



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0050977
(43) 공개일자 2020년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F16C 33/14 (2006.01) F16C 33/66 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F16C 33/14 (2013.01)
F16C 33/66 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7007616
(22) 출원일자(국제) 2018년09월13일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2020년03월16일
(86) 국제출원번호 PCT/DE2018/100781
(87) 국제공개번호 WO 2019/057242
국제공개일자 2019년03월28일
(30) 우선권주장
10 2017 121 629.4 2017년09월19일 독일(DE)

(71) 출원인
새플러 테크놀로지스 아게 운트 코. 카게
독일 헤르쾨게나우라흐 (우편번호 91074) 인두스
트리슈트라쎄 1-3
(72) 발명자
하크 베르트람
독일 91486 올펠트 트라겔히히슈테트 12
게쉬빈트너 페테르
독일 91052 에일랑엔 슈트림펠슈트라쎄 8
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 황의철

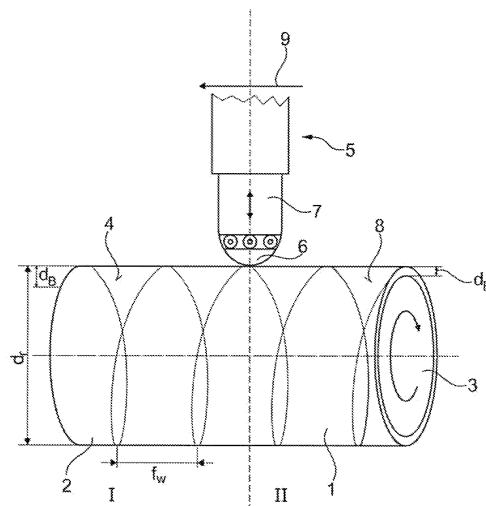
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 베어링 부품 및 베어링 부품을 제조하는 방법

(57) 요약

본 발명은, 베어링 부품(1)을 제조하기 위한 방법에 관한 것으로, 이 방법에서는 베어링 부품 블랭크(2)가 철에 기재한 금속 기관(3) 및 변환 층(4)을 구비하며, 변환 층(4)은 금속 기관(3) 상에 제공되고 출발 층 두께(d_b)를 가지며, 이 경우 변환 층(4)으로서 산화철에 기재한 흑연 층이 형성되고, 이 흑연 층은 알칼리 처리 조를 이용한 금속 기관(3)의 처리를 통해 생성되며, 베어링 부품(1)을 얻기 위해 베어링 부품 블랭크(2)의 금속 기관(3)이 경화되고, 적어도 변환 층(4)의 일 영역에서 베어링 부품 블랭크(2) 위로 볼 형상의 바디(6)가 롤링되며, 이때 변환 층(4)이 상기 영역에서 압축되고, 최종 층 두께(d_e)를 갖는 베어링 부품(1)의 보호 층(8)이 형성되며, 상기 최종 층 두께(d_e)는 출발 층 두께(d_b)의 95% 미만이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F16C 2204/60 (2013.01)

F16C 2220/44 (2013.01)

F16C 2223/04 (2013.01)

F16C 2240/18 (2013.01)

F16C 2240/60 (2013.01)

(72) 발명자

블라스 토니

독일 97493 베르크브라인펠트 슈바인푸르터 슈트라
ße 85

메르크 다니엘

독일 97291 튀겐게르슈하임 프리트호프슈트라ße 2

명세서

청구범위

청구항 1

베어링 부품(1)을 제조하기 위한 방법으로서,

베어링 부품 블랭크(2)가 철에 기재한 금속 기관(3) 및 변환 층(4)을 구비하며, 변환 층(4)은 금속 기관(3) 상에 적어도 국부적으로 형성되고 출발 층 두께(d_b)를 가지며, 변환 층(4)으로서 산화철에 기재한 흑염 층이 형성되고, 이 흑염 층은 알칼리 처리 조를 이용한 금속 기관(3)의 적어도 국부적인 처리를 통해 생성되며, 베어링 부품(1)을 얻기 위해 베어링 부품 블랭크(2)의 금속 기관(3)이 경화되고, 적어도 변환 층(4)의 일 영역에서 베어링 부품 블랭크(2) 위에서 볼 형상의 바디(6)가 롤링되며, 변환 층(4)이 상기 영역에서 압축되고, 최종 층 두께(d_c)를 갖는 베어링 부품(1)의 보호 층(8)이 형성되며, 최종 층 두께(d_c)는 출발 층 두께(d_b)의 95% 미만인, 베어링 부품 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 볼 형상의 바디(6)가 유체 정역학적 스무스 롤링 또는 딥 롤링 공구(5)의 구성 부품인, 베어링 부품 제조 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 초경합금 또는 세라믹 소재의 볼 형상 바디(6)가 사용되는, 베어링 부품 제조 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 롤링에 의해, 보호 층(8)이 변환 층(4)의 경도(HU)의 적어도 150%에 상응하는 경도(HU)를 갖도록 변환 층(4)이 압축되는, 베어링 부품 제조 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 롤링에 의해, 베어링 부품(1)이 적어도 보호 층(8)의 영역에서 500 메가파스칼을 초과하는 잔류 응력(σ_e)을 갖도록 변환 층(4)이 압축되는, 베어링 부품 제조 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 베어링 부품 블랭크(2)가 변환 층(4)의 영역에서 미끄러지지 않고 롤링되는, 베어링 부품 제조 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 롤링에 선행하여 베어링 부품 블랭크 제조 단계가 실시되며, 베어링 부품 블랭크 제조 단계에서는 블랭크 기하구조를 갖는 베어링 부품 블랭크(2)가 제조되고, 상기 베어링 부품 블랭크(2)는 롤링 후에 최종 기하구조를 갖는 베어링 부품(1)을 형성하는, 베어링 부품 제조 방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 변환 층(4)의 롤링 시 압력은 2000메가파스칼을 초과하도록 선택되는, 베어링 부품 제조 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 방법으로 제조된 베어링 부품(1)으로서,

상기 베어링 부품(1)은 경화된 금속 기관(3) 상에 적어도 국부적으로 보호 층(8)을 구비하며, 이 보호 층(8)은

변환 층(4)의 롤링에 의해 생성되는, 베어링 부품(1).

