



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0086728
(43) 공개일자 2020년07월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/58 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/52 (2006.01)
C22C 38/60 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/58 (2013.01)
C21D 7/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7017770
(22) 출원일자(국제) 2019년01월22일
심사청구일자 2020년06월19일
(85) 번역문제출일자 2020년06월19일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2019/001915
(87) 국제공개번호 WO 2019/142946
국제공개일자 2019년07월25일
(30) 우선권주장
JP-P-2018-008180 2018년01월22일 일본(JP)

(71) 출원인
닛폰세이테츠 가부시카이가샤
일본 도쿄도 치요다구 마루노우찌 2조메 6방 1고
(72) 발명자
교야마 다츠야
일본 1008071 도쿄도 치요다구 마루노우찌 2조메 6방 1고 신닛테츠스미킨 카부시카이가샤 내
미야니시 게이
일본 1008071 도쿄도 치요다구 마루노우찌 2조메 6방 1고 신닛테츠스미킨 카부시카이가샤 내
네이시 유타카
일본 1008071 도쿄도 치요다구 마루노우찌 2조메 6방 1고 신닛테츠스미킨 카부시카이가샤 내
(74) 대리인
양영준, 최인호, 성재동

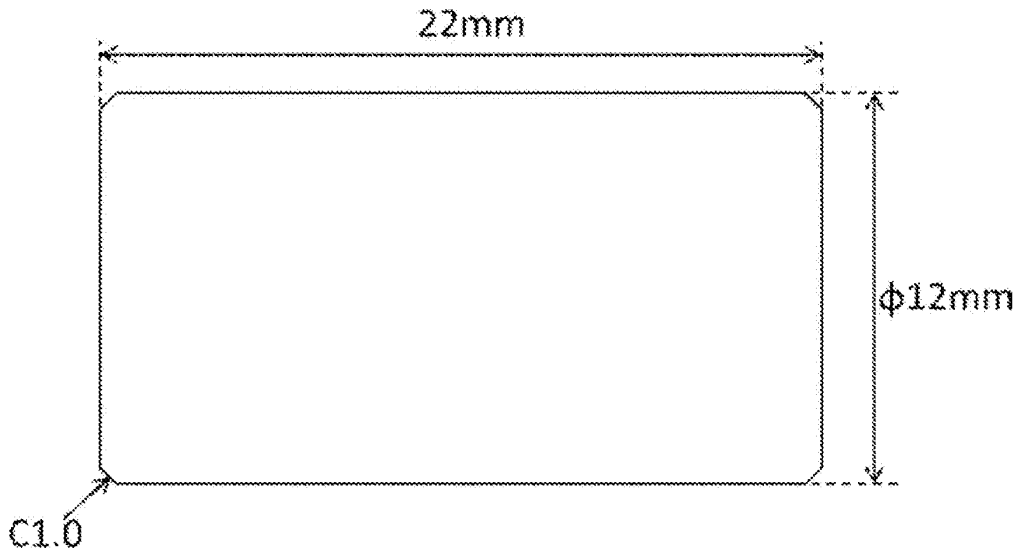
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 베어링강 부품 및 베어링강 부품용 봉강

(57) 요약

소정의 화학 조성을 갖고, 임의의 부품 단면에 있어서, 원 상당 직경이 5 μ m 이상이고, CaO, Al₂O₃ 및 SiO₂를 포함하고, 또한 CaO, Al₂O₃ 및 SiO₂의 합계의 질량에 대한 Al₂O₃의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도가 3.0개/cm² 이하이고, 전동면으로부터 50 μ m 깊이의 비커스 경도가 750 이상이고, 전동면의 압축 잔류 응력이 900MPa 이상인, 베어링강 부품 및 당해 베어링강 부품을 얻는 데 적합한 베어링강 부품용 봉강.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C22C 38/001 (2013.01)

C22C 38/44 (2013.01)

C22C 38/52 (2013.01)

C22C 38/60 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

질량%로,

C: 0.76~1.20%,

Si: 0.70~3.00%,

Mn: 0.10~2.00%,

Cr: 0.10~3.00%,

Mo: 0.001~0.100%,

S: 0.001~0.030%,

N : 0.004~0.020%,

Ca: 0.0002~0.0100%,

Al: 0.001~0.010%,

O: 0~0.005%,

P: 0~0.030%,

Ni: 0~3.00%,

Cu: 0~1.00%,

Co: 0~3.00%,

W: 0~1.00%,

V: 0~0.30%,

Ti: 0~0.300%,

Nb: 0~0.300%,

B: 0~0.0050%,

Pb: 0~0.50%,

Bi: 0~0.50%,

Mg: 0~0.0100%,

Zr: 0~0.0500%,

Te: 0~0.1000%,

희토류 원소: 0~0.0050%,

Sn: 0~2.0%,

In: 0~0.50%, 그리고

잔부: Fe 및 불순물로 이루어지고,

임의의 부품 단면에 있어서, 원 상당 직경이 5 μ m 이상이고, CaO, Al₂O₃ 및 SiO₂를 포함하고, 또한 상기 CaO, 상기 Al₂O₃ 및 상기 SiO₂의 합계의 질량에 대한 상기 Al₂O₃의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도가 3.0

개/cm² 이하이고,
전동면으로부터 50 μ m 깊이의 비커스 경도가 750 이상이고,
전동면의 압축 잔류 응력이 900MPa 이상인,
베어링강 부품.

청구항 2

제1항에 있어서, 질량%로,
Ni: 0.01~3.00%,
Cu: 0.01~1.00%,
Co: 0.01~3.00%,
W: 0.01~1.00%,
V: 0.01~0.30%,
Ti: 0.001~0.300%,
Nb: 0.001~0.300% 및
B: 0.0001~0.0050%
의 1종 또는 2종 이상을 함유하는, 베어링강 부품.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 질량%로,
Pb: 0.01~0.50%,
Bi: 0.01~0.50%,
Mg: 0.0001~0.0100%,
Zr: 0.0001~0.0500%,
Te: 0.0001~0.1000% 및
희토류 원소: 0.0001~0.0050%
의 1종 또는 2종 이상을 함유하는, 베어링강 부품.

청구항 4

질량%로,
C: 0.76~1.20%,
Si: 0.70~3.00%,
Mn: 0.10~2.00%,
Cr: 0.10~3.00%,
Mo: 0.001~0.100%,
S: 0.001~0.030%,
N : 0.004~0.020%,
Ca: 0.0002~0.0100%,
Al: 0.001~0.010%,

O: 0~0.005%,
P: 0~0.030%,
Ni: 0~3.00%,
Cu: 0~1.00%,
Co: 0~3.00%,
W: 0~1.00%,
V: 0~0.30%,
Ti: 0~0.300%,
Nb: 0~0.300%,
B: 0~0.0050%,
Pb: 0~0.50%,
Bi: 0~0.50%,
Mg: 0~0.0100%,
Zr: 0~0.0500%,
Te: 0~0.1000%,
희토류 원소: 0~0.0050%,
Sn: 0~2.0%,
In: 0~0.50%, 그리고

잔부: Fe 및 불순물로 이루어지고,

임의의 봉강 단면에 있어서, 원 상당 직경이 $5\mu\text{m}$ 이상이고, CaO, Al_2O_3 및 SiO_2 를 포함하고, 또한 상기 CaO, 상기 Al_2O_3 및 상기 SiO_2 의 합계의 질량에 대한 상기 Al_2O_3 의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도가 3.0 개/ cm^2 이하인,

베어링강 부품용 봉강.

청구항 5

제4항에 있어서, 질량%로,

Ni: 0.01~3.00%,
Cu: 0.01~1.00%,
Co: 0.01~3.00%,
W: 0.01~1.00%,
V: 0.01~0.30%,
Ti: 0.001~0.300%,
Nb: 0.001~0.300% 및
B: 0.0001~0.0050%

의 1종 또는 2종 이상을 함유하는, 베어링강 부품용 봉강.

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서, 질량%로,

Pb: 0.01~0.50%,

Bi: 0.01~0.50%,

Mg: 0.0001~0.0100%,

Zr: 0.0001~0.0500%,

Te: 0.0001~0.1000% 및

희토류 원소: 0.0001~0.0050%

의 1종 또는 2종 이상을 함유하는, 베어링강 부품용 봉강.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 베어링강 부품 및 베어링강 부품용 봉강에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자동차 등에 사용되는 베어링강 부품은, 연비 향상을 위해 부품의 소형화나 윤활유의 저점도화에 의해 근년 사용 환경의 가혹함이 증가하고 있다. 특히, 마모분 등의 이물 말려들어감에 의해 형성되는 압흔 주연의 용기부를 기점으로 한 박리가 발생하여, 베어링으로서의 기능이 손상되는 경우가 있다. 이와 같은 현상을 방지하기 위해, 압흔이 존재할 때의 전동 피로 수명(이하, 내압흔 수명이라고 함)을 향상시킨 베어링강 부품이 요망되고 있다.

[0003] 종래, 내압흔 수명을 향상시키기 위해, 전동면의 잔류 오스테나이트량을 높게 함으로써, 압흔 주연의 용기부를 억제하는 기술이 특허문헌 1에 개시되어 있다. 또한 특허문헌 1에서는 잔류 오스테나이트량을 20%~45%의 범위로 하여 설명하고 있다.

[0004] 특허문헌 2에서는, 베어링강 부품에 대한 숏 피닝 가공을 소프트하게 하는, 즉 압축 잔류 응력을 저하시킴으로써 숏 피닝 시에 발생하는 미소한 크랙의 발생을 억제하는 것이 개시되어 있다. 그리고, 특허문헌 2에서는, 미소한 크랙의 발생을 억제함으로써, 내압흔 수명이 향상되는 것을 개시하고 있다.

[0005] 기타, 특허문헌 3~6에도, 베어링강 부품에 관한 기술이 개시되어 있다. 구체적으로는, 다음과 같다.

[0006] 특허문헌 3에서는, 예측한 최대 산화물계 개재물의 면적의 평방근을 $25\mu\text{m}$ 이상 $19.7\alpha + 1.2\mu\text{m}$ 이하로 규정한 구름 베어링이 개시되어 있다. 그리고, 특허문헌 3에서는, 최대 산화물계 개재물의 면적을 제어함으로써, 생산성이 양호한 것에 더하여, 내부 기점형 박리가 발생하기 어려워 장수명으로 되는 것이 개시되어 있다.

[0007] 또한, 특허문헌 4에서는, 강재의 길이 방향 단면의 소정 조성의 산화물계 개재물의 최대 긴 직경이 $20\mu\text{m}$ 이하임과 함께, 구상 시멘타이트 조직을 갖는 베어링용 강재가 개시되어 있다. 그리고, 특허문헌 4에서는, 산화물계 개재물의 최대 긴 직경을 제어함으로써, 전동 피로 특성이 우수한 것으로 하여, 조기 박리를 억제할 수 있는 것이 개시되어 있다.

[0008] 또한, 특허문헌 5에서는, 평균 조성인, CaO, Al_2O_3 , SiO_2 , MnO, MgO, ZrO_2 의 합계 100%에 대하여, CaO: 20~45%, Al_2O_3 : 20~45%, SiO_2 : 30~50%, ZrO_2 : 2.0~10%의 산화물계 개재물을 포함하고, 구상 시멘타이트 조직을 갖는 베어링용 강재가 개시되어 있다. 그리고, 특허문헌 5에서는, 산화물계 개재물의 평균 조성을 제어함으로써, 전동 피로 특성이 우수한 것으로 하여, 조기 박리를 억제할 수 있는 것이 개시되어 있다.

[0009] 또한, 특허문헌 6에서는, S 및 Te의 질량%에 의한 함유량이 $\text{Te}/\text{S} > 0.4$ 의 조건을 만족시키고 있고, 편정 응고된 황화물계 개재물을 갖는 베어링강 강재가 개시되어 있다. 그리고, 특허문헌 6에서는, S 및 Te의 함유량 및 편정 응고된 황화물계 개재물의 존재의 제어에 의해, 적합한 전동 피로 수명을 향상시키는 것이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 소64-55423호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 2006-329319호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특허 공개 2015-090207호 공보
- (특허문헌 0004) 일본 특허 공개 2012-214829호 공보
- (특허문헌 0005) 일본 특허 공개 2014-19911호 공보
- (특허문헌 0006) 일본 특허 공개 2012-36434호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 그러나, 특허문헌 1의 베어링강 부품은, 잔류 오스테나이트의 증가는 표면 경도를 저하시키기 때문에, 내압흔 수명 이외의 전동 피로 수명(즉, 청정 환경에 있어서의 개재물 기점의 내부 피로 파괴, 또는 시징에 의한 파괴에 대한 강도)이 저하된다. 또한, 표면 경도를 일반적으로 자동차용으로 사용되는 일반 베어링강 부품 레벨 이상(비커스 경도 750 이상)으로 유지할 수는 없다.
- [0012] 또한, 가일층의 내압흔 수명의 향상에는, 특허문헌 2의 베어링강 부품과 같이 압축 잔류 응력을 저하시키는 것이 아니라, 충분한 압축 잔류 응력을 부여하는 것이 필요하다.
- [0013] 그리고, 특허문헌 3~6에 개시되어 있는 베어링강 부품에 관한 기술은, 비금속 개재물을 기점으로 한 내부 피로 파괴의 억제(즉, 내압흔 수명 이외의 전동 피로 수명의 향상)에 관한 기술이고, 내압흔 수명에 대해서는 전혀 고려되어 있지 않다. 그 때문에, 특허문헌 3~6에 개시되어 있는 베어링강 부품에 관한 기술에서는, 내압흔 수명의 향상에 대하여 개선의 여지가 있다.
- [0014] 그래서, 본 개시의 목적은, 표면 경도를 일반 베어링강 부품 레벨과 동등하게 유지하면서 내압흔 수명이 우수한 베어링강 부품 및 당해 베어링강 부품을 얻는 데 적합한 베어링강 부품용 봉강을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기 과제는, 이하의 수단이 포함된다.

[0016] <1>

[0017] 질량%로,

[0018] C: 0.76~1.20%,

[0019] Si: 0.70~3.00%,

[0020] Mn: 0.10~2.00%,

[0021] Cr: 0.10~3.00%,

[0022] Mo: 0.001~0.100%,

[0023] S: 0.001~0.030%,

[0024] N : 0.004~0.020%,

[0025] Ca: 0.0002~0.0100%,

[0026] Al: 0.001~0.010%,

[0027] O: 0~0.005%,

[0028] P: 0~0.030%,

- [0029] Ni: 0~3.00%,
- [0030] Cu: 0~1.00%,
- [0031] Co: 0~3.00%,
- [0032] W: 0~1.00%,
- [0033] V: 0~0.30%,
- [0034] Ti: 0~0.300%,
- [0035] Nb: 0~0.300%,
- [0036] B: 0~0.0050%,
- [0037] Pb: 0~0.50%,
- [0038] Bi: 0~0.50%,
- [0039] Mg: 0~0.0100%,
- [0040] Zr: 0~0.0500%,
- [0041] Te: 0~0.1000%,
- [0042] 희토류 원소: 0~0.0050%,
- [0043] Sn: 0~2.0%,
- [0044] In: 0~0.50%, 그리고
- [0045] 잔부: Fe 및 불순물로 이루어지고,
- [0046] 임의의 부품 단면에 있어서, 원 상당 직경이 $5\mu\text{m}$ 이상이고, CaO, Al_2O_3 및 SiO_2 를 포함하고, 또한 상기 CaO, 상기 Al_2O_3 및 상기 SiO_2 의 합계의 질량에 대한 상기 Al_2O_3 의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도가 $3.0\text{ 개}/\text{cm}^2$ 이하이고,
- [0047] 전동면으로부터 $50\mu\text{m}$ 깊이의 비커스 경도가 750 이상이고,
- [0048] 전동면의 압축 잔류 응력이 900MPa 이상인,
- [0049] 베어링강 부품.
- [0050] <2>
- [0051] 질량%로,
- [0052] Ni: 0.01~3.00%,
- [0053] Cu: 0.01~1.00%,
- [0054] Co: 0.01~3.00%,
- [0055] W: 0.01~1.00%,
- [0056] V: 0.01~0.30%,
- [0057] Ti: 0.001~0.300%,
- [0058] Nb: 0.001~0.300% 및
- [0059] B: 0.0001~0.0050%
- [0060] 의 1종 또는 2종 이상을 함유하는 <1>에 기재된 베어링강 부품.
- [0061] <3>
- [0062] 질량%로,

[0063]	Pb: 0.01~0.50%,
[0064]	Bi: 0.01~0.50%,
[0065]	Mg: 0.0001~0.0100%,
[0066]	Zr: 0.0001~0.0500%,
[0067]	Te: 0.0001~0.1000% 및
[0068]	희토류 원소: 0.0001~0.0050%
[0069]	의 1종 또는 2종 이상을 함유하는 <1> 또는 <2>에 기재된 베어링강 부품.
[0070]	<4>
[0071]	질량%로,
[0072]	C: 0.76~1.20%,
[0073]	Si: 0.70~3.00%,
[0074]	Mn: 0.10~2.00%,
[0075]	Cr: 0.10~3.00%,
[0076]	Mo: 0.001~0.100%,
[0077]	S: 0.001~0.030%,
[0078]	N : 0.004~0.020%,
[0079]	Ca: 0.0002~0.0100%,
[0080]	Al: 0.001~0.010%,
[0081]	O: 0~0.005%,
[0082]	P: 0~0.030%,
[0083]	Ni: 0~3.00%,
[0084]	Cu: 0~1.00%,
[0085]	Co: 0~3.00%,
[0086]	W: 0~1.00%,
[0087]	V: 0~0.30%,
[0088]	Ti: 0~0.300%,
[0089]	Nb: 0~0.300%,
[0090]	B: 0~0.0050%,
[0091]	Pb: 0~0.50%,
[0092]	Bi: 0~0.50%,
[0093]	Mg: 0~0.0100%,
[0094]	Zr: 0~0.0500%,
[0095]	Te: 0~0.1000%,
[0096]	희토류 원소: 0~0.0050%,
[0097]	Sn: 0~2.0%,
[0098]	In: 0~0.50%, 그리고

- [0099] 잔부: Fe 및 불순물로 이루어지고,
- [0100] 임의의 봉강 단면에 있어서, 원 상당 직경이 $5\mu\text{m}$ 이상이고, CaO, Al_2O_3 및 SiO_2 를 포함하고, 또한 상기 CaO, 상기 Al_2O_3 및 상기 SiO_2 의 합계의 질량에 대한 상기 Al_2O_3 의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도가 $3.0\text{ 개}/\text{cm}^2$ 이하인,
- [0101] 베어링강 부품용 봉강.
- [0102] <5>
- [0103] 질량%로,
- [0104] Ni: 0.01~3.00%,
- [0105] Cu: 0.01~1.00%,
- [0106] Co: 0.01~3.00%,
- [0107] W: 0.01~1.00%,
- [0108] V: 0.01~0.30%,
- [0109] Ti: 0.001~0.300%,
- [0110] Nb: 0.001~0.300% 및
- [0111] B: 0.0001~0.0050%
- [0112] 의 1종 또는 2종 이상을 함유하는 <4>에 기재된 베어링강 부품용 봉강.
- [0113] <6>
- [0114] 질량%로,
- [0115] Pb: 0.01~0.50%,
- [0116] Bi: 0.01~0.50%,
- [0117] Mg: 0.0001~0.0100%,
- [0118] Zr: 0.0001~0.0500%,
- [0119] Te: 0.0001~0.1000% 및
- [0120] 희토류 원소: 0.0001~0.0050%
- [0121] 의 1종 또는 2종 이상을 함유하는 <4> 또는 <5>에 기재된 베어링강 부품용 봉강.

발명의 효과

- [0122] 본 개시에 의하면, 표면 경도를 일반 베어링강 부품 레벨과 동등하게 유지하면서 내압흔 수명이 우수한 베어링강 부품 및 당해 베어링강 부품을 얻는 데 적합한 베어링강 부품용 봉강을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0123] 도 1은 외형 치수가 $\phi 12\text{mm} \times 22\text{mm}$ 인 원기둥상 전동 피로 시험편을 도시하는 개략 표면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0124] 이하, 본 개시의 일례인 실시 형태에 대하여 설명한다.
- [0125] 또한, 본 명세서 중에 있어서, 「~」를 사용하여 표현되는 수치 범위는, 「~」의 전후에 기재되는 수치를 하한값 및 상한값으로서 포함하는 범위를 의미한다.
- [0126] 또한, 「~」의 전후에 기재되는 수치에 「초과」 또는 「미만」이 붙어 있는 경우의 수치 범위는, 이들 수치를 하한값 또는 상한값으로서 포함하지 않는 범위를 의미한다.

- [0127] 또한, 화학 조성의 원소의 함유량에 대하여, 「%」는 「질량%」를 의미한다.
- [0128] (베어링강 부품)
- [0129] 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품은, 소정의 화학 성분을 갖고, 임의의 부품 단면에 있어서, 원 상당 직경이 5 μ m 이상이고, CaO, Al₂O₃ 및 SiO₂를 포함하고, 또한 CaO, Al₂O₃ 및 SiO₂의 합계의 질량에 대한 Al₂O₃의 함유율이 50% 질량 이상인 산화물(이하, 「원 상당 직경이 5 μ m 이상이고, 또한 Al₂O₃의 함유율이 50% 질량 이상인 산화물」이라고도 칭함.)의 개수 밀도가 3.0개/cm² 이하이고, 전동면으로부터 50 μ m 깊이의 비커스 경도가 750 이상이고, 전동면의 압축 잔류 응력이 900MPa 이상이다.
- [0130] 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품은, 상기 구성에 의해, 표면 경도를 일반 베어링강 부품 레벨과 동등하게 유지하면서 내압흔 수명이 우수한 베어링강 부품으로 된다. 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품은, 다음의 지건에 의해 발견되었다.
- [0131] 먼저, 본 발명자들은, 표면 경도를 일반 베어링강 부품 레벨과 동등 이상으로 유지하면서 내압흔 수명이 우수한 베어링강 부품을 실현하기 위해, 다음의 평가를 실시했다. 구체적으로는, 화학 조성을 계통적으로 변화시킨 베어링 강재에 대하여, 다양한 가공 프로세스를 조합하여 베어링강 부품으로 한 때의 내압흔 수명 평가를 실시했다. 그 결과, 하기 (1)~(2)의 지건이 얻어졌다.
- [0132] (1) 내압흔 수명 저하는, 압흔 주연의 용기 표면으로부터 발생하는 균열에 기인한다.
- [0133] (2) 원 상당 직경이 5 μ m 이상이고, 또한 Al₂O₃의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수가 적은 강재를 선택하고, 또한 부품의 전동면에 슛 피닝에 의해 압축 잔류 응력을 부여함으로써, 균열이 억제되어, 내압흔 수명을 향상시킬 수 있다.
- [0134] 여기서, 원 상당 직경이 5 μ m 이상이고 또한 Al₂O₃의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수를 저감시킴으로써, 강 중에 존재하는 미소한 개재물의 성질(예를 들어, 모재와의 밀착성)이 변화된다고 생각된다. 그 결과, 슛 피닝 시에 발생하는 미소한 크랙 및 용기부의 균열의 발생이 억제된다고 생각된다.
- [0135] 특허문헌 2에서는, 슛 피닝의 가공을 소프트하게 하는, 즉 압축 잔류 응력을 저하시킴으로써 미소 크랙의 발생을 억제하고 있다. 그러나, 소프트가 아닌 통상의 슛 피닝을 실시함으로써, 충분한 압축 잔류 응력을 부여하면서 미소한 크랙이 발생하지 않는 베어링강 부품이 실현된다.
- [0136] 또한, 내압흔 수명의 향상에는, 잔류 오스테나이트를 사용하지 않는 기구, 즉 압축 잔류 응력에 의한 효과 및 미소 크랙의 억제 효과를 이용한 기구이고, 다량의 잔류 오스테나이트가 필요없기 때문에, 표면 경도를 저하시키지 않는다는 이점도 있다.
- [0137] 이상의 지건에 의해, 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품은, 표면 경도를 일반 베어링강 부품 레벨과 동등하게 유지하면서 내압흔 수명이 우수한 베어링강 부품으로 되는 것이 발견되었다.
- [0138] 그리고, 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품은, 우수한 내압흔 수명을 갖기 때문에, 이물 혼입 환경에 있어서도 사용할 수 있다.
- [0139] 이하, 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0140] (화학 성분)
- [0141] 먼저, 본 실시 형태에 관한 강의 화학 성분의 한정 이유에 대하여 설명한다.
- [0142] C: 0.76~1.20%
- [0143] C 함유량은, 베어링강 부품의 경도에 영향을 끼친다. 필요한 경도를 확보하기 위해, C 함유량의 하한값을 0.76%로 한다. 한편, C 함유량이 너무 많으면 퀴칭 후에 잔류 오스테나이트가 다량으로 발생하여, 경도가 저하되어 버리므로, C 함유량의 상한값을 1.20%로 한다. C 함유량의 바람직한 하한은 0.78%이고, 더욱 바람직하게는 0.80%이다. C 함유량의 바람직한 상한은 1.10%이고, 더욱 바람직하게는 1.05%이다.
- [0144] Si: 0.70~3.00%
- [0145] Si는, 강의 탈산에 유효하고 산화물의 조성에 영향을 끼치는 원소임과 함께, 베어링강 부품으로서 필요한 고온 환경 하에서의 강도를 부여하기 위해 유효한 원소이다. Si 함유량이 0.70% 미만이면, 그 효과가 불충분하다.

또한, Si 함유량이 3.00%를 초과하면, Si를 포함하는 산화물이 나타나, 숏 피닝 시의 크랙의 원인으로 된다. 이상의 이유에 의해, Si 함유량을 0.70~3.00%의 범위 내로 할 필요가 있다. Si 함유량의 바람직한 하한은 0.75%이고, 더욱 바람직하게는 0.80%이다. 또한, Si 함유량의 하한은, 0.90% 초과 또는 1.0%여도 된다. Si 함유량의 바람직한 상한은 2.50%이고, 더욱 바람직하게는 2.00%이다.

[0146] Mn: 0.10~2.00%

[0147] Mn은, 필요한 강도 및 퀴칭성을 강에 부여하기 위해 유효한 원소이다. Mn 함유량이 0.10% 미만이면, 이 효과가 불충분하다. 또한, Mn 함유량이 2.00%를 초과하면, 퀴칭 후에 잔류 오스테나이트가 다량으로 되어, 경도가 저하된다. 이상의 이유에 의해, Mn 함유량을 0.10~2.00%의 범위 내로 할 필요가 있다. Mn 함유량의 바람직한 하한은 0.20%이고, 더욱 바람직하게는 0.40%이다. Mn 함유량의 바람직한 상한은 1.80%이고, 더욱 바람직하게는 1.40%이다.

[0148] Cr: 0.10~3.00%

[0149] Cr은, 필요한 강도 및 퀴칭성을 강에 부여하기 위해 유효한 원소이다. Cr 함유량이 0.10% 미만이면, 그 효과가 불충분하다. Cr 함유량이 3.00%를 초과하면, 그 효과가 포화된다. 이상의 이유에 의해, Cr 함유량을 0.10~3.00%의 범위 내로 할 필요가 있다. Cr 함유량의 바람직한 하한은 0.15%이고, 더욱 바람직하게는 0.20%이다. Cr 함유량의 바람직한 상한은 2.80%이고, 더욱 바람직하게는 2.50%이다.

[0150] Mo: 0.001~0.100%

[0151] Mo는, 필요한 퀴칭성을 부여하는 것에 더하여, P이 입계에 편석되는 것을 억제하므로, 강의 피로 강도의 향상을 위해 유효한 원소이다. Mo 함유량이 0.001% 미만이면, 이 효과가 불충분하다. Mo 함유량이 0.100%를 초과하면, 그 효과가 포화된다. 이상의 이유에 의해, Mo 함유량을 0.001~0.100%의 범위 내로 할 필요가 있다. Mo 함유량의 바람직한 하한은 0.010%이고, 더욱 바람직하게는 0.020%이다. Mo 함유량의 바람직한 상한은 0.090%이고, 더욱 바람직하게는 0.080%이다.

[0152] S: 0.001~0.030%

[0153] S는, 강 중에서 MnS을 형성하고, 이로써 강의 피삭성을 향상시킨다. 부품에 대한 절삭 가공이 가능한 레벨의 피삭성을 얻기 위해서는 일반적인 기계 구조용 강과 동등한 S 함유량이 필요하다. 이상의 이유로부터, S의 함유량을 0.001~0.030%의 범위 내로 할 필요가 있다. S 함유량의 바람직한 하한은 0.002%이고, 더욱 바람직하게는 0.003%이다. S 함유량의 바람직한 상한은 0.025%이고, 더욱 바람직하게는 0.020%이다.

[0154] N: 0.004~0.020%

[0155] N는 불가피하게 혼입되는 원소이지만, Al, Ti, V, Cr 등과 화합물을 형성하는 것에 의한 결정립 미세화 효과가 있다. 그 때문에, N는 0.004% 이상 첨가할 필요가 있다. 그러나, N 함유량이 0.020%를 초과하면 화합물이 조대로 되어, 결정립 미세화 효과를 얻지 못한다. 이상의 이유에 의해, N 함유량을 0.004~0.020%의 범위 내로 할 필요가 있다. N 함유량의 바람직한 하한은 0.0045%이고, 더욱 바람직하게는 0.005%이다. N 함유량의 바람직한 상한은 0.015%이고, 더욱 바람직하게는 0.012%이다.

[0156] Ca: 0.0002~0.0100%

[0157] Ca은, 강의 탈산에 유효하고, 산화물 중의 Al_2O_3 의 함유율을 저하시키는 원소이다. Ca 함유량이 0.0002% 미만이면, 이 효과가 불충분하다. Ca 함유량이 0.0100%를 초과하면 Ca을 포함하는 조대한 산화물이 대량으로 나타나, 전동 피로 수명 저하의 원인으로 된다. 이상의 이유에 의해, Ca 함유량을 0.0002~0.0100%의 범위 내로 할 필요가 있다. Ca 함유량의 바람직한 하한은 0.0003%이고, 더욱 바람직하게는 0.0005%이다. Ca 함유량의 바람직한 상한은 0.0080%이고, 더욱 바람직하게는 0.0060%이다.

[0158] Al: 0.001~0.010%

[0159] Al은, Al_2O_3 으로서 강 중에 정출되어, 숏 피닝 시에 발생하는 크랙 및 압흔 주연 용기부의 균열의 발생에 영향을 끼친다. 그 때문에 Al 함유량은 0.010% 이하로 제한될 필요가 있다. Al 함유량의 바람직한 상한은 0.009%이고, 더욱 바람직하게는 0.007%이다. Al 함유량은 적은 편이 바람직하므로, Al 함유량은 0%가 바람직하다. 단, 제조 시에 사용하는 부원료 등의 불순물로서 반드시 혼입되기 때문에, Al 함유량의 하한은 0.001%이다.

[0160] O: 0~0.005%

- [0161] 0는, 강 중에서 산화물을 형성하기 위해, 숏 피닝 시의 크랙 및 용기부의 균열의 발생에 영향을 끼치는 원소이다. 0 함유량은 0.005% 이하로 제한될 필요가 있다. 0 함유량의 바람직한 상한은 0.003% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.002%이다. 0 함유량은 적은 편이 바람직하므로, 0 함유량의 하한값은 0%이다. 즉, 0는 함유하지 않아도 된다. 또한, 0 함유량은, 0% 초과여도 된다.
- [0162] P: 0~0.030%
- [0163] P은, 퀀칭 전의 가열 시에 오스테나이트 입계에 편석되고, 그것에 의해 피로 강도를 저하시켜 버린다. 따라서, P 함유량을 0.030% 이하로 제한할 필요가 있다. P 함유량의 바람직한 상한은 0.025% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.023%이다. P 함유량은 적은 편이 바람직하므로, P 함유량의 하한값은 0%이다. 즉, P은 함유하지 않아도 된다. 또한, P 함유량은, 0% 초과여도 된다. 그러나, P의 제거를 필요 이상으로 행한 경우, 제조 비용이 증대된다. 따라서, P 함유량의 실질적인 하한값은 0.004%로 되는 것이 좋다.
- [0164] 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품은, 퀀칭성 또는 결정립 미세화 효과를 높이기 위해, Fe의 일부 대신에, Ni, Cu, Co, W, V, Ti, Nb 및 B로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상을 더 함유해도 된다. 즉, 이들 원소의 함유량의 하한은 0%이다. 그리고, 이들 원소를 함유시키는 경우, 원소의 함유량의 상한값은, 후술하는 범위의 상한값으로 한다. 각 원소의 함유량은, 0% 초과하고 후술하는 범위의 상한값 이하가 바람직하고, 후술하는 범위가 보다 바람직하다.
- [0165] Ni: 0.01~3.00%
- [0166] Ni은, 필요한 퀀칭성을 강에 부여하기 위해 유효한 원소이다. Ni 함유량이 0.01% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, Ni 함유량은 0.01% 이상이 바람직하다. Ni 함유량이 3.00%를 초과하면, 퀀칭 후에 잔류 오스테나이트가 다량으로 되어, 경도가 저하되는 경우가 있다. 이상의 이유에 의해, Ni 함유량의 상한을 3.00%로 한다. Ni 함유량의 상한은 바람직하게는 2.00%이고, 더욱 바람직하게는 1.80%이다. 바람직한 Ni 함유량의 하한은 0.10%이고, 더욱 바람직하게는 0.30%이다.
- [0167] Cu: 0.01~1.00%
- [0168] Cu는, 강의 퀀칭성의 향상에 유효한 원소이다. Cu 함유량이 0.01% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, Cu 함유량은 0.01% 이상이 바람직하다. Cu 함유량이 1.00%를 초과하면, 열간 연성이 저하되는 경우가 있다. 그 때문에, Cu 함유량의 상한을 1.00%로 한다. Cu 함유량의 상한으로서는 0.50%, 0.30%, 또는 0.20%로 해도 된다. Cu를 함유시켜 상술한 효과를 얻는 경우에는, Cu 함유량의 바람직한 하한은 0.05%이고, 더욱 바람직하게는 0.10%이다.
- [0169] Co: 0.01~3.00%
- [0170] Co는, 강의 퀀칭성의 향상에 유효한 원소이다. Co 함유량이 0.01% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, Co 함유량은 0.01% 이상이 바람직하다. Co 함유량이 3.00%를 초과하면, 그 효과가 포화되는 경우가 있다. 그 때문에, Co 함유량의 상한을 3.00%로 한다. Co 함유량의 상한으로서는 0.30%, 0.20%, 또는 0.10%로 해도 된다. Co를 함유시켜 상술한 효과를 얻는 경우에는, Co 함유량의 바람직한 하한은 0.05%이고, 더욱 바람직하게는 0.10%이다.
- [0171] W: 0.01~1.00%
- [0172] W은, 강의 퀀칭성의 향상에 유효한 원소이다. W 함유량이 0.01% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, W 함유량은 0.01% 이상이 바람직하다. W 함유량이 1.00%를 초과하면, 그 효과가 포화되는 경우가 있다. 그 때문에, W 함유량의 상한을 1.00%로 한다. W 함유량의 상한으로서는 0.30%, 0.20%, 또는 0.10%로 해도 된다. W을 함유시켜 상술한 효과를 얻는 경우에는, W 함유량의 바람직한 하한은 0.05%이고, 더욱 바람직하게는 0.10%이다.
- [0173] V: 0.01~0.30%
- [0174] V은, C 및 N와 화합물을 형성하여, 결정립 미세화 효과를 가져오는 원소이다. V 함유량이 0.01% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, V 함유량은 0.01% 이상이 바람직하다. V 함유량이 0.30%를 초과하면 화합물이 조대로 되어, 결정립 미세화 효과를 얻을 수 없는 경우가 있다. 그 때문에, V 함유량의 상한을 0.30%로 한다. V 함유량의 상한으로서는 0.20%, 또는 0.10%로 해도 된다. V를 함유시켜 상술한 효과를 얻는 경우에는, V 함유량의 바람직한 하한은 0.10%이고, 더욱 바람직하게는 0.15%이다.

- [0175] Ti: 0.001~0.300%
- [0176] Ti은, 강 중에서 미세한 TiC, (Ti, Nb)C 및 TiCS 등의 Ti계 석출물을 생성하여, 결정립의 미세화 효과를 가져오는 원소이다. Ti 함유량이 0.001% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, Ti 함유량은 0.001% 이상이 바람직하다. Ti 함유량이 0.300%를 초과하면, 그 효과는 포화되는 경우가 있다. 이상의 이유로부터, Ti의 함유량을 0.300% 이하로 한다. Ti 함유량의 바람직한 상한은 0.250%이고, 더욱 바람직하게는 0.200%이다.
- [0177] Nb: 0.001~0.300%
- [0178] Nb은, 강 중에 (Ti, Nb)C를 생성하여, 결정립 미세화 효과를 가져오는 원소이다. Nb 함유량이 0.001% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, Nb 함유량은 0.001% 이상이 바람직하다. Nb 함유량이 0.300%를 초과하면, 그 효과는 포화되는 경우가 있다. 이상의 이유로부터, Nb의 함유량을 0.300% 이하로 한다. Nb 함유량의 바람직한 상한은 0.250%이고, 더욱 바람직하게는 0.200%이다.
- [0179] B: 0.0001~0.0050%
- [0180] B는, P의 입계 편석을 억제하는 작용을 갖는다. 또한, B는 입계 강도 및 입자 내 강도의 향상 효과 및 퀴칭성의 향상 효과도 갖고, 이들 효과는 강의 피로 강도를 향상시킨다. B 함유량이 0.0001% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, B 함유량은 0.0001% 이상이 바람직하다. B 함유량이 0.0050%를 초과하면, 그 효과는 포화되는 경우가 있다. 이상의 이유로부터, B의 함유량을 0.0050% 이하로 한다. B 함유량의 바람직한 상한은 0.0045%이고, 더욱 바람직하게는 0.0040%이다.
- [0181] 본 실시 형태에 의한 베어링강 부품의 화학 조성은, Fe의 일부 대신에, Pb, Bi, Mg, Zr, Te 및 희토류 원소(REM)로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상을 더 함유해도 된다. 즉, 이들 원소의 함유량의 하한은 0%이다. 그리고, 이들 원소를 함유시키는 경우, 원소의 함유량의 상한값은, 후술하는 범위의 상한값으로 한다. 각 원소의 함유량은, 0% 초과하고 후술하는 범위의 상한값 이하가 바람직하고, 후술하는 범위가 보다 바람직하다.
- [0182] Pb: 0.01~0.50%
- [0183] Pb은 절삭 시에 용융, 취화됨으로써 피삭성을 향상시키는 원소이다. Pb 함유량이 0.01% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, Pb 함유량은 0.01% 이상이 바람직하다. 한편 과잉으로 첨가하면 제조성이 저하되는 경우가 있다. 그 때문에, Pb 함유량의 상한은 0.50%로 한다. Pb 함유량의 상한으로서는 0.30%, 0.20%, 또는 0.10%로 해도 된다. Pb를 함유시켜 상술한 효과를 얻는 경우에는, Pb 함유량의 바람직한 하한은 0.02%이고, 더욱 바람직하게는 0.05%이다.
- [0184] Bi: 0.01~0.50%
- [0185] Bi는, 황화물이 미세 분산됨으로써 피삭성을 향상시키는 원소이다. Bi 함유량이 0.01% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, Bi 함유량은 0.01% 이상이 바람직하다. 한편 과잉으로 첨가하면 강의 열간 가공성이 열화되어, 열간 압연이 곤란해지는 경우가 있다. 그 때문에, Bi 함유량의 상한을 0.50%로 한다. Bi 함유량의 상한으로서는 0.20%, 0.10%, 또는 0.05%로 해도 된다. Bi를 함유시켜 상술한 효과를 얻는 경우에는, 바람직한 하한은 0.02%이고, 더욱 바람직하게는 0.05%이다.
- [0186] Mg: 0.0001~0.0100%
- [0187] Mg은 탈산 원소이고, 강 중에 산화물을 생성한다. 또한, Mg이 형성하는 Mg계 산화물은, MnS의 정출 및/또는 석출의 핵으로 되기 쉽다. 또한, Mg의 황화물은, Mn 및 Mg의 복합 황화물로 되게 되어, MnS을 구상화시킨다. 이와 같이, Mg은 MnS의 분산을 제어하여, 피삭성을 개선하기 위해 유효한 원소이다. Mg 함유량이 0.0001% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, Mg 함유량은 0.0001% 이상이 바람직하다. 그러나, Mg 함유량이 0.0100%를 초과하면, MgS이 대량으로 생성되어, 강의 피삭성이 저하되는 경우가 있다. 그 때문에, Mg을 함유시켜 상술한 효과를 얻는 경우에는, Mg 함유량의 상한을 0.0100%로 한다. Mg 함유량의 바람직한 상한은 0.0080%이고, 더욱 바람직하게는 0.0060%이다. Mg 함유량의 바람직한 하한은 0.0005%이고, 더욱 바람직하게는 0.0010%이다.
- [0188] Zr: 0.0001~0.0500%
- [0189] Zr은 탈산 원소이고, 산화물을 생성한다. 또한, Zr이 형성하는 Zr계 산화물은 MnS의 정출 및/또는 석출의 핵으

