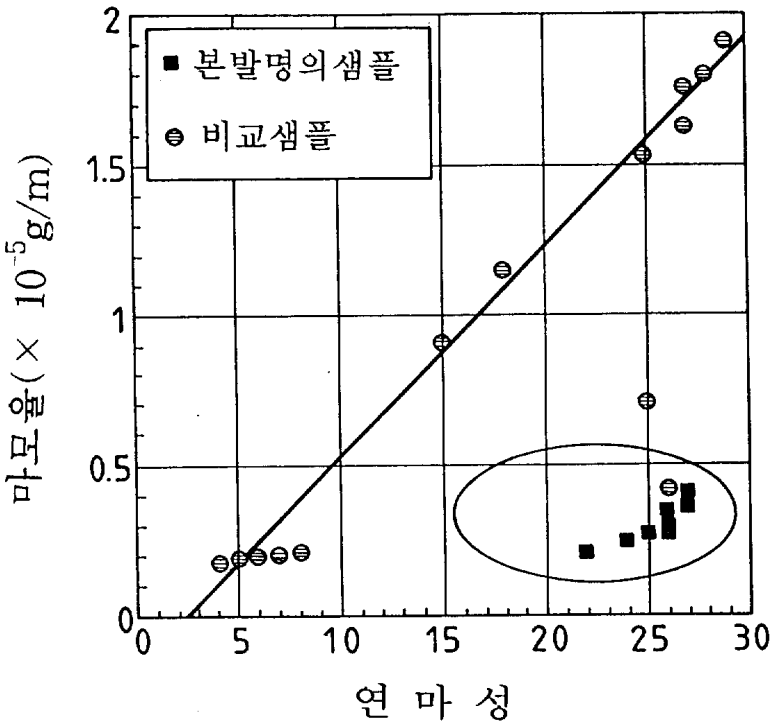
도면3



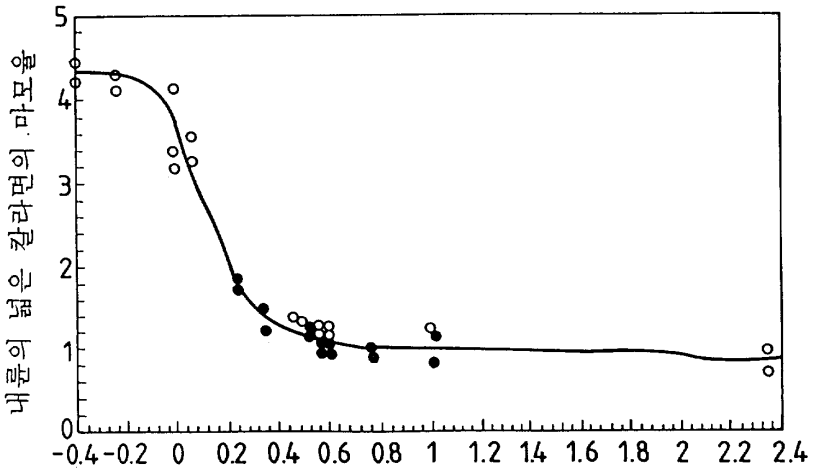
도면4


■ 본발명의샘플
⊖ 비교샘플
마모율(× 10⁻⁵g/m)
Cr+N (%)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
0.5
1.5
2

도면5


■ 본발명의샘플
⊖ 비교샘플
마모율(× 10⁻⁵g/m)
연 마 성
0
5
10
15
20
25
30
0.5
1
1.5
2

도면6


내륜의 넓은 칼라면의 마모율
5
4
3
2
1
0
-0.4 -0.2 0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8 2 2.2 2.4
내륜용 재료의 Cr 함량 마이너스
전동체용 재료의 Cr 함량 (wt%)