

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年4月4日(04.04.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/065622 A1

(51) 国際特許分類:

C21D 9/40 (2006.01) F16C 33/34 (2006.01)
F16C 19/00 (2006.01) F16C 33/62 (2006.01)
F16C 33/32 (2006.01) F16C 33/64 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/035430

(22) 国際出願日: 2018年9月25日(25.09.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2017-185269 2017年9月26日(26.09.2017) JP

(71) 出願人: N T N株式会社(NTN CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀
1丁目3番17号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 結城 敬史(YUKI, Hiroshi); 〒5110867
三重県桑名市陽だまりの丘5丁目105
番 N T N株式会社内 Mie (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI
PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大
阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェス
ティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,

(54) Title: BEARING PART AND ROLLING BEARING

(54) 発明の名称: 軸受部品及び転がり軸受

FIG. 5

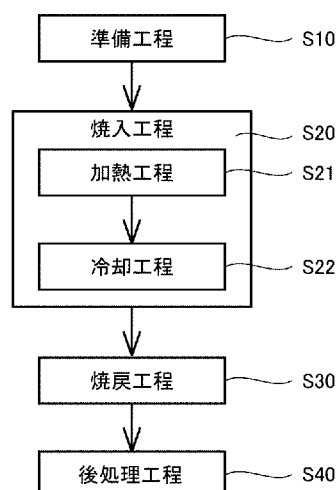


FIG. 5:

S10 Preparation step
S20 Quenching step
S21 Heating step
S22 Cooling step
S30 Tempering step
S40 Post-treatment step

(57) Abstract: Provided is a steel bearing part having a quench-hardened layer on the surface thereof. The quench-hardened layer includes a martensite phase, an austenite phase, and a carbide phase. $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ and $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ are satisfied, where X (in °) is the half-width of an X-ray diffraction peak of the martensite phase, Y (in %) is the volume percentage of the austenite phase in the quench-hardened layer, and Z (in %) is the area percentage of the carbide phase in the quench-hardened layer.

MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：鋼製の軸受部品は、表面に焼入硬化層を有する。焼入硬化層は、マルテンサイト相と、オーステナイト相と、炭化物相とを含む。マルテンサイト相のX線回折における半値幅をX（単位：°）、焼入硬化層中におけるオーステナイト相の体積比率をY（単位：パーセント）、焼入硬化層中における炭化物相の面積比率をZ（単位：パーセント）とした場合、 $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ との関係が充足される。

明 細 書

発明の名称： 軸受部品及び転がり軸受

技術分野

[0001] 本発明は、軸受部品及び転がり軸受に関する。

背景技術

[0002] 転がり軸受を構成する内輪及び外輪の軌道面並びに転がり軸受を構成する転動体の転動面には、焼入硬化層が設けられている。焼入硬化層は、残留オーステナイト相を含有している。転がり軸受が高温環境下において長時間使用された場合には、残留オーステナイト相が、フェライト相と、炭化物相とに分解する。残留オーステナイト相及びフェライト相は、互いに結晶構造が異なっているため、残留オーステナイト相が分解される際、体積変化（膨張）が生じる。例えば転がり軸受を構成する内輪の体積が変化（膨張）した場合、軸とのはめあい代が減少し、クリープを引き起こす。このように、転がり軸受を構成する軸受部品の体積変化（膨張）は、転がり軸受の早期損傷の原因となる。

[0003] 転がり軸受の静止中に大荷重が印加された場合に、軌道面及び転動面に圧痕が生じる場合がある。このような圧痕は、転がり軸受の回転精度の低下及び回転時の異音の原因となる。以上のように、転がり軸受を構成する軸受部品には、高い寸法安定性及び高い静的負荷容量が求められる。

[0004] 例えば特開 2 0 1 3 - 1 2 4 4 1 6 号公報（特許文献 1）には、軸受部品の表面に浸炭窒化処理を行うことにより、寸法安定性を改善する技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献 1：特開 2 0 1 3 - 1 2 4 4 1 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 転がり軸受を構成する軸受部品の機械的特性は、軸受部品を構成する鋼の金属組織と関連がある。しかしながら、軸受部品を構成する鋼がいかなる金属組織を有していれば寸法安定性及び静的負荷容量が改善されるかは、明らかになっていない。

[0007] 本発明は、上記のような従来技術の問題点に鑑みてなされたものである。より具体的には、本発明は、寸法安定性及び静的負荷容量を両立させることができる軸受部品及び転がり軸受を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一態様に係る鋼製の軸受部品は、表面に焼入硬化層を有する。焼入硬化層は、マルテンサイト相と、オーステナイト相と、炭化物相とを含む。マルテンサイト相のX線回折における半値幅をX（単位：°）、焼入硬化層中におけるオーステナイト相の体積比率をY（単位：パーセント）、焼入硬化層中における炭化物相の面積比率をZ（単位：パーセント）とした場合、 $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ との関係が充足される。

[0009] マルテンサイト相中の炭素量が増加するほど（マルテンサイト相のX線回折における半値幅が大きくなるほど）、焼入硬化層の硬度（静的負荷容量）が高くなる。他方で、マルテンサイト相中の炭素量を増加するほど、焼入硬化層中におけるオーステナイト相の体積比率が増加するとともに、焼入硬化層中における炭化物面積率が減少する。すなわち、マルテンサイト相中の炭素量が増加するほど、寸法安定性が低くなる。このことを別の観点からいえば、焼入硬化層の静的負荷容量と寸法安定性とは、トレードオフの関係にある。本発明者らが見出した知見によると、焼入硬化層が $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ との関係を満たす場合には、寸法安定性を維持できる範囲内で静的負荷容量を改善することができる。したがって、本発明の一態様に係る軸受部品によると、寸法安定性及び静的負荷容量を両立させることができる。

[0010] 上記の軸受部品において、半値幅は、CuK α 線によるマルテンサイト相

の {2 1 1} 面における回折ピークの半値幅であってもよい。上記の軸受部品において、鋼は、JIS規格に定められるS U J 2であってもよい。

[0011] 上記の軸受部品において、焼入硬化層の寸法変化率は、 6×10^{-4} 以下であってもよい。焼入硬化層に直径が3/8インチのセラミックス球を471 Nの荷重で押し付けた際の圧痕深さが0.2 μm 以下となってもよい。

[0012] 本発明の一態様に係る転がり軸受は、第1軌道面を有する鋼製の内輪と、第2軌道面を有し、かつ第2軌道面が第1軌道面と対向するように配置される鋼製の外輪と、内輪と外輪との間に配置され、かつ転動面を有する鋼製の転動体とを備える。第1軌道面、第2軌道面及び転動面の少なくとも1つには、焼入硬化層が設けられる。焼入硬化層は、マルテンサイト相と、オーステナイト相と、炭化物相とを含む。マルテンサイト相のX線回折における半値幅をX（単位： $^{\circ}$ ）、焼入硬化層中におけるオーステナイト相の体積比率をY（単位：パーセント）、焼入硬化層中における炭化物相の面積比率をZ（単位：パーセント）とした場合に、 $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ を充足する。

発明の効果

[0013] 本発明の一態様に係る軸受部品及び転がり軸受によると、寸法安定性及び静的負荷容量を両立させることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]実施形態に係る軸受部品10の上面図である。

[図2]図1のI-Iにおける断面図である。

[図3]図2のI-Iにおける拡大図である。

[図4]実施形態に係る転がり軸受100の断面図である。

[図5]実施形態に係る軸受部品10の製造方法を示す工程図である。

発明を実施するための形態

[0015] 図面を参照して、実施形態の詳細を説明する。なお、以下の図面においては、同一又は相当する部分に同一の参照番号を付し、その説明は繰り返さないものとする。

[0016] (実施形態に係る軸受部品の構成)

以下に、実施形態に係る軸受部品 10 の構成を説明する。

[0017] 実施形態に係る軸受部品 10 は、例えば転がり軸受の内輪である。但し、実施形態に係る軸受部品 10 は、これに限られるものではない。実施形態に係る軸受部品 10 は、転がり軸受の外輪又は転動体であってもよい。以下においては、実施形態に係る軸受部品 10 がラジアル玉軸受の内輪である場合を例として、説明を行う。

[0018] 実施形態に係る軸受部品 10 は、鋼製である。実施形態に係る軸受部品 10 を構成する鋼は、例えば軸受鋼である。実施形態に係る軸受部品 10 を構成する鋼は、好ましくは、JIS G 4805:2008 (以下においては、単に「JIS規格」という。)に定められている高炭素クロム軸受鋼である。より具体的には、実施形態に係る軸受部品 10 を構成する鋼は、JIS規格に定められているSUJ2である。

[0019] 図1は、実施形態に係る軸受部品10の上面図である。図2は、図1のI-Iにおける断面図である。図1及び図2に示すように、実施形態に係る軸受部品10は、環状形状(リング状形状)を有している。

[0020] 実施形態に係る軸受部品10は、中心軸Aを有している。実施形態に係る軸受部品10は、上面10aと、底面10bと、内周面10cと、外周面10dとを有している。上面10a及び底面10bは、中心軸Aに直交する。底面10bは、上面10aの反対面である。内周面10c及び外周面10dは、上面10a及び底面10bに連なっている。内周面10c及び外周面10dは、中心軸Aに平行である。内周面10cと中心軸Aとの距離は、外周面10dと中心軸Aとの距離よりも近くなっている。外周面10dは、軌道面を構成している。外周面10dには、軌道溝が設けられている。外周面10dは、軌道溝において、内周面10c側に窪んでいる。

[0021] 図3は、図2のI-Iにおける拡大図である。図3に示すように、実施形態に係る軸受部品10は、焼入硬化層11を有している。焼入硬化層11は、焼入れにより硬化した鋼により構成される層である。焼入硬化層11は、

実施形態に係る軸受部品 10 の表面にある。より具体的には、焼入硬化層 11 は、外周面 10d にある。

[0022] 焼入硬化層 11 は、オーステナイト相と、マルテンサイト相と、炭化物相とを含有している。なお、焼入硬化層 11 は、フェライト相も含有している。オーステナイト相は、fcc (face center cubic) 構造を有する鉄 (Fe) の高温相である。マルテンサイト相は、炭素を含有する (炭素が固溶した) オーステナイト相を急冷して得られる鉄の非平衡相である。炭化物相は、鉄の炭化物 (例えば Fe_3C 、セメンタイト) により構成される相である。フェライト相は、bcc (body center cubic) 構造を有する鉄の低温相である。

[0023] 焼入硬化層 11 中のマルテンサイト相の半値幅を X (単位: $^\circ$)、焼入硬化層 11 中におけるオーステナイト相の体積比率を Y (単位: パーセント)、焼入硬化層 11 中における炭化物相の面積比率を Z (単位: パーセント) とした場合、 $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ との関係式が充足されている。

[0024] 焼入硬化層 11 に対して X 線回折を行った場合、マルテンサイト相の特定の結晶面に対応する角度 θ_1 において、回折ピークが生じる。また、焼入硬化層 11 に対して X 線回折を行った場合、角度 θ_1 よりも大きい角度 θ_2 及び角度 θ_1 よりも小さい角度 θ_3 において、回折ピーク値の $1/2$ の回折強度を示す。角度 θ_2 と角度 θ_3 との差が、マルテンサイト相の X 線回折における回折ピークの半値幅となる。

[0025] 上記の特定の結晶面は、マルテンサイト相の $\{211\}$ 面であることが好ましい。マルテンサイト相の $\{211\}$ 面とは、マルテンサイト相の (211) 面と結晶学的に等価な全ての面をいう。この X 線回折に用いられる X 線は、CuK α 線であることが好ましい。なお、X 線回折は、例えばリガク社製の MSF-3M を用いて行われる。

[0026] 焼入硬化層 11 中におけるオーステナイト相の体積比率及び焼入硬化層 11 中における炭化物相の面積比率は、以下の方法により測定される。第 1 に

、実施形態に係る軸受部品１０の鏡面研磨が行われる。第２に、鏡面研磨面の腐食が行われる。この腐食は、ピクリン酸及びアルコールを含む腐食液（ピラクル）を用いて行われる。第３に、腐食された鏡面研磨面のＳＥＭ（Scanning Electron Microscope）観察が行われる。

[0027] そして、腐食された鏡面研磨面から取得されたＳＥＭ画像に対して画像解析を行うことにより、焼入硬化層１１中のオーステナイト相の面積比率及び炭化物相の面積比率が算出される。なお、焼入硬化層１１中のオーステナイト相の面積比率は、焼入硬化層１１中のオーステナイト相の体積比率とみなされる。

[0028] （実施形態に係る転がり軸受の構成）

以下に、実施形態に係る転がり軸受１００の構成を説明する。

[0029] 実施形態に係る転がり軸受１００は、例えばラジアル玉軸受である。但し、実施形態に係る転がり軸受１００は、これに限れるものではない。実施形態に係る転がり軸受１００は、スラスト玉軸受であってもよい。実施形態に係る転がり軸受１００は、ラジアルころ軸受であってもよい。実施形態に係る転がり軸受１００は、スラストころ軸受であってもよい。以下においては、実施形態に係る転がり軸受１００がラジアル玉軸受である場合を例として、説明を行う。

[0030] 図４は、実施形態に係る転がり軸受１００の断面図である。図４に示すように、実施形態に係る転がり軸受１００は、内輪２０と、外輪３０と、転動体４０と、保持器５０とを有している。内輪２０、外輪３０及び転動体４０は、鋼製である。この鋼は、例えば軸受鋼である。この鋼は、好ましくは、ＪＩＳ規格に定められている高炭素クロム軸受鋼である。より具体的には、この鋼は、ＪＩＳ規格に定められているＳＵＪ２である。

[0031] 内輪２０は、リング状の部材である。内輪２０は、第１軌道面２０ａを有している。より具体的には、第１軌道面２０ａは、内輪２０の外周面により構成されている。第１軌道面２０ａには、軌道溝が設けられている。外輪３０は、リング状の部材である。外輪３０は、第２軌道面３０ａを有している

。より具体的には、第2軌道面30aは、外輪30の内周面により構成されている。第2軌道面30aには、軌道溝が設けられている。内輪20と外輪30とは、第1軌道面20aと第2軌道面30aとが互いに対向するように配置されている。より具体的には、外輪30は、内輪20の外側に配置されている。

[0032] 転動体40は、球状の部材である。転動体40は、転動面40aを有している。より具体的には、転動面40aは、転動体40の表面により構成されている。転動体40は、第1軌道面20aに設けられた軌道溝と第2軌道面30aに設けられた軌道溝とに挟み込まれるように、内輪20と外輪30との間に配置されている。

[0033] 図4において図示していないが、第1軌道面20a、第2軌道面30a及び転動面40aの少なくとも1つには、焼入硬化層11が設けられている。すなわち、内輪20、外輪30及び転動体40の少なくとも1つは、実施形態に係る軸受部品10である。焼入硬化層11は、実施形態に係る軸受部品10の焼入硬化層11と同じものである。

[0034] つまり、第1軌道面20a、第2軌道面30a及び転動面40aに設けられる焼入硬化層11は、マルテンサイト相と、オーステナイト相と、炭化物相とを含んでおり、焼入硬化層11中のマルテンサイト相のX線回折における半値幅をX（単位：°）、焼入硬化層11中のオーステナイト相の体積比率をY（単位：パーセント）、焼入硬化層11中の炭化物相の面積比率をZ（単位：パーセント）とした場合に、 $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ との関係式が充足されている。

[0035] 保持器50は、例えば合成樹脂製である。保持器50は、リング状の部材である。保持器50には、貫通穴が設けられている。貫通穴は、内周面側から外周面側に向かって、保持器50を貫通している。貫通穴は、保持器50の周方向において、所定のピッチで配置されている。保持器50は、第1軌道面20aと第2軌道面30aに挟み込まれるように内輪20と外輪30との間に配置されている。貫通穴内には、転動体40が配置されている。これ

により、転動体40が、周方向に沿って、所定のピッチで配置される。

[0036] (実施形態に係る軸受部品の製造方法)

以下に、実施形態に係る軸受部品10の製造方法を説明する。

[0037] 図5は、実施形態に係る軸受部品10の製造方法を示す工程図である。図5に示すように、実施形態に係る軸受部品10の製造方法は、準備工程S10と、焼入工程S20と、焼戻工程S30と、後処理工程S40とを有している。

[0038] 準備工程S10においては、焼入工程S20及び焼戻工程S30を経ることにより実施形態に係る軸受部品10となる加工対象部材が準備される。加工対象部材は、鋼製のリング状の部材である。この鋼は、例えば軸受鋼である。この鋼は、JIS規格に定められる高炭素クロム軸受鋼であることが好ましい。より具体的には、この鋼は、JIS規格に定められるSUJ2であることが好ましい。

[0039] 焼入工程S20は、加熱工程S21と、冷却工程S22とを有している。加熱工程S21においては、加工対象部材が、 A_1 変態点以上の温度（以下においては、「加熱温度」という。）まで加熱される。 A_1 変態点とは、鋼中のフェライト相がオーステナイト相への変態を開始する温度である。加熱工程S21においては、加工対象部材が加熱温度まで加熱された後、加熱温度で所定時間（以下においては、「保持時間」という。）保持される。加熱温度は、900℃以上1000℃以下であることが好ましい。加熱温度は、900℃以上950℃以下であることがさらに好ましい。この加熱は、例えばシングルターンコイルを用いた誘導加熱により行われる。

[0040] 保持時間が長くなるにつれて、又は加熱温度が高くなるにつれて、加熱工程S21において加工対象部材を構成する鋼材の母材中に固溶する炭素量が多くなる。そのため、保持時間及び加熱温度を制御することにより、焼入硬化層11における炭化物相の面積比率を制御することができる。

[0041] 鋼材中のマルテンサイト相における炭素の固溶量が大きくなるにしたがって、マルテンサイト結晶のc軸が伸びることになる。そのため、マルテンサ

イト相のX線回折における回折ピークの半値幅が大きくなる傾向にある。鋼材中のマルテンサイト相における炭素の固溶量は、保持時間を長くするほど、又は加熱温度を高くするほど多くなる傾向にある。したがって、保持時間及び加熱温度を制御することにより、マルテンサイト相のX線回折における回折ピークを制御することができる。

[0042] 上記のとおり、保持時間が長くなるほど、又は加熱温度が高くなるほど、鋼材中に多くの炭素が固溶する傾向にある。鋼材中の炭素固溶量が多くなるほど、冷却工程S 2 2後にマルテンサイト相に変態することなく残留するオーステナイト相が多くなる傾向がある。そのため、保持時間及び加熱温度を制御することにより、焼入硬化層1 1中におけるオーステナイト相の体積比率を制御することができる。

[0043] 冷却工程S 2 2においては、加工対象部材の冷却が行われる。冷却工程S 2 2においては、加工対象部材は、加熱温度から加工対象部材を構成する鋼の M_s 点以下の温度（以下においては、「冷却温度」という。）まで冷却される。 M_s 点とは、オーステナイト相がマルテンサイト相への変態を開始する温度である。冷却工程S 2 2における加工対象部材の冷却は、従来周知の任意の冷媒を用いて行われる。加工対象部材の冷却に用いられる冷媒は、例えば油又は水である。

[0044] なお、冷却工程S 2 2における冷却温度及び冷却速度は、加熱工程S 2 1において形成された鋼材中のオーステナイト相のうちの冷却工程S 2 2によりマルテンサイト相となる量（別の観点からいえば、冷却工程S 2 2後においてもオーステナイト相のまま残留する量）に影響する。そのため、冷却温度及び冷却速度を制御することによっても、焼入硬化層1 1中におけるオーステナイト相の体積比率を制御することができる。

[0045] 焼戻工程S 3 0においては、加工対象部材を構成する鋼が焼き戻される。加工対象部材の焼き戻しは、加工対象部材を、 A_1 点未満の温度（以下においては、「焼戻温度」という。）で所定時間（以下においては、「焼戻時間」という。）保持することにより行われる。焼戻温度は、例えば180℃であ

る。焼戻時間は、例えば2時間である。

[0046] 焼戻工程S30においては、冷却工程S22によってもマルテンサイト相とならなかったオーステナイト相が、フェライト相と炭化物相へと分解される。このオーステナイト相のフェライト相及び炭化物相へと分解される量は、焼戻温度及び焼戻時間を制御することにより、変化する。そのため、焼戻時間及び焼戻時間を制御することにより、焼入硬化層11中のオーステナイト相の体積比率を制御することができる。

[0047] 後処理工程S40においては、加工対象部材に対する後処理が行われる。後処理工程S40においては、例えば、加工対象部材の洗浄、加工対象部材に対する研削、研磨等の機械加工等が行われる。以上により、軸受部品10の製造が行われる。

[0048] (寸法変化率及び静的荷重容量の評価)