로 되기 쉽다. 이와 같이, Zr은, MnS의 분산을 제어하여, 피삭성을 개선하기 위해 유효한 원소이다. Zr 함유량이 0.0001% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, Zr 함유량은 0.0001% 이상이 바람직하다. 그러나, Zr량이 0.0500%를 초과하면, 그 효과가 포화되는 경우가 있다. 그 때문에, Zr을 함유시켜 상승한 효과를 얻는 경우에는, Zr 함유량의 상한을 0.0500%로 한다. Zr 함유량의 바람직한 상한은 0.0400%이고, 더욱 바람직하게는 0.0100%이다. Zr 함유량의 바람직한 하한은 0.0005%이고, 더욱 바람직하게는 0.0010%이다.

[0190] Te: 0.0001~0.1000%

[0191] Te은, MnS의 구상화를 촉진하므로, 강의 피삭성을 개선한다. Te 함유량이 0.01% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, Te 함유량은 0.01% 이상이 바람직하다. Te 함유량이 0.1000%를 초과하면 그 효과가 포화되는 경우가 있다. 그 때문에, Te를 함유시켜 상승한 효과를 얻는 경우에는, Te 함유량의 상한을 0.1000%로 한다. Te 함유량의 바람직한 상한은 0.0800%이고, 더욱 바람직하게는 0.0600%이다. Te 함유량의 상한으로서는 0.0100%, 0.0070%, 또는 0.0050%로 해도 된다. Te 함유량의 바람직한 하한은 0.0005%이고, 더욱 바람직하게는 0.0010%이다.

[0192] 희토류 원소: 0.0001~0.0050%

[0193] 희토류 원소는, 강 중에 황화물을 생성하고, 이 황화물이 MnS의 석출핵으로 됨으로써, MnS의 생성을 촉진하는 원소이고, 강의 피삭성을 개선한다. 희토류 원소의 합계 함유량이 0.0001% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, 희토류 원소의 합계 함유량은 0.0001% 이상이 바람직하다. 그러나, 희토류 원소의 합계 함유량이 0.0050%를 초과하면, 황화물이 조대해져, 강의 피로 강도를 저하시키는 경우가 있다. 그 때문에, 희토류 원소를 함유시켜 상승한 효과를 얻는 경우에는, 희토류 원소의 합계 함유량의 상한을 0.0050%로 한다. 희토류 원소의 합계 함유량의 바람직한 상한은 0.0040%이고, 더욱 바람직하게는 0.0030%이다. 희토류 원소의 합계 함유량의 바람직한 하한은 0.0005%이고, 더욱 바람직하게는 0.0010%이다.

[0194] 명세서에서 말하는 희토류 원소는, 주기율표 중 원자 번호 57의 란타(La)부터 원자 번호 71의 루테튬(Lu)까지의 15원소에, 이트륨(Y) 및 스칸듐(Sc)을 더한 17원소의 총칭이다. 희토류 원소의 함유량은, 이들 중 1종 또는 2종 이상의 원소의 총 함유량을 의미한다.

[0195] 본 실시 형태에 의한 베어링강 부품의 화학 조성은, Fe의 일부 대신에, Sn 및 In으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 또는 2종을 더 함유해도 된다. 즉, 이들 원소의 함유량의 하한은 0%이다. 그리고, 이들 원소를 함유시키는 경우, 원소의 함유량의 상한값은, 후술하는 범위의 상한값으로 한다. 각 원소의 함유량은, 0% 초과하고 후술하는 범위의 상한값 이하가 바람직하고, 후술하는 범위가 보다 바람직하다.

[0196] Sn: 0.01%~2.0%

[0197] Sn은, 페라이트를 취화시켜 공구 수명을 연장시킴과 함께, 절삭 가공 후의 표면 조도를 향상시키는 효과가 있다. 그 효과를 안정적으로 얻기 위해서는, Sn 함유량은 0.01% 이상이 바람직하다. 또한, 2.0%를 초과하여 Sn을 함유해도, 그 효과는 포화된다. 따라서, Sn을 함유하는 경우는, Sn 함유량을 2.0% 이하로 한다.

[0198] In: 0.01%~0.50%

[0199] In은, 절삭 시에 용융, 취화됨으로써 피삭성을 향상시키는 원소이다. In 함유량이 0.01% 미만이면, 이 효과가 불충분해지는 경우가 있다. 그 때문에, In 함유량은 0.01% 이상이 바람직하다. 한편 과잉으로 첨가하면 제조성이 저하되는 경우가 있다. 그 때문에, In 함유량의 상한은 0.50%로 한다. In 함유량의 상한으로서는 0.30%, 0.20%, 또는 0.10%로 해도 된다. In을 함유시켜 상기 효과를 얻는 경우에는, In 함유량의 하한은, 0.02%가 보다 바람직하고, 0.05%가 더욱 바람직하다.

[0200] 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품은, 상승한 합금 성분을 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물을 포함한다. 상승한 합금 성분 이외의 원소(예를 들어, Sb, Ta, As, H, Hf, Zn 등의 원소)가, 불순물로서, 원재료 및 제조 장치로부터 강 중에 혼입되는 것은, 그 혼입량이 강의 특성에 영향을 끼치지 않는 수준인 한 허용된다.

[0201] (금속 조직)

[0202] 이어서, 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품의 금속 조직에 대하여 설명한다.

[0203] 원 상당 직경이 5 μ m 이상이고, 또한 Al₂O₃의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도에 대하여 설명한다.

- [0204] 숯 피닝 시의 크랙 및 압흔 주연의 용기부로부터의 균열 발생, 전파를 억제하기 위해, 발명자들이 산화물의 종류 및 양이 다른 강재를 사용하여, 산화물과 내압흔 수명의 관계를 조사했다.
- [0205] 먼저, 산화물을 구성하는 산화물종의 종류, 양의 영향을 검토했다. 그 결과, 다양한 산화물종이 강 중에 존재하는 동안, Al_2O_3 , CaO 및 SiO_2 의 비율이 내압흔 수명에 대하여 영향을 끼치고, 그 3종의 산화물의 합계의 질량에 대한 Al_2O_3 의 함유율이 내압흔 수명에 대하여 강하게 상관하는 것을 알 수 있었다. 즉, 산화물 중에, Al_2O_3 , CaO 및 SiO_2 이외의 산화물이 포함되어도, Al_2O_3 , CaO 및 SiO_2 의 합계의 질량에 대한 Al_2O_3 의 함유율이 내압흔 수명에 대하여 강하게 상관하는 것을 알 수 있었다.
- [0206] 이어서, 내압흔 수명에 끼치는 산화물의 형상, 개수에 대하여 검토했다. 그 결과, 원 상당 직경이 $5\mu m$ 이상인 산화물의 개수 밀도가 내압흔 수명과 상관하는 것을 알 수 있었다. 그래서, 내압흔 수명에 큰 영향을 끼치는 Al_2O_3 의 함유율과 원 상당 직경이 $5\mu m$ 이상인 산화물의 개수 밀도에 대하여, 각각 종축, 횡축에 플롯을 취하여 정리한 결과, 원 상당 직경이 $5\mu m$ 이상이고, 또한 Al_2O_3 의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도가 3.0개/ cm^2 이하인 영역에서 양호한 내압흔 수명이 얻어지고, 그 영역으로부터 벗어날수록 내압흔 수명이 저하되는 것을 알아냈다.
- [0207] 이것은, 원 상당 직경이 $5\mu m$ 이상이고, 또한 Al_2O_3 의 함유율이 50질량% 이상인 산화물을 제어하는 것에 수반하여, 광학 현미경으로 판별할 수 없는 레벨의 미소한 개재물에 의한 「숯 피닝 시에 발생하는 미소한 크랙」 및 「용기부의 균열의 발생」을 무해화할 수 있기 때문이라고 추측한다.
- [0208] 그리고, 원 상당 직경이 $5\mu m$ 이상이고, 또한 Al_2O_3 의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도가 3.0개/ cm^2 이하로 되는 베어링강 부품은, 크랙이 보이지 않아, 양호한 내압흔 수명이 얻어졌다. 그 때문에, 산화물의 개수 밀도의 상한을 3.0개/ cm^2 로 했다. Al_2O_3 의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도의 바람직한 상한은 2.0개/ cm^2 이고, 더욱 바람직하게는 1.5개/ cm^2 이다. 산화물은 존재하지 않는 것이 바람직하기 때문에, 하한은 0개/ cm^2 이다.
- [0209] 또한, 산화물의 개수 밀도는, 관찰 시야의 선정을 제외하고 [실시예]에 기재한 방법으로 측정된 값이다. 관찰 시야는 절단면의 관찰부의 면적을 합계 4 cm^2 확보할 수 있으면 된다.
- [0210] 이어서, 전동면으로부터 $50\mu m$ 깊이의 비커스 경도에 대하여 설명한다.
- [0211] 표면 경도를 낮게 하면 압흔 주연의 용기부가 무너지기 때문에 내압흔 수명을 향상시킬 수 있지만, 내압흔 수명 이외의 전동 피로 수명이 저하된다. 그 때문에, 내압흔 수명 이외의 전동 피로 수명을 유지하기 위해서는, 일반적으로 자동차용으로 사용되는 베어링강 부품 레벨의 경도, 즉 비커스 경도로 750 정도의 경도가 요구된다. 이것으로부터, 표면의 경도, 즉 전동면으로부터 $50\mu m$ 깊이에서의 비커스 경도는 750 이상일 필요가 있다. 그러나, 비커스 경도는 너무 높아지면 취화되기 때문에, 1050을 상한으로 할 필요가 있다. 비커스 경도의 바람직한 상한은 1000, 더욱 바람직하게는 950이다.
- [0212] 또한, 비커스 경도는, 절단 위치를 제외하고 [실시예]에 기재한 방법으로 측정된 값이다. 절단 위치는 부품 형상에 따라 다르지만, 전송부 표면에 수직으로 절단한 단면이면 된다.
- [0213] 이어서, 전동면의 압축 잔류 응력에 대하여 설명한다.
- [0214] 전동면의 압축 잔류 응력은, 압흔 주연의 용기부로부터의 균열 발생을 억제하여 내압흔 수명을 향상시키는 효과가 있다. 그 효과를 얻기 위해서는, 전동면의 압축 잔류 응력이 900MPa 이상일 필요가 있다. 전동면의 압축 잔류 응력은 높을수록 바람직하지만, 압축 잔류 응력을 과잉으로 높게 하기 위해서는 숯 피닝 시의 투사압을 높게 하는 등의 심한 가공이 필요해져, 부품 형상이 바뀌어 기능을 달성할 수 없게 된다. 그 때문에 전동면의 압축 잔류 응력의 상한은 2000MPa이다.
- [0215] 또한, 압축 잔류 응력은, [실시예]에 기재한 방법으로 측정된 값이다.
- [0216] 이어서, 베어링강 부품의 금속 조직에 대하여 설명한다.
- [0217] 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품은, 예를 들어 퀴칭 전의 가열 시에 있어서 오스테나이트와 시멘타이트의 2상 영역에 있기 때문에, 퀴칭 템퍼링을 행함으로써 얻어진다.
- [0218] 그 때문에, 베어링강 부품의 금속 조직으로서는, 예를 들어 템퍼링 마르텐사이트 및 시멘타이트를 주체로 하여

(예를 들어, 면적률 60% 이상으로) 포함하고, 잔류 오스테나이트 및 잔부(베이나이트, 개재물을 포함함)로 이루어지는 금속 조직이 예시된다. 또한, 잔류 오스테나이트의 면적률은, 비커스 경도를 750 이상으로 하는 관점에서, 10% 이하가 바람직하고, 2~8%가 보다 바람직하고, 3~7%가 보다 바람직하다.

- [0219] 단, 퀀칭 시의 냉각 속도와 부품 형상의 관계에 따라서는, 부품 내부에서 퀀칭이 불충분해지고, 베어링강 부품의 금속 조직에는, 템퍼링 마르텐사이트의 비율이 저하되어 베이나이트를 많이 포함하는 경우가 있다.
- [0220] 여기서, 잔류 오스테나이트의 면적률은, XRD(X선 회절 장치)를 사용하여 계측한다. 구체적으로는, 잔류 오스테나이트의 면적률은, 마르텐사이트에 기인하는 156.40도 부근의 피크 면적과, 잔류 오스테나이트에 기인하는 128.40도 부근의 피크 면적으로부터, 잔류 오스테나이트의 체적률을 산출하고, 이 체적률을 잔류 오스테나이트의 면적률이라고 정의한다.
- [0221] 베어링강 부품의 금속 조직은, 베어링강 부품의 표면으로부터 깊이 2.00mm보다 내부의 금속 조직이다.
- [0222] (베어링강 부품용 봉강)
- [0223] 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품을 얻는 데 적합한 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품용 봉강은, 다음과 같다.
- [0224] 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품용 봉강은, 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품과 동일한 화학 조성을 갖고, 임의의 봉강 단면에 있어서, 원 상당 직경이 5 μ m 이상이고, CaO, Al₂O₃ 및 SiO₂를 포함하고, 또한 CaO, Al₂O₃ 및 SiO₂의 합계 질량에 대한 Al₂O₃의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도가 3.0개/cm² 이하이다.
- [0225] 또한, 산화물의 개수 밀도의 측정 방법은, 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품에 있어서의, 산화물의 개수 밀도의 측정 방법과 동일하다.
- [0226] 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품용 봉강의 금속 조직은, 펄라이트 및 베이나이트를 주체로 하여(예를 들어, 면적률 60% 이상으로) 포함하고, 초석 시멘타이트, 페라이트, 잔부로 이루어지는 금속 조직을 예시할 수 있다.
- [0227] 베어링강 부품용 봉강의 금속 조직은, 베어링강 부품용 봉강의 표면으로부터 깊이 2.00mm보다 내부의 금속 조직이다.
- [0228] (베어링강 부품의 제조 방법)
- [0229] 이어서, 본 실시 형태에 관한 베어링강 부품의 제조 방법에 대하여 설명한다.
- [0230] 상기 금속 조직을 갖는 베어링강 부품은, 일례로서, 다음과 같이 제조하는 것이 좋다.
- [0231] 먼저, 철광석 또는 스크랩 베이스의 원료를 사용하여 전로에서 1차 정련을 행한다. 전로로부터 출강한 용강에 대하여 Si를 첨가하고, 그 후 Al을 첨가하여 탈산 처리를 실시한다. 탈산 처리 후, 레이들 정련법, 진공 처리 장치를 사용한 정련법에 의한 2차 정련에 의해, 상기 화학 조성을 갖는 용강 성분으로 조정한다. 성분 조정한 용강을 연속 주조하여 강괴로 하는 것이 좋다. 이 정련 방법의 제어에 의해, 상기 산화물의 개수 밀도를 제어할 수 있다. 또한, Al 탈산만 실시한 경우, 예를 들어 화학 성분으로서 Si를 포함해도, 또한 첨가하는 플럭스에 SiO₂가 포함되어도, 개재물로서의 산화물 중에는 SiO₂ 성분은 혼입되지 않는다. Si 또는 SiO₂에는, 환원 작용이 작용하기 때문이다.
- [0232] 여기서, 주조 시에, 턴디쉬 내에서의 용강 온도는 5~200℃ 슈퍼 히트시키고, 주형 내에서는 전자 교반을 행한다.
- [0233] 이어서, 강괴에 대하여 분괴 압연을 행하여, 열간 압연에 의해 소정의 단면 형상으로 가공한 후, 냉각하여 베어링강 부품용 봉강을 얻는다. 열간 압연 후의 냉각 속도는, 강재의 표면 온도가 800℃부터 300℃ 사이에 있어서의 평균 냉각 속도로 0.1~5℃/초의 범위로 제어하는 것이 좋다.
- [0234] 이어서, 얻어진 베어링강 부품용 봉강을, 열간 단조, 냉간 단조, 기계 가공 등에 의해, 연마 제거분을 가미한 부품 형상으로 하여, 퀀칭 템퍼링을 행한다. 단조 또는 기계 가공의 효율을 높이기 위해, 이 사이에, 소준, 구상화 어닐링 등의 열처리를 실시해도 된다. 또한, 퀀칭 템퍼링은 감압, 또는 비산화 분위기 하에서 실시하는 것이 바람직하다. 퀀칭 템퍼링 후에 기계 가공을 행해도 된다.
- [0235] 그리고, 처리 후의 가공품에, 샷 피닝 처리를 실시한다. 그 후, 치수 정밀도를 확보하기 위해 연마를 실시한다. 샷 피닝 처리 후에 미리 정해진 치수 정밀도를 확보할 수 있는 경우, 연마 공정을 생략해도 된다.

이와 같이 하여 베어링강 부품을 제조함으로써, 상기 금속 조직이 얻어진다.

[0236] 실시예

[0237] 이어서, 본 개시의 실시예에 대하여 설명하지만, 실시예에서의 조건은, 본 개시의 실시 가능성 및 효과를 확인하기 위해 채용한 일 조건에이고, 본 개시는, 이 일 조건에 한정되는 것은 아니다. 본 개시는, 본 개시의 요지를 일탈하지 않고, 본 개시의 목적을 달성하는 한에 있어서, 다양한 조건을 채용할 수 있는 것이다.

[0238] 표 1에 나타내는 화학 성분을 갖는 다양한 강괴를 열간 압연하여, 봉강을 얻었다.

[0239] 그리고, 봉강을 직경 28mm로 열간 단조하여, 단조품을 얻었다. 강번 25는 범용 베어링강의 JIS 규정의 SUJ2이다. 단조 전의 가열 온도는 1250℃로 했다. 그 후, 표 1에 나타내는 소준 가열 온도(900~1050℃)에서 1시간 유지하여 완전히 오스테나이트화시킨 후에 방랭하는 조건에서, 단조품에 소준 처리를 실시했다.

[0240] 이어서, 795℃에서 1.5시간 유지한 후, 650℃까지 12℃/시의 조건에서 냉각하여 방랭하는 조건에서, 소준품에 구상화 어닐링을 실시했다.

[0241] 이어서, 어닐링품을 $\phi 12.2\text{mm} \times 150\text{mm}$ 의 원기둥으로 가공했다. 그리고, 원기둥품에 대하여, 아르곤 분위기의 830℃에서 0.5시간 유지하고, 60℃의 오일 냉각하는 조건에서 퀴칭을 실시한 후, 180℃에서 2시간 유지하는 조건에서 템퍼링을 실시했다.

[0242] 그 후, 표 2에 따라, 얻어진 강번 1~24, 26~33, 35~36의 템퍼링한 원기둥품에 샷 피닝을 실시했다.

[0243] 또한, No.1~24, 26~33에 대하여 샷 피닝 A를, No.35에 대하여 샷 피닝 B를, No.36에 대하여 샷 피닝 C를 실시했다. No.25, 34에 대해서는 샷 피닝을 실시하지 않았다.

[0244] 이와 같이 하여, 베어링강 부품의 시료를 얻었다.

[0245] <샷 피닝 A>

[0246] · 샷 입자: 스틸 라운드 컷트 와이어 $\phi 1.0$, HV800

[0247] · 투사압: 0.5MPa

[0248] · 커버리지: 400%

[0249] <샷 피닝 B>

[0250] · 샷 입자: 스틸 라운드 컷트 와이어 $\phi 1.0$, HV800

[0251] · 투사압: 0.3MPa

[0252] · 커버리지: 200%

[0253] <샷 피닝 C>

[0254] · 샷 입자: 스틸 라운드 컷트 와이어 $\phi 1.0$, HV600

[0255] · 투사압: 0.2MPa

[0256] · 커버리지: 200%

[0257] 그 후, 베어링강 부품의 시료를 연마에 의해 가공하고, 버프 연마에 의해 마무리하고, 도 1에 도시하는, 외형 치수가 $\phi 12\text{mm} \times 22\text{mm}$ 인 원기둥상 전동 피로 시험편을 얻었다. 그리고, 내압흔 수명 평가를 실시했다. 내압흔 수명의 평가에는, NTN 원통형 전동 피로 시험기를 사용했다. 구체적으로는, 다음과 같다.

[0258] 먼저, 530kgf/mm²의 부하 하에서 46240rpm으로 가속 시간을 포함하여 10초간 유지하고, 시험편에 있어서의 압흔을 찍는 위치를 목표 설정했다. 목표 설정한 위치에 로크웰 경도 시험기에 의해 압흔을 90도마다 4개소 부여했다. 그 후에, 600kgf/mm²의 부하 하에서, 윤활유에 JX닛코 닛세키 에너지제의 FBK 터빈 ISO 점도 그레이트56을 사용하여 46240rpm으로, 진동계에서 박리 발생의 감지를 행하고, 10⁷회를 상한으로 하여 박리 수명을 측정했다. N=10에서 얻은 박리 수명에 대하여 와이볼 선도에 플롯하고, 10% 파손되는 수명을 내압흔 수명이라고 했다. 또한, 내압흔 수명 이외의 전동 피로 수명으로서, 압흔을 부여하지 않는 상태에서 10⁸회를 상한으로 하여 박리 수명을 N=2에서 측정하고, 이 평균값을 전동 피로 수명이라고 했다.

- [0259] 전동면으로부터 $50\mu\text{m}$ 깊이의 비커스 경도는, 다음과 같이 측정했다. 원기둥상 전동 피로 시험편의 시험 실시상당 위치인, 단부면으로부터 약 7mm 위치에서 길이 방향으로 수직으로 절단되어 있던 단면에 대하여, JIS Z 2244:2009에 준하여 마이크로비커스 경도 시험기를 사용하여 측정했다. 구체적으로는, 하중 200g 및 유지 시간 10초 의 조건에서, 전동면으로부터 $50\mu\text{m}$ 깊이의 경도를, 오목부의 중심간 거리에서 $150\mu\text{m}$ 떨어진 5점에 대하여 측정하고, 상가 평균함으로써, 비커스 경도를 구했다.
- [0260] 전동면의 압축 잔류 응력은, 다음과 같이 측정했다. 원기둥상 전동 피로 시험편의 단부면으로부터 약 7mm 위치를 중심으로 하여 $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ 의 범위를 측정할 수 있도록 마스크했다. 그리고, $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ 의 범위에 대하여, 리가쿠 텐키제 Automate(Cr 관구 사용)를 사용하여, 콜리메이터 $\phi 1\text{mm}$ 로 하여 $2\theta \cdot \sin^2 \psi$ 법 및 병사법(Iso-Inclination Method)으로, 전동면의 압축 잔류 응력을 측정했다.
- [0261] 원 상당 직경이 $5\mu\text{m}$ 이상이고, 또한 Al_2O_3 의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도는, 다음과 같이 측정했다. 원기둥상 전동 피로 시험편의 단부면으로부터 $3, 7, 15, 19\text{mm}$ 위치에서 길이 방향으로 수직으로 절단했다. 각 시험편의 절단면을, 다이아몬드 페이스트를 사용하여 경면 연마를 행하였다. 그 후, 각 시험편의 절단면 중, 원의 중심과 정사각형의 중심이 일치하도록 설정한 $1\text{cm}\times 1\text{cm}$ 의 영역을, 광학 현미경으로 관찰하여 원 상당 직경이 $5\mu\text{m}$ 이상인 개재물의 위치를 기록했다. 그리고, 주사형 전자 현미경(니혼 덴시제 JSM-6500F)에 탑재된 에너지 분산형 X선 분석 장치(EDS)를 사용하여 그 개재물 영역 전체의 분석으로부터 얻은 스펙트럼을 분석하여, 산화물, 황화물, 탄질화물의 판정을 행하였다. 분석 시에, 가속 전압은 20keV 로 하고, 각 영역에서 10초 간 측정했다. 스펙트럼의 분석, 정량화에는 니혼 덴시제 소프트웨어 Analysis Station을 사용했다.
- [0262] 산화물이라고 판정한 개재물에 대하여, 산소 이외의 Ca, Al, Si의 3종의 원소의 질량비를 구하고, 각 3종의 원소가 생성하는 산화물(즉, CaO , Al_2O_3 및 SiO_2)의 질량비로 환산함으로써, CaO , Al_2O_3 및 SiO_2 의 합계의 질량에 대한 Al_2O_3 함유율을 산출하고, Al_2O_3 의 함유율이 50질량% 이상으로 된 산화물의 개수를 관찰 면적 $4\text{cm}^2(1\text{cm}\times 1\text{cm}$ 의 관찰 $\times 4$ 시야의 합계 관찰 면적)로 나눔으로써 개수 밀도를 계산했다.
- [0263] 또한, 동일한 방법에 의해, 얻어진 단조 전의 봉강의 「상당 직경이 $5\mu\text{m}$ 이상이고, 또한 Al_2O_3 의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도」를 측정했다.
- [0264] 표 2에 각 시료의 강종에 있어서의, 원 상당 직경이 $5\mu\text{m}$ 이상이고, 또한 Al_2O_3 의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도(표 중 「산화물의 개수 밀도」라고 표기), 전동면으로부터 $50\mu\text{m}$ 깊이의 비커스 경도(표 중 「표면 경도」라고 표기), 전동면의 압축 잔류 응력, 내압흔 수명, 전동 피로 수명을 나타낸다.
- [0265] 또한, 이미 설명한 방법에 따라 측정한, 표 2에 각 시료의 강종에 있어서의 「잔류 오스테나이트의 면적률(표 중 「잔류 γ 양」이라고 표기)을 나타낸다.
- [0266] 또한, 표 중, 「 10^X 」라는 표기는, 「 10^{X} 」를 의미한다. 예를 들어, 「 10^6 」은 「 10^6 」을 의미한다.
- [0267] 또한, 표 1 및 표 2의 밑줄이 그어진 값은, 본 개시의 범위 외의 값을 나타낸다. 표 1의 화학 조성의 란의 공란 개소는, 그 공란 개소에 해당하는 원소가 의도적으로 첨가되어 있지 않음을 나타낸다.

표 1

구분	화합 조성 (질량%) : 잔류 = Fe + 불순물																											노멀라이징 가열 온도 ℃
	C	Si	Mn	Cr	Mo	S	N	Ca	Al	O	P	Ni	Cu	Co	W	V	Ti	Nb	B	Pb	Bi	Mg	Zr	Te	외도류	Sn	In	
1 개시예	1.01	0.92	0.51	0.35	0.001	0.004	0.012	0.0015	0.008	0.001	0.015																	950
2 개시예	0.92	1.53	0.82	1.22	0.050	0.005	0.008	0.0020	0.005	0.001	0.011																	950
3 개시예	1.11	0.70	0.35	0.85	0.032	0.029	0.004	0.0043	0.006	0.002	0.010																	1000
4 개시예	1.05	1.02	1.52	1.76	0.098	0.009	0.007	0.0012	0.003	0.001	0.012																	1000
5 개시예	1.18	0.85	1.03	0.55	0.015	0.019	0.0065	0.009	0.001	0.008																		1050
6 개시예	0.76	2.95	0.11	2.91	0.085	0.001	0.008	0.0002	0.010	0.001	0.013																	1000
7 개시예	0.85	1.95	0.95	0.52	0.037	0.023	0.006	0.0015	0.007	0.002	0.015	1.52																950
8 개시예	0.95	1.31	0.75	1.15	0.082	0.019	0.007	0.0025	0.006	0.001	0.018		0.05															950
9 개시예	1.00	1.25	1.30	1.99	0.046	0.010	0.006	0.0009	0.007	0.001	0.013		0.03															1000
10 개시예	0.82	1.10	0.88	0.10	0.092	0.009	0.009	0.0095	0.005	0.001	0.009				0.05													900
11 개시예	0.93	0.98	0.55	2.33	0.021	0.023	0.010	0.0021	0.006	0.001	0.012					0.06												950
12 개시예	0.80	1.30	0.60	1.77	0.035	0.015	0.009	0.0003	0.003	0.001	0.011						0.058											950
13 개시예	0.97	1.55	1.91	0.33	0.011	0.010	0.007	0.0018	0.005	0.001	0.016							0.049										1000
14 개시예	1.00	0.81	0.42	1.01	0.033	0.007	0.008	0.0002	0.007	0.001	0.008							0.0019			0.05							1000
15 개시예	0.89	1.40	0.97	1.35	0.067	0.019	0.006	0.0017	0.006	0.001	0.009									0.02								950
16 개시예	1.03	1.11	0.54	0.65	0.051	0.014	0.012	0.0021	0.005	0.001	0.007										0.0030							1000
17 개시예	0.95	1.04	0.56	1.25	0.038	0.005	0.005	0.0012	0.003	0.001	0.015												0.0025					950
18 개시예	1.02	1.85	0.92	1.11	0.081	0.003	0.008	0.0013	0.006	0.001	0.012													0.0010				950
19 개시예	0.95	1.60	1.01	1.54	0.050	0.007	0.009	0.0025	0.006	0.001	0.005														0.0035			1000
20 개시예	0.98	0.75	0.77	0.91	0.063	0.003	0.005	0.0008	0.005	0.001	0.007											0.0015						1000
21 개시예	1.01	1.22	0.65	1.33	0.019	0.005	0.008	0.0002	0.008	0.001	0.008							0.03										1000
22 개시예	1.03	1.36	0.85	1.22	0.013	0.006	0.006	0.0009	0.005	0.001	0.009															0.03		1000
23 개시예	0.98	1.10	0.71	1.50	0.020	0.003	0.007	0.0020	0.003	0.001	0.011																0.11	1000
24 개시예	1.05	0.85	0.33	1.09	0.011	0.005	0.008	0.0056	0.006	0.001	0.009																	950
25 비교예	1.00	0.25	0.41	1.43		0.007	0.007		0.025	0.001	0.016																	960
26 비교예	1.15	0.95	0.35	2.85	0.033	0.022	0.004	0.0009	0.015	0.001	0.019																	1000
27 비교예	0.77	0.67	1.95	0.11	0.011	0.013	0.005	0.0015	0.008	0.001	0.013																	950
28 비교예	1.21	0.95	0.63	1.32	0.029	0.006	0.006	0.0031	0.005	0.001	0.012																	1050
29 비교예	0.75	1.13	0.54	1.03	0.014	0.021	0.005	0.0009	0.006	0.001	0.013																	950
30 비교예	1.03	3.05	0.85	0.95	0.015	0.011	0.007	0.0013	0.006	0.001	0.019																	950
31 비교예	0.95	1.03	2.03	1.29	0.021	0.009	0.005	0.0016	0.004	0.001	0.009																	950
32 비교예	0.99	1.22	0.05	0.76	0.039	0.014	0.006	0.0022	0.003	0.001	0.008																	1000
33 비교예	0.92	1.02	1.81	2.65	0.020	0.027	0.018	0.0120	0.009	0.001	0.020																	1000

※비밀물이 고아진 값은 본 개시의 범위 외의 값을 나타낸다.
※원형 조성의 범위 공란 개소는 그 공란 개소에 해당하는 원소가 의도적으로 첨가되어 있지 않음을 나타낸다.

표 2

No.	강번	구분	-shot 피닝 조건	봉강	베어링강 부품					
				산화물 개수 밀도 (개/cm ²)	산화물 개수 밀도 (개/cm ²)	표면 경도 HV	전동면의 압축 잔류 응력 (MPa)	잔류 γ양 (%)	내압흔 수명 (회)	전동 피로 수명 (회)
1	1	개시예	A	0.8	0.8	823	1150	8	전수 내구	내구
2	2	개시예	A	0.0	0.0	810	1336	6	전수 내구	내구
3	3	개시예	A	0.5	0.5	798	1099	5	전수 내구	내구
4	4	개시예	A	0.3	0.3	885	1410	9	전수 내구	내구
5	5	개시예	A	0.0	0.0	751	1530	3	전수 내구	내구
6	6	개시예	A	1.0	1.0	912	910	4	전수 내구	내구
7	7	개시예	A	0.0	0.0	881	1033	5	전수 내구	내구
8	8	개시예	A	0.0	0.0	856	1285	7	전수 내구	내구
9	9	개시예	A	0.5	0.5	827	1139	6	전수 내구	내구
10	10	개시예	A	0.8	0.8	836	1274	1	전수 내구	내구
11	11	개시예	A	0.3	0.3	877	1168	2	전수 내구	내구
12	12	개시예	A	0.0	0.0	805	1029	7	전수 내구	내구
13	13	개시예	A	0.0	0.0	841	1147	5	전수 내구	내구
14	14	개시예	A	0.5	0.5	839	1369	3	전수 내구	내구
15	15	개시예	A	0.0	0.0	845	1054	9	전수 내구	내구
16	16	개시예	A	0.0	0.0	819	1267	5	전수 내구	내구
17	17	개시예	A	0.3	0.3	838	1069	4	전수 내구	내구
18	18	개시예	A	0.0	0.0	855	1566	3	전수 내구	내구
19	19	개시예	A	0.0	0.0	799	1354	8	전수 내구	내구
20	20	개시예	A	0.5	0.5	860	1078	5	전수 내구	내구
21	21	개시예	A	0.3	0.3	812	1325	4	전수 내구	내구
22	22	개시예	A	0.5	0.5	823	1126	8	전수 내구	내구
23	23	개시예	A	1.3	1.3	798	1365	5	전수 내구	내구
24	24	개시예	A	3.0	3.0	1023	1533	6	전수 내구	내구
25	25	비교예	없음	4.3	4.3	752	255	7	3.5×10 ^{^6} 회	1.5×10 ^{^7} 회
26	26	비교예	A	3.3	3.3	845	1245	8	0.3×10 ^{^6} 회	내구
27	27	비교예	A	3.3	3.3	833	1354	5	0.6×10 ^{^6} 회	내구
28	28	비교예	A	0.8	0.8	680	903	5	전수 내구	3.3×10 ^{^7} 회
29	29	비교예	A	0.3	0.3	715	952	6	전수 내구	1.9×10 ^{^7} 회
30	30	비교예	A	3.8	3.8	771	1036	8	5.6×10 ^{^6} 회	내구
31	31	비교예	A	4.5	4.5	753	1221	3	0.8×10 ^{^6} 회	내구
32	32	비교예	A	3.5	3.5	823	1014	8	3.3×10 ^{^6} 회	내구
33	33	비교예	A	0.8	0.8	840	1121	5	0.9×10 ^{^6} 회	0.3×10 ^{^7} 회
34	1	비교예	없음	0.8	0.8	721	378	3	1.1×10 ^{^6} 회	1.3×10 ^{^7} 회
35	18	비교예	B	0.0	0.0	820	862	9	2.4×10 ^{^6} 회	내구
36	6	비교예	C	1.0	1.0	740	754	9	1.5×10 ^{^6} 회	2.1×10 ^{^7} 회

※밑줄이 그어진 값은 본 개시의 범위 외의 값임을 나타낸다.

[0269]

[0270]

개시예의 No.1~24는, 전동면으로부터 50 μ m 깊이의 비커스 경도를 일반 베어링강 부품 레벨(비커스 경도 750 이상)과 동등하게 유지하면서, 양호한 내압흔 수명 및 전동 피로 수명을 갖는다.

[0271]

비교예의 No.25는 범용적으로 사용되는 SUJ2이고, 화학 성분의 함유량, 원 상당 직경이 5 μ m 이상이고 Al₂O₃의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도 및 전동면의 압축 잔류 응력이 본 개시의 규정 범위 외였기 때문에, 내압흔 수명 및 전동 피로 수명이 모두 낮아졌다.

[0272]

비교예의 No.26, 27, 30~32는, 화학 성분의 함유량 및 원 상당 직경이 5 μ m 이상이고 Al₂O₃의 함유율이 50질량% 이상인 산화물의 개수 밀도가, 본 개시의 규정 범위 외였기 때문에, 낮은 내압흔 수명밖에 갖지 않았다.

[0273]

비교예의 No.28 및 29는, 화학 성분의 함유량이 본 개시의 규정 범위 외이고, 적절한 shot 피닝 처리를 실시해도 전동면으로부터 50 μ m 깊이의 비커스 경도가 낮았기 때문에, 낮은 전동 피로 수명밖에 갖지 않았다.

[0274]

비교예의 No.33은, 화학 성분의 함유량이 본 개시의 규정 범위 외였기 때문에, 내압흔 수명 및 전동 피로 수명이 모두 낮아졌다.

[0275]

비교예의 No.34는, shot 피닝 처리를 실시하지 않기 때문에, 전동면으로부터 50 μ m 깊이의 비커스 경도 및 전동면의 압축 잔류 응력이 본 개시의 규정 범위 외로 된 결과, 내압흔 수명 및 전동 피로 수명이 모두 낮아졌다.

[0276]

비교예의 No.35는, shot 피닝 처리에 있어서의 투사압 및 커버리지가 낮고, 전동면의 압축 잔류 응력이 본 개시의 규정 범위 외로 되었기 때문에, 낮은 내압흔 수명밖에 갖지 않았다.

[0277]

비교예의 No.36은, shot 피닝 처리에 있어서의 shot 입자의 경도, 투사압 및 커버리지가 낮고, 전동면으로부터 50 μ m 깊이의 비커스 경도 및 전동면의 압축 잔류 응력이 본 개시의 규정 범위 외로 되었기 때문에, 내압흔 수명 및 전동 피로 수명 모두 낮아졌다.

- [0278] 또한, 강변 1~24에 나타내는 화학 성분을 갖는 봉강은, 적절한 숏 피닝 처리를 실시하면, 표면 경도를 일반 베어링강 부품 레벨과 동등하게 유지하면서 내압흔 수명이 우수한 베어링강 부품이 얻어지기 때문에, 당해 베어링강 부품을 얻는 데 적합한 봉강임을 알 수 있다.
- [0279] 또한, 일본 특허 출원 제 2018-008180호의 개시는 그 전체가 참조에 의해 본 명세서에 포함된다.
- [0280] 본 명세서에 기재된 모든 문헌, 특허 출원 및 기술 규격은, 개개의 문헌, 특허 출원 및 기술 규격이 참조에 의해 포함되는 것이 구체적이고 또한 개별적으로 기재된 경우와 동일 정도로, 본 명세서 중에 참조에 의해 포함된다.

도면

도면1