청구항 10

제9항에 있어서, 베어링 링 또는 롤링 바디인 베어링 부품(1).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 베어링 부품을 제조하기 위한 방법에 관한 것으로, 이 경우 베어링 부품 블랭크는 철에 기재한 금속 기관 및 변환 층을 구비하며, 이 경우 변환 층은 금속 기관상에 적어도 국부적으로 형성되고, 출발 층 두께를 갖는다. 또한, 본 발명은 베어링 부품에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 베어링 부품 및 롤링 베어링은, 많은 일상 용품에서, 그리고 산업용으로, 예를 들면 풍력 발전기 또는 휠 베어링에서 사용된다. 이와 같은 베어링 부품은 수명이 있는데, 여기서 수명은 고장이 발생할 때까지의 회전수 또는 작동 시간을 의미한다. 베어링 부품의 고장은 주로 재료 손상 및/또는 재료 피로에서 기인한다. 이와 같은 재료 손상의 일반적인 현상은 백색 에칭 균열(영어로는 white etching crack, 축약해서 WEC)이다. 종래 기술에서는, 이와 같은 초기 피로 현상에 대해, 예를 들어 흑염 처리(blackening)에 의한 패시베이션 층의 적층으로 대응한다. 그럼에도, 이러한 패시베이션 층을 갖는 베어링 부품에서도, 특히 초기에도, 재료 피로 현상이 발생할 수 있다.

[0003] 공보 DE 10 2007 055 575 A1호는 롤링 베어링의 트랙 요소를 기술하고 있으며, 여기서 트랙 요소는 하나 이상의 롤링 트랙을 구비하고, 롤링 트랙 상에는 강(steel) 소재의 롤링 바디가 제공된다. 여기서 트랙 요소는, 롤링 트랙의 표면 아래로 0 내지 대략 40마이크로미터의 총 깊이 범위에서 400메가파스칼을 초과하는 레벨의 잔류 압축 응력을 갖도록 설계되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 과제는, 베어링 부품을 제조하기 위한 방법 및 연장된 수명을 갖는 베어링 부품을 제공하는 것이다. 특히, 베어링 부품을 제조하기 위한 방법은, 피로에 취약하지 않은 보호 층이 구비된 베어링 부품을 제공해야 한다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기 과제는, 청구항 1의 특징들을 갖는 베어링 부품을 제조하기 위한 방법 및 청구항 9의 특징들을 갖는 베어링 부품에 의해 해결된다. 본 발명의 바람직한 그리고/또는 유리한 실시예들은, 종속 청구항들, 이하의 상세한 설명 및/또는 첨부된 도면들을 참조한다.

[0006] 베어링 부품을 제조하기 위한 본 발명에 따른 방법과 관련한 과제는, 베어링 부품 블랭크가 철에 기재한 금속 기관 및 변환 층을 구비하며, 이 경우 변환 층은 금속 기관상에 적어도 국부적으로 제공되고 출발 층 두께를 가지며, 이 경우 변환 층으로서 산화철에 기재한 흑염 층이 형성되고, 이 흑염 층은 알칼리 처리 조를 이용한 금속 기관의 적어도 국부적인 처리를 통해 생성됨으로써, 해결된다. 베어링 부품을 얻기 위해, 베어링 부품 블랭크의 금속 기관이 경화되고, 베어링 부품 블랭크에서 적어도 변환 층의 일 영역에서 볼 형상의 바디가 롤링되며, 이때 변환 층이 상기 영역에서 압축되고, 최종 층 두께를 갖는 베어링 부품의 보호 층이 형성되며, 상기 최종 층 두께는 출발 층 두께의 95% 미만이다.

[0007] 특히, 베어링 부품은, 롤링 베어링 또는 슬라이딩 베어링의 일 부품, 특히 베어링 링, 트랙 요소 또는 롤링 바디이다.

[0008] 베어링 부품은 특히 베어링 부품 블랭크에 기반한다. 베어링 부품 블랭크는 철에 기재한 금속 기관 및 변환 층을 구비한다. 변환 층은, 금속 기관의 표면에서 금속 기관 재료의 화학적 변환에 의해, 특히 금속 기관 표면에서 금속 기관의 산화에 의해 형성된다. 철에 기재한 금속 기관은 특히 강 또는 스테인리스강, 바람직하게는 베어링 강으로 형성된다. 베어링 부품 블랭크는 바람직하게 선반 가공된 베어링 부품 블랭크, 연삭 가공된 베어링

링 부품 블랭크 및/또는 호닝(honing) 가공된 베어링 부품 블랭크이다.

- [0009] 베어링 부품 블랭크는 변환 층을 구비하며, 이 경우 변환 층은 바람직하게 베어링 부품 블랭크의 표면을 완전히 덮는다. 대안적으로, 변환 층은 베어링 부품 블랭크의 표면에 부분적으로 또는 국부적으로 존재한다. 변환 층은 흑염 층 형태의 흑색 에지 산화층(edge oxidation layer)이다.
- [0010] 보충적으로, 변환 층은, 변환 층의 후처리를 통해 도입되는, 예를 들어 플라스틱과 같은 유기 물질을 포함할 수 있다. 변환 층은 출발 층 두께를 갖는다. 바람직하게, 출발 층 두께는 베어링 부품 블랭크의 전체 영역에서 크기가 동일하다. 출발 층 두께는 바람직하게 0.5마이크로미터보다 크고, 특히 1마이크로미터보다 크다. 변환 층은 특히 소성 성형이 가능하고, 바람직하게는 소성 변형 이후 압연에 의해 형태 안정성을 갖게 된다.
- [0011] 베어링 부품은 베어링 부품 블랭크로부터 베어링 부품 블랭크의 롤링에 의해 얻어지며, 이 경우 변환 층은 적어도 국부적으로 롤링된다. 롤링 과정에서 변환 층에 힘 및/또는 압력이 가해진다. 롤링 시 압력은 특히 2000메가파스칼보다 크고, 바람직하게는 5000메가파스칼보다 크며, 특수한 경우 7000메가파스칼보다 크다.
- [0012] 변환 층은 롤링 이후에 베어링 부품의 보호 층을 형성한다. 따라서 보호 층은, 롤링에 의해 압축되고 평활화된 변환 층에 의해 형성된다. 베어링 부품의 보호 층은 최종 층 두께를 갖는다. 특히, 보호 층의 최종 층 두께는 베어링 부품의 모든 영역에서 크기가 동일하다. 최종 층 두께는 특히 1.8마이크로미터 미만, 바람직하게는 1.5마이크로미터 미만, 그리고 특수한 경우 1마이크로미터 미만이다. 변환 층의 롤링은, 최종 층 두께가 출발 층 두께의 95% 미만, 특히 또한 90% 미만, 그리고 특수한 경우 출발 층 두께의 80% 미만인 두께를 갖도록 변환 층이 압축되는 방식으로 실시된다.
- [0013] 본 발명에 의해, 균일하게 압축되고 연속 보호 층을 구비한 베어링 부품을 제조하기 위한 방법이 제공된다. 변환 층의 롤링은 예를 들어, 베어링 부품의 확정 가능한 파라미터 하에서 부드러운 진입 및/또는 인위적인 진입을 나타낸다. 하지만, 종래 기술에서는, 코팅된 베어링 부품의 실제 용례에서 상기 코팅된 베어링 부품의 진입 시 불균일한 진입이 발생하며, 이 경우 변환 층은 모든 곳에서 균일한 형상으로 압축되지 않고, 이로써 보호 층도 모든 곳에서 균일한 형상으로 형성되지 않는다. 또한, 베어링 부품 블랭크의 변환 층이 설치 중에 꺾이거나 구부러짐으로써, 변환 층이 부분적으로 파손되고, 파손된 그리고/또는 손상된 부분에서 피로가 더욱 빨리 나타나는 상황이 발생할 수 있다. 그에 반해, 본 발명에 따라 변환 층이 의도한 대로 롤링됨으로써, 연속적이고 특히 균일한 형상의 보호 층이 형성될 수 있고, 이로써 베어링 부품의 장시간 안정성이 증가될 수 있다.
- [0014] 변환 층은, 바람직하게 철 산화물을 포함하는, 그리고 특수한 경우 철 혼합 산화물을 포함하는, 철에 기재한 흑염 층이다. 이 경우, 흑염 층을 형성하기 위해, 사전에 경화된 철 기재 금속 기판이 표면 산화된다. 또한, 변환 층이 유기 물질로 후처리되고, 예를 들어 래커 또는 왁스로 이루어진 플라스틱 코팅이 제공되는 구성이 제안될 수 있다. 또는, 윤활제, 특히 오일, 그리스 또는 탈수성 매질을 이용한 변환 층의 함침도 제공될 수 있다. 변환 층이 Schaeffler 사(社)의 상품명 Durotect-B®(철 혼합 화합물, 주로 자철석)의 흑염 층인 것이 특히 바람직하다.
- [0015] 이 경우, 금속 기판의 경화는 통상적인 경화 공정에 의해 이루어질 수 있다. 특히, 표면 경화, 유도 경화, 침탄질화, 질화, 침탄, 마르텐사이트 경화 또는 베이나이트 경화가 수행된다. 흑염 층 형성 이전의 금속 기판의 경화는, 롤링을 통해 흑염 층의 매우 균일한 압축을 가능하게 하는 것으로 밝혀졌다.
- [0016] 특히, 흑염 층의 롤링을 위한 볼 형상의 바디는 유체 정역학적 스무스 롤링 공구 또는 딥 롤링 공구의 구성 부품이다. 특히 유체 정역학적 롤링 공구는, 롤링 시 압력이 의도한 바대로 설정될 수 있도록 작동될 수 있다. 또한, 유체 정역학적 롤링 공구의 볼 형상 바디가 베어링 부품 블랭크의 전체 표면에 롤링할 수 있으며, 이 경우 유체 정역학적 롤링 공구 및/또는 베어링 부품 블랭크가 이동된다.
- [0017] 특히, 볼 형상의 바디는 초경합금 볼 또는 세라믹 볼로 형성된다. 특수한 경우, 유체 정역학적 롤링 공구는 볼 형상 바디로서 초경합금 볼 또는 세라믹 볼을 구비하여 형성된다. 특히, 롤링 공구가 볼을 구비하고, 이 경우 볼은 교체 가능하며 그리고/또는 롤링 공구의 볼 직경이 변경 가능한 구성도 가능하다. 예를 들어, 롤링 공구는 상이한 직경의 볼들에 의해 작동될 수 있으며, 이 경우 롤링 공구 내의 볼은 교체 가능하고, 교체 시 볼 직경이 변경될 수 있다. 예를 들어, 볼은 2밀리미터 초과, 또는 6밀리미터 초과, 또는 13밀리미터 초과인 직경을 갖는다. 보호 층이 변환 층의 경도의 적어도 120%에 상응하는 경도를 갖도록, 변환 층이 롤링에 의해 압축되는 것이 특히 바람직하다. 또한, 보호 층의 경도가 변환 층의 경도의 적어도 150%에 상응하고, 특수한 경우 보호 층의 경도가 변환 층의 경도의 적어도 200%에 상응할 수 있다. 보호 층의 경도가 증가함으로써, 특히 베어링 부품의 롤링 하중 수용 능력이 증가된다.

- [0018] 또한, 롤링에 의해 변환 층이 압축될 수 있을 뿐만 아니라, 변환 층 표면의 거칠기가 감소할 수도 있다. 특히, 변환 층의 롤링 시 표면이 평활화되며, 그 결과 보호 층이 변환 층보다 낮은 거칠기를 갖게 된다.
- [0019] 적어도 표면 아래의 보호 층의 영역에서는 베어링 부품이 150메가파스칼 이상의, 바람직하게는 250메가파스칼 이상의, 그리고 특수한 경우 500메가파스칼 이상의 잔류 압축 응력을 갖도록, 변환 층이 롤링에 의해 압축되는 것이 특히 바람직하다. 바람직하게는, 롤링에 의해 변환 층 및/또는 베어링 부품 블랭크가 800메가파스칼 초과인, 특수한 경우 1000메가파스칼 초과인 잔류 압축 응력을 가질 수 있다. 베어링 부품 및/또는 보호 층의 잔류 응력은 특히 롤링 공구의 볼 크기에 의해 조정될 수 있다. 또한, 롤링 시 냉각제 압력에 의해서도 잔류 응력은 조정될 수 있다. 롤링 시 냉각제 압력은 특히 10 바아보다 크고, 특수한 경우 200 바아보다 크다. 또한, 냉각제 압력이 450 바아 미만일 수 있다.
- [0020] 선택적으로, 롤링 시 베어링 부품 블랭크가 미끄러지지 않고 롤링될 수 있다. 이러한 구성은, 변환 층을 갖는 베어링 부품 블랭크의 종래 기술에서 상기 베어링 부품 블랭크의 실제 적용 시, 통상적인 진입 과정에서 미끄러짐이 발생하며, 이 경우 미끄러짐에 의해 보호 층의 불균일한 형성이 초래된다는 고찰에 기초한다. 베어링 부품 블랭크를 의도한 롤링 시, 제어되고 미끄러짐 없는 진입을 통해, 보호 층이 균일하게 형성되고 고장률이 감소하는 점이 보장될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에서는, 롤링에 선행하여 베어링 부품 블랭크의 변환 층을 생성하기 위한 패시베이션 단계가 실시된다. 이와 같은 패시베이션 단계에서 변환 층이 생성되며, 이때 금속 기관의 철 재료의 표면이 산화철(혼합 산화물)로 변환된다. 특히, 금속 기관의 금속 표면은 패시베이션 단계에서 비정형 산화물 층으로 변환된다. 패시베이션 단계에서 비정형 산화물 층으로서 철 혼합 산화물 층이 기관 상에 생성되는 것이 특히 바람직하다. 이를 위해, 베어링 부품 블랭크가 고온의 알칼리성 용액으로써 처리되며, 이 경우 상기 처리에서 금속 기관의 금속 표면이 산화물로 변환되고, 이 산화물이 변환 층을 형성한다. 패시베이션 단계에 의해 제조된 변환 층은 바람직하게 0.5마이크로미터 이상의 두께 및 3마이크로미터 미만의 두께를 갖는다.
- [0022] 또한, 특히, 롤링에 선행하여 베어링 부품 블랭크 제조 단계가 실시될 수 있으며, 이 경우에는 베어링 부품 블랭크 제조 단계에서 블랭크 기하구조를 갖는 베어링 부품 블랭크가 제조되고, 상기 베어링 부품은 롤링 이후에 최종 기하구조를 갖는다. 블랭크 기하구조는 바람직하게 최종 기하구조와 상이하다. 특히, 블랭크 기하구조는, 베어링 부품 블랭크의 롤링 이후에 베어링 부품이 원하는 최종 기하구조를 갖도록 선택된다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 대상은, 본 발명에 따른 방법으로 제조된 베어링 부품을 형성한다. 베어링 부품은, 예를 들어 롤러 베어링 구성 요소, 특히 트랙을 갖는 롤러 베어링 구성 요소이다. 특히, 베어링 부품은 베어링 링으로서 또는 롤링 바디로서 형성된다. 선택적으로, 베어링 링 및/또는 롤링 베어링 구성 요소 및/또는 롤링 바디가 대형 롤링 베어링용으로 형성되며, 그리고/또는 500mm를 초과하는 피치원 직경을 갖는다.
- [0024] 바람직하게, 변환 층은 오로지 또는 적어도 베어링 링의 트랙 상에 제공된다. 특히, 롤링 바디 및/또는 베어링 링의 전체 표면이 변환 층을 구비하며, 이 경우 일 부분 섹션만, 특히 베어링 링의 트랙 및/또는 롤링 바디의 롤링 면만 롤링 되었고 보호 층을 구비한다. 특히 바람직하게는, 롤러 베어링 구성 요소 및/또는 베어링 링 및/또는 롤러 바디가 풍력 설비를 위한, 특히 회전자 베어링을 위한 부품으로서 형성되며, 그리고/또는 테이퍼 롤러 베어링의 구성 부품을 형성한다. 베어링 부품은 경화된 금속 기관상에 보호 층을 구비하며, 이 경우 보호 층은 변환 층의 롤링에 의해 생성된다.
- [0025] 본 발명의 또 다른 특징, 장점 및 효과는, 본 발명의 바람직한 실시예들에 대한 이하의 설명을 참조한다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 베어링 부품을 제조하기 위한 베어링 부품 블랭크의 기계 가공의 개략도이다.
- 도 2는 베어링 부품 블랭크의 롤링에 대한 개략적인 세부도이다.
- 도 3은 베어링 부품 블랭크의 롤링이 에지 구역에 미치는 영향에 관한 그래프들이다.
- 도 4는 베어링 부품 내에서 롤링 이후의 잔류 응력을 나타낸 그래프들이다.
- 도 5는 방법의 흐름도이다.
- 도 6은 롤링 베어링의 개략적 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 도 1은, 베어링 부품(1)을 제조하기 위한 방법의 실행 시, 베어링 부품(1) 및 베어링 부품 블랭크(2)를 개략적으로 보여준다. 도 1은, 2개의 섹션(I 및 II)으로 세분되어 있으며, 이 경우 섹션(I)은 베어링 부품 블랭크(2)를 보여주고, 섹션(II)은 베어링 부품(1)을 보여준다. 베어링 부품(1)은, 특히 본원 방법에 따른 베어링 부품 블랭크(2)의 기계 가공의 결과물이다.
- [0028] 베어링 부품 블랭크(2)는 기관(3)을 포함하며, 이 경우 기관(3)은 경화된 금속 기관(3), 예를 들어 강이다. 특히, 금속 기관(3)이 철에 기재한 다른 금속 합금일 수도 있다. 본 실시예에서, 경화된 금속 기관(3)은 원통 형상을 형성한다. 기관(3)의 표면상에, 특히 금속 기관(3)의 실린더 표면상에 흑연 층 형상의 변환 층(4)이 형성되어 있다. 본 실시예에서, 변환 층(4)은 강으로 이루어진, 특히 철 혼합 산화물로 이루어진 기관(3)을 기초로 해서 형성되어 있다. 변환 층(4)은 두께를 가지며, 이 두께가 출발 층 두께(d_b)를 나타낸다. 출발 층 두께(d_b)는 1.5마이크로미터보다 크고, 특히 0.5마이크로미터보다 크다. 금속 기관(3)과 변환 층(4)은 함께 직경(d_r)을 갖는 원통형 베어링 부품 블랭크(2)를 형성한다.
- [0029] 베어링 부품 블랭크(2)는 롤링 공구(5)에 의해 롤링된다. 롤링 공구(5)는 볼(6)을 구비하며, 이 볼은 변환 층(4)과 그리고 이로써 베어링 부품 블랭크(2)와도 직접 접촉한다. 롤링 공구(5)는, 유체 정역학적 롤링 공구(5)로서 설계되고, 유체 정역학적 텔레스코픽 보상부(7)를 구비한다. 롤링 공구(5)는 베어링 부품 블랭크(2)에 힘(F)을 가하며, 이와 같이 힘(F)이 가해짐으로써 변환 층(4)이 보호 층(8)에 대해 압축된다.
- [0030] 베어링 부품 블랭크(2)의 롤링을 위해, 베어링 부품 블랭크(2)가 회전 상태로 바뀌며, 이 경우 회전은 임의의 회전수로 실시된다. 특히 회전수는 조정 가능하다. 베어링 부품 블랭크(2)의 회전 동안, 롤링 공구(5)는 전진 이동 방향(9)으로 움직인다. 베어링 부품 블랭크(2)의 회전 동안 이루어지는 전진 이동 방향(9)으로 롤링 공구(5)가 움직임에 따라, 볼(6)이 베어링 부품 블랭크(2)의 표면을 따라 움직인다. 베어링 부품(1)을 제조하기 위한 방법에서 조정 가능한 척도로서 특히 전진 이동(f_w)이 명시될 수 있으며, 이 경우 전진 이동(f_w)은 회전수와 전진 이동 방향(9) 또는 전진 이동 속도의 조합으로부터 조정될 수 있다.
- [0031] 베어링 부품 블랭크(2)의 롤링에 의해, 변환 층(4)이 압축되고, 평활화되며, 경화된다. 롤링된 변환 층(4)은 보호 층(8)을 형성한다. 보호 층(8)은 두께를 가지며, 이 두께가 최종 층 두께(d_e)를 형성한다. 최종 층 두께(d_e)는 출발 층 두께(d_b)의 80% 미만이다. 베어링 부품 블랭크(2)의 변환 층(4)이 변형 가능하고 충격에 민감한 한편, 보호 층(8)은 변형 불가능하고 충격에 둔감하다. 따라서, 보호 층(8)은 압축된 변환 층(4)에 의해 형성된다.
- [0032] 변환 층(4)으로부터 보호 층(8)을 생성하기 위해, 베어링 부품 블랭크(2)가 롤링되며, 이 경우 롤링은, 롤링 시 원하는 재료 특성을 달성하기 위해 필요한 적합한 파라미터를 사용하여 수행된다. 도 2 내지 도 4에는, 베어링 부품(1)의 수득 가능한 특성이 상응하는 파라미터와 함께 도시되어 있다.
- [0033] 도 2는, 변환 층(4), 보호 층(8) 및 볼(6)의 세부 단면을 보여준다. 변환 층(4)은 거친 표면을 가지며, 이 거친 표면은 깊은 노치(notch) 및 트렌치(10)를 포함한다. 롤링 이후 형성된 보호 층(8)은 거칠기가 더 낮은, 상대적으로 매끄러운 표면을 갖는다. 볼(6)은, 변환 층(4)의 영역에서 베어링 부품 블랭크(2)의 표면에 힘(F)을 가한다. 이 힘(F)은 특히 5000메가파스칼을 초과한다.
- [0034] 베어링 부품 블랭크(2) 및/또는 베어링 부품(1)의 내부에서는, 롤링 동안 상응하는 영역에서 복수의 응력이 나타난다. 그 중 하나의 응력으로서, 표면에 대해, 즉, 변환 층(4) 또는 보호 층(8)에 대해 실질적으로 같은 방향으로 배향된 인장 응력(11)을 언급할 수 있다. 압축 응력(12)은 힘(F)과 반대 방향이다. 또한, 본 도면에는, 소성 변형부(13)의 영역이 도시되어 있고, 동일한 등가 응력(equivalent stress, 14)의 선들이 표시되어 있으며, 이들 선은 유사한 형상 프로파일을 갖는다.
- [0035] 도 2의 우측 부분에는 3개의 그래프가 도시되어 있으며, 여기서 그래프(15)는 등가 응력(σ_v) 대 표면 거리(Z)를 나타내고, 그래프(16)는 잔류 응력(σ_e) 대 표면 거리(Z)를 나타내며, 그래프(17)는 경도(HU) 대 표면 거리(Z)를 나타낸다.
- [0036] 그래프(15)에서는, 등가 응력(σ_v)이 표면 거리(Z)에 대하여 상대적으로 복잡한 프로파일을 취한다는 것을 알 수 있다. 여기서, 등가 응력(σ_v)은 항복 응력(σ_f)과 비교하여 관찰될 수 있다. 표면 영역에서는 등가 응력

(σ_v)이 항복 응력(σ_f)보다 약간 더 작다. 표면 거리(Z)가 증가함에 따라 등가 응력(σ_v)이 항복 응력(σ_f)보다 커지며, 표면 거리(Z)가 더욱 증가함에 따라 등가 응력(σ_v)은 다시 항복 응력(σ_f)보다 낮아져서 최소값에 근접하게 된다. 등가 응력(σ_v)이 항복 응력(σ_f)보다 큰 표면 거리 영역은 이상적으로 탄성인 영역을 나타내며, 등가 응력(σ_v)이 항복 응력(σ_f)보다 작은 영역은 실제로 소성인 영역을 나타낸다.

[0037] 그래프(16)는 표면 거리(Z)에 대한 잔류 응력(σ_e)을 지시한다. 본 그래프에서는, 베어링 부품(1)의 표면으로부터 내부로의 잔류 응력(σ_e)은 항상 음의 값을 갖고, 시작값에서부터 계속 하강하여 최소값을 취한다는 것을 알 수 있으며, 이 경우 잔류 응력(σ_e)은 상기 최소값에서부터 0에 근접해 간다. 따라서, 최대 잔류 응력(σ_e)의 지점은 표면으로부터 약간 떨어져 있다.

[0038] 그래프(17)는 경도(HU) 대 표면 거리(Z)를 보여준다. 이를 위해, 기본 경도(HU_G)가 비교값으로서 명시되어 있다. 베어링 부품(1)의 표면에서는 경도가 기본 경도(HU_G)와 동일하고, 그곳에서부터 표면 거리가 증가함에 따라 경도(HU)는 증가하여 최대값을 향해가며, 상기 최대값에서부터는 경도(HU)가 다시 기본 경도(HU_G)를 향해간다.

[0039] 도 3은, 상이한 힘(F)으로 변환 층(4)을 압연함으로써 얻어진 보호 층(8)의 표면 거칠기(P)의 여러 그래프(18, 19, 20)를 보여준다. 그래프(18)는 전진 이동 경로(L_F)를 따르는 표면 거칠기(P)를 보여준다. 10메가파스칼로 롤링함으로써, 1.40마이크로미터의 평균 거칠기 깊이(roughness depth)가 도출된다.

[0040] 그래프(19)에는, 20메가파스칼의 힘(F)으로 롤링된 일 베어링 부품을 위한 전진 이동 경로(L_F)를 따르는 표면 거칠기(P)가 도시되어 있다. 이 경우에는, 1.28마이크로미터의 평균 거칠기 깊이가 나타난다. 그래프(20)에는, 40메가파스칼로 롤링된 일 베어링 부품(1)을 위한 표면 거칠기(P)가 전진 이동 경로(L_F)를 따라 도시되어 있다. 보호 층(8)의 경우, 0.98마이크로미터의 평균 거칠기 깊이가 나타난다. 이 경우, 힘(F)이 증가함에 따라 표면 거칠기(P), 특히 평균 거칠기 깊이가 감소한다는 것을 알 수 있다.

[0041] 그래프(18a)는 10메가파스칼의 힘(F)에 대한 잔류 응력 대 표면 거리(Z)의 프로파일을 보여주는 한편, 그래프(18b)는 10메가파스칼의 힘(F)으로 수행되는 롤링에 대한 경도(HU)를 보여준다. 그래프(19a)는 20메가파스칼의 힘(F)에 대한 잔류 응력을 보여주고, 그래프(20a)는 40메가파스칼의 힘(F)에 대한 잔류 응력을 보여준다. 여기서는, 힘(F)이 증가함에 따라 잔류 응력도 증가한다는 것을 알 수 있으며, 이 경우 잔류 응력의 최대값은 힘(F)이 증가함에 따라 베어링 부품(1) 및/또는 보호 층(8)의 내부로도 변위된다.

[0042] 그래프(19b)는 20메가파스칼의 힘(F)에 대한 경도(HU)를 보여주는 한편, 그래프(20b)는 40메가파스칼의 힘(F)에 대한 경도(HU)를 보여준다. 여기서는, 힘(F)이 증가함에 따라 경도(HU)가 증가하고, 힘(F)이 증가함에 따라 경도(HU)의 최대값이 베어링 부품(1) 및/또는 보호 층(8) 내부로 변위됨을 알 수 있다.

[0043] 도 4는, 볼(6)의 상이한 직경에 대한 잔류 응력(σ_e) 대 표면 거리(Z)를 보여준다. 그래프(21a)에는 볼(6)의 직경이 3밀리미터일 때, 10메가파스칼의 힘(F)에 대한 잔류 응력이 도시되어 있다. 그래프(21b)에는 볼(6)의 직경이 6밀리미터일 때, 10메가파스칼의 힘(F)에 대한 잔류 응력(σ_e)이 도시되어 있고, 그래프 21c에는 볼(6)의 직경이 13밀리미터일 때, 10메가파스칼의 힘(F)에 대한 잔류 응력(σ_e)이 도시되어 있다. 본 도면에서는, 10메가파스칼의 동일한 힘(F)에 대하여, 볼(6)의 직경이 증가할 때 표면 거리(Z)가 짧으면 잔류 응력(σ_e)의 더 완만한 기울기가 나타나고, 직경이 더 클수록 잔류 응력(σ_e)의 최대값으로부터의 강하가 더 완만하게 진행됨을 알 수 있다.

[0044] 도 5는, 제안된 방법의 시퀀스를 일 실시예로서 개략적으로 보여준다. 제조 단계(100)에서, 철에 기재한 금속 재료로부터 금속 기관(3)이 제조된다. 이 경우, 제조 단계(100)는 재료를 선반, 호닝, 밀링, 코킹(calking) 및/또는 성형을 통해 금속 기관(3)으로 가공하는 공정을 포함할 수 있다. 이어서 금속 기관(3)은 경화된다. 패시베이션 단계(200)에서는, 경화된 금속 기관(3)에 변환 층(4)이 제공된다. 이를 위해, 금속 기관(3)이 알칼리 용액 내에서 처리되며, 이때 금속 기관(3)의 표면이 금속 산화물로 변환되고, 이 금속 산화물이 변환 층(4)을 형성한다. 이 경우, 변환 층(4)을 갖는 금속 기관(3)이 베어링 부품 블랭크(2)를 형성한다. 롤링 단계 "300"에서는, 베어링 부품 블랭크(2)가 적어도 변환 층(4)의 일 영역에서 롤링된다. 특히, 예컨대 롤링 베어링 링의 활주면 또는 롤링 바디의 롤링 면과 같은 베어링 부품 블랭크(2)의 섹션만 롤링된다. 롤링 단계(300)에서는,

변환 층(4)이 보호 층(8)으로 압축되며, 이 경우 롤링 단계(300)를 통해 베어링 부품 블랭크(2)가 베어링 부품(1)으로 병합된다.

[0045] 도 6은, 롤러 베어링(22)의 일 단면을 개략적으로 보여준다. 롤러 베어링(22)은 내부 링(23) 및 외부 링(24)을 포함한다. 내부 링(23)과 외부 링(24)은 서로 동심으로 배치되어 있고, 공통 축(A)을 중심으로 서로 상대 회전을 할 수 있다. 내부 링(23)과 외부 링(24) 사이에는 복수의 롤링 바디(25)가 배치된다. 내부 링(23), 외부 링(24) 및 롤링 바디(25)가 각각 하나의 베어링 부품(26)을 형성한다. 베어링 부품(26)은 자신의 표면에 각각 보호 층(8)을 구비한다. 내부 링(23) 및 외부 링(24)은 각각 트랙 상에 보호 층(8)을 구비하며, 이 경우 트랙은 롤링 바디(25)를 위한 롤링 면을 구비하고 그리고/또는 형성한다. 롤링 바디(25)는 전체 롤링 면 상에 보호 층(8)을 구비하며, 여기서 볼 형상인 롤링 바디(25)의 경우, 롤링 바디(25)의 전체 표면이 보호 층(8)으로 덮여 있다.

부호의 설명

[0046] 1, 26: 베어링 부품
2: 베어링 부품 블랭크
3: 금속 기관
4: 변환 층
5: 롤링 공구
6: 볼 형상의 바디 또는 볼
7: 텔레스코픽 보상부
8: 보호 층
9: 전진 이동 방향
10: 트렌치
11: 인장 응력
12: 압축 응력
13: 변형부
14: 등가 응력
15: 그래프
16: 그래프
17: 그래프
18a, 18b: 그래프
19a, 19b: 그래프
20a, 20b: 그래프
21a, 21b, 21c: 그래프
22: 롤링 베어링
23: 내부 링
24: 외부 링
25: 롤링 바디
I: 제1 섹션
II: 제2 섹션

d_b : 출발 층 두께

d_r : 직경

F : 힘

f_w : 전진 이동

d_e : 최종 층 두께

σ_v : 등가 응력

Z : 표면 거리

σ_e : 잔류 응력

HU : 경도

σ_v : 등가 응력

σ_f : 항복 응력

HU_G : 기본 경도

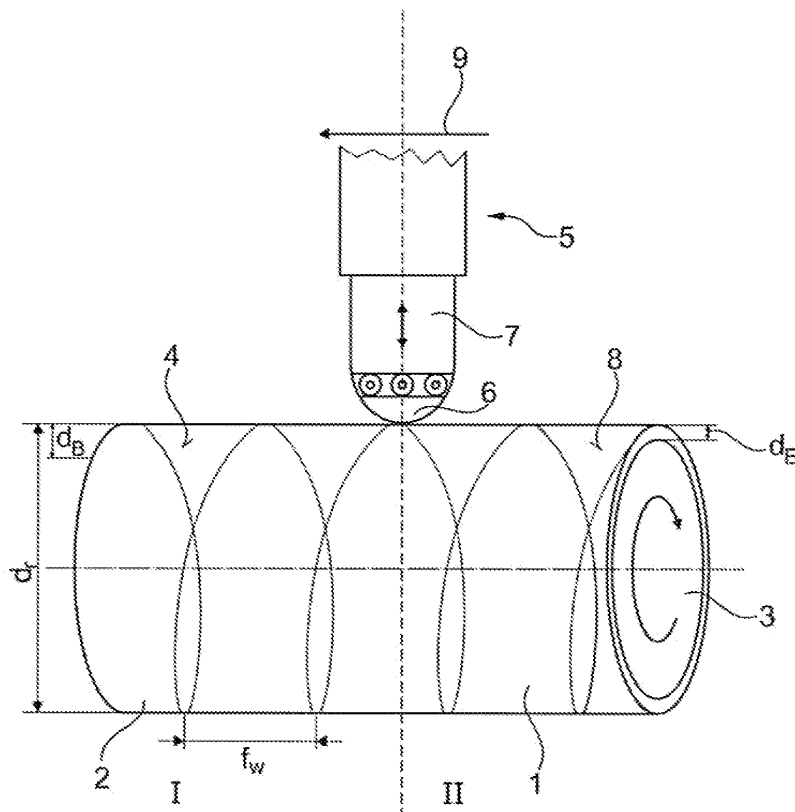
L_F : 전진 이동 경로

A : 축

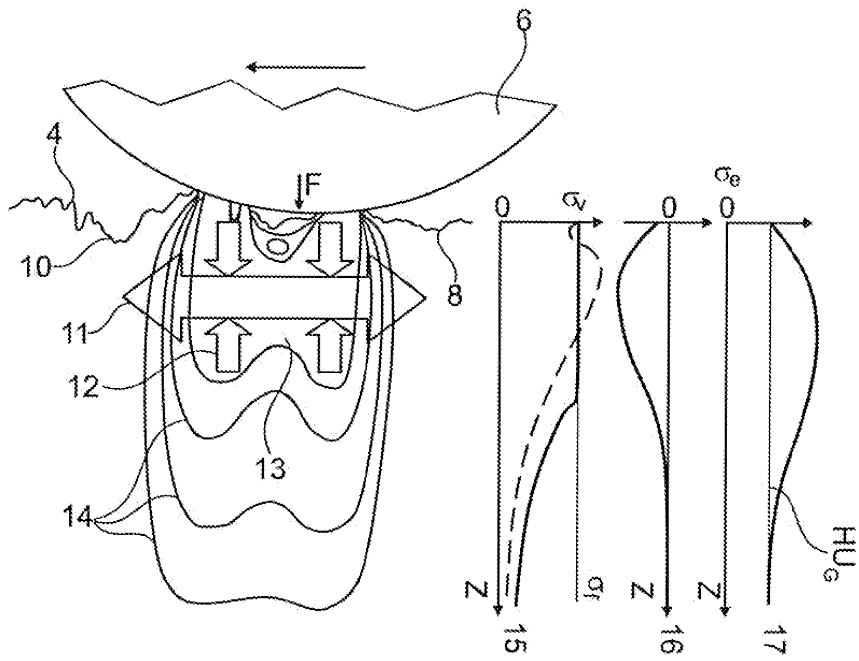
P : 표면 거칠기

도면

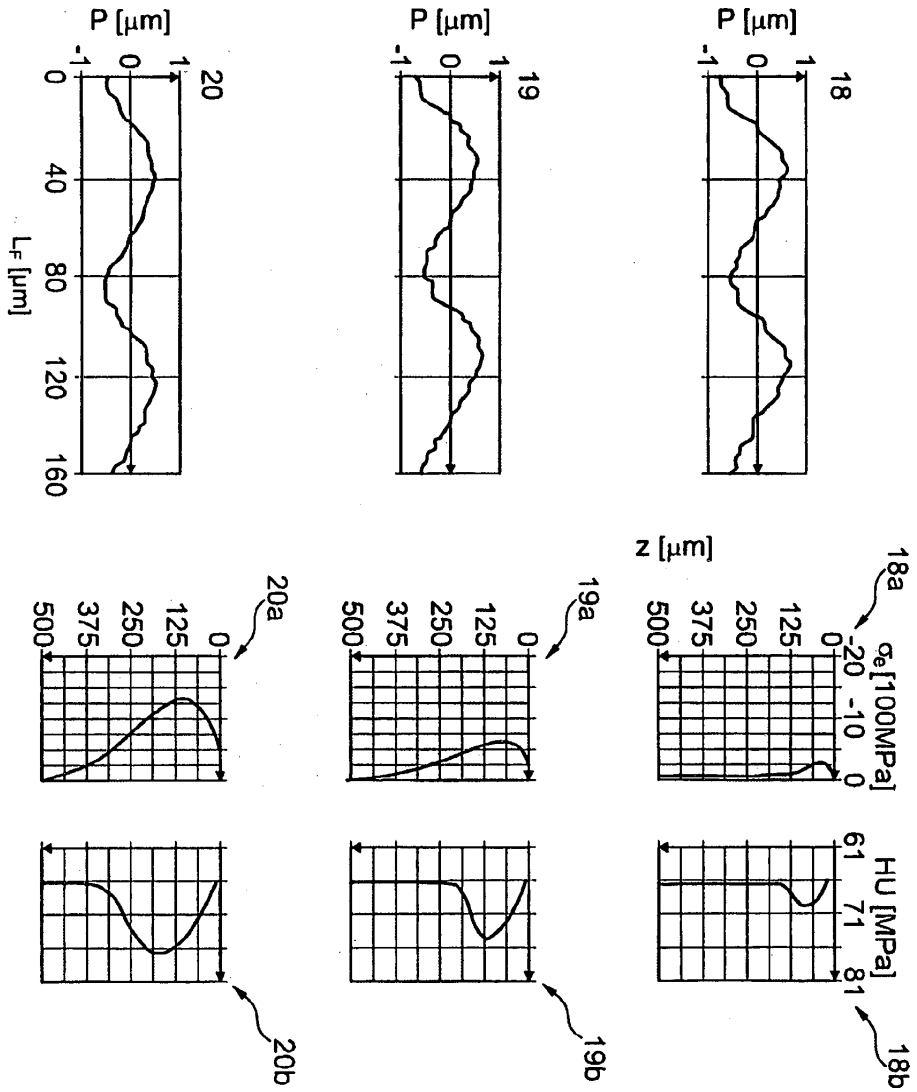
도면1



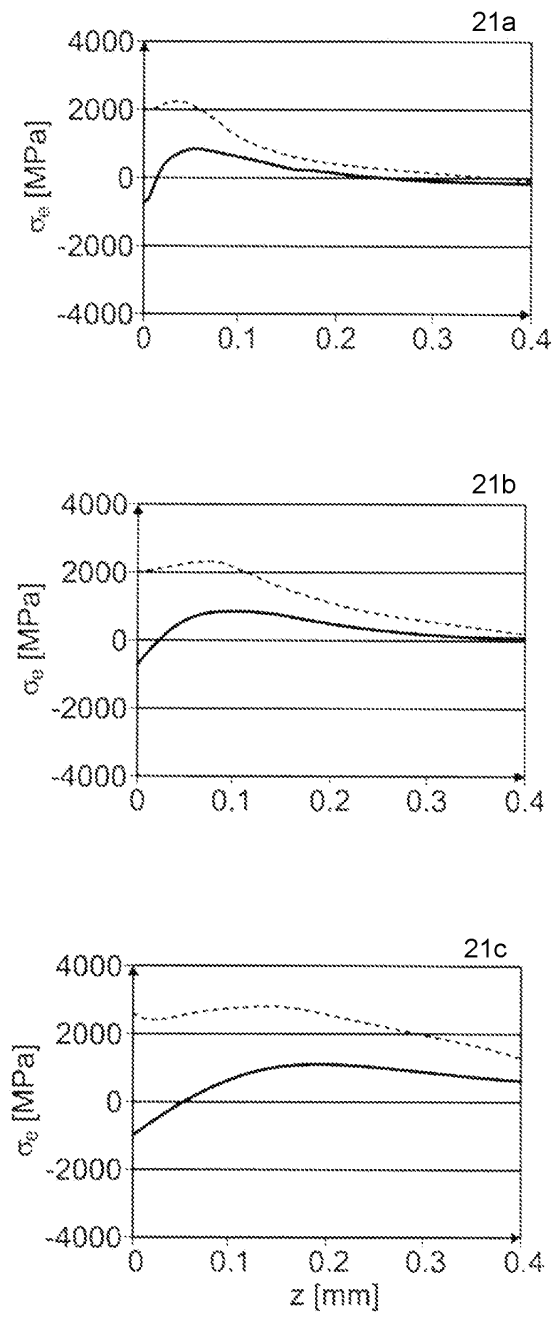
도면2



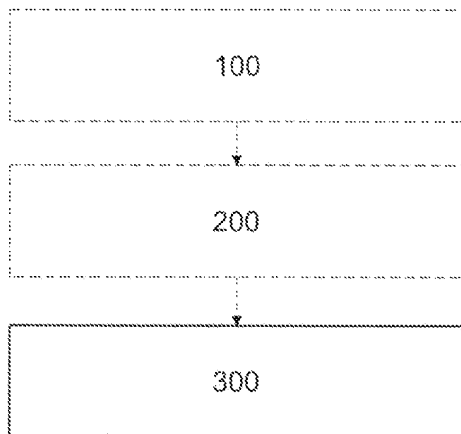
도면3



도면4



도면5



도면6