以下に、サンプル1～サンプル9に対して行った寸法変化率及び静的荷重容量の評価試験について説明する。

[0049] <鋼材の組成>

表1には、サンプル1～サンプル9に用いられた鋼材の組成が示されている。なお、表1に示されていないが、鉄(Fe)は鋼材の残部を構成している。表1に示すように、サンプル1～サンプル9に用いられた鋼材は、JIS規格に定められるSUJ2である。

[0050] [表1]

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	O ₂
(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wtppm)
0.98	0.27	0.42	0.011	0.007	0.06	1.47	0.03	0.08	0.035	5

[0051] <試料の形状及び寸法>

サンプル1～サンプル9は、リング状部材である。このリング状部材の寸法は、外径60.3mm、内径53.7mm、幅15.3mmである。

[0052] <熱処理条件>

表 2 には、サンプル 1 ～サンプル 9 に対して行われた熱処理の熱処理条件が示されている。表 2 に示すように、サンプル 1 ～サンプル 9 においては、加熱工程 S 2 1 における加熱温度は、900℃、950℃又は1000℃とされた。

[0053] サンプル 1 ～サンプル 9 においては、焼入工程 S 2 0 及び焼戻工程 S 3 0 は、焼入硬化層 1 1 中における炭化物の面積率（Z）が、4 パーセント、8 パーセント又は12 パーセントとなるように行われた。

[0054] [表2]

	加熱温度 (℃)	炭化物相の面積率 Z (%)
サンプル 1	900	8
サンプル 2	900	12
サンプル 3	950	12
サンプル 4	950	8
サンプル 5	900	4
サンプル 6	950	4
サンプル 7	1000	4
サンプル 8	1000	8
サンプル 9	1000	12

[0055] <寸法変化率評価試験方法>

寸法変化率の評価試験においては、サンプル 1 ～サンプル 9 は、外径 60 mm、内径 54 mm、幅 15 mm の寸法の試験片に研磨された。この研磨後、各試験片は、大気中において、230℃で2時間保持された。この保持の後に、各試験片の寸法変化率が測定された。寸法変化率は、試験片毎に、互いに90°異なる2箇所の位置で測定された。寸法変化率は、各々のサンプルについて、3個の試験片の平均値とされた。寸法変化率が 6×10^{-4} 以下である場合「OK」と評価し、 6×10^{-4} を超えている場合を「NG」と評

価した。

[0056] <静的負荷容量評価試験方法>

静的負荷容量評価試験においては、サンプル1～サンプル9は、ワイヤカットにより6mm×15mm×3mmの試験片に成型された後、鏡面研磨を施すことにより、試験片とされた。静的負荷容量評価試験は、鏡面研磨が施された各試験片の6mm×15mmの面に、直径3／8インチのセラミックス製のボールを一定荷重で押し付けた際に塑性変形によって生じる圧痕の深さを測定することにより行った。セラミックス製のボールを押し付ける際の荷重は、471Nである。なお、この荷重は、ヘルツ接触の P_{max} が4GPaである場合に相当する。圧痕の深さは、各々のサンプルについて、3個の試験片の平均値とされた。なお、圧痕の深さが0.20μm以下である場合を「OK」と評価し、0.20μmを超えている場合を「NG」と評価した。

[0057] なお、寸法変化率評価試験及び静的負荷容量評価試験の結果と、サンプル1～サンプル9の金属組織との関係进行评估するため、サンプル1～サンプル9について、焼入硬化層11中におけるオーステナイト相の体積比率（Y）及びマルテンサイト相のX線回折における半値幅（X）の測定を行った。マルテンサイト相のX線回折における半値幅の測定は、マルテンサイト相の{211}面を対象とし、CuKα線を用いて行われた。なお、マルテンサイト相のX線回折における半値幅（X）、焼入硬化層11中におけるオーステナイト相の体積比率（Y）及び焼入硬化層11中における炭化物相の面積比率（Z）が $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ との関係を満たしている場合に「OK」と評価し、この関係を満たしていない場合に「NG」と評価した。

[0058] <試験結果>

表3には、サンプル1～サンプル9についての寸法変化率評価試験及び静的負荷容量評価試験の結果が示されている。

[0059]

[表3]

	寸法安定性		静的荷重容量		総合 判定	X (°)	Y (%)	関係式 の充足
	寸法変化 率	判定	圧痕深さ (μm)	判定				
サンプル 1	3.60×10^{-4}	OK	0.13	OK	OK	6.9	10.5	OK
サンプル 2	1.90×10^{-4}	OK	0.12	OK	OK	6.5	7.9	OK
サンプル 3	3.50×10^{-4}	OK	0.16	OK	OK	6.8	10.2	OK
サンプル 4	4.70×10^{-4}	OK	0.17	OK	OK	7.0	13.0	OK
サンプル 5	7.10×10^{-4}	NG	0.18	OK	NG	7.1	14.6	NG
サンプル 6	7.80×10^{-4}	NG	0.23	NG	NG	7.0	17.0	NG
サンプル 7	8.20×10^{-4}	NG	0.34	NG	NG	7.0	17.2	NG
サンプル 8	7.70×10^{-4}	NG	0.26	NG	NG	7.0	17.3	NG
サンプル 9	5.90×10^{-4}	OK	0.23	NG	NG	7.0	14.6	NG

[0060] 表3に示すように、サンプル1～サンプル4については、寸法変化率評価試験の結果及び静的負荷容量評価試験の結果が、いずれも「OK」であった。他方で、サンプル5～サンプル9については、寸法変化率評価試験結果及び静的負荷容量評価試験の結果の少なくともいずれか一方が、「NG」であった。

[0061] また、表3には、サンプル1～サンプル9において、マルテンサイト相のX線回折における半値幅(X)、焼入硬化層11中におけるオーステナイト相の体積比率(Y)及び焼入硬化層11中における炭化物相の面積比率(Z)が、 $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ を満たしているか否かが示されている。

[0062] 表3に示すように、サンプル1～サンプル4については、マルテンサイト相のX線回折における半値幅(X)、焼入硬化層11中におけるオーステナイト相の体積比率(Y)及び焼入硬化層11中における炭化物相の面積比率(Z)が $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15$

$\times Y > 1$ との関係を満たしている一方、サンプル 5 ～ サンプル 9 については、この関係が満たされていなかった。

[0063] このことから、マルテンサイト相の X 線回折における半値幅 (X)、焼入硬化層 11 中におけるオーステナイト相の体積比率 (Y) 及び焼入硬化層 11 中における炭化物相の面積比率 (Z) が、 $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ との関係を満たしている場合には、実施形態に係る軸受部品 10 の寸法安定性及び静的負荷容量が改善されることが明らかにされた。

[0064] (実施形態に係る軸受部品、転がり軸受及び軸受部品の製造方法の効果)
マルテンサイト相中の炭素量が増加するほど、マルテンサイト相の結晶が c 軸方向に伸び、マルテンサイト相の格子ひずみが大きくなる。その結果、マルテンサイト相の X 線回折における半値幅が大きくなるとともに、マルテンサイト相の硬度が上昇し、焼入硬化層 11 の硬度が上昇する (実施形態に係る軸受部品 10 の静的負荷容量が改善する)。

[0065] しかしながら、マルテンサイト相中の炭素量を増加させるためには、加熱時間を上昇させる、又は保持時間を長くすることが必要となる。加熱時間を上昇させた場合又は保持時間を長くした場合には、焼入硬化層 11 中の炭化物相の量が減少するとともに、加熱工程 S21 において形成されるオーステナイト相の量が増える。その結果、冷却工程 S22 によってもマルテンサイト相に変態することなく残留する焼入硬化層 11 中のオーステナイト相 (残留オーステナイト) の量が増加し、実施形態に係る軸受部品 10 の寸法安定性が低下してしまう。

[0066] このように、静的負荷容量と寸法安定性との間にはトレードオフ関係が存在するため、マルテンサイト相の X 線回折における半値幅、焼入硬化層 11 中におけるオーステナイト相の体積比率及び焼入硬化層 11 中における炭化物相の面積比率が適切に制御されなければ、実施形態に係る軸受部品 10 の静的負荷容量及び寸法安定性を両立させることができない。

[0067] 上記の通り、実施形態に係る軸受部品 10 においては、マルテンサイト相

のX線回折における半値幅（X）、焼入硬化層11中におけるオーステナイト相の体積比率（Y）及び焼入硬化層11中における炭化物相の面積比率（Z）が、 $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ との関係を満たしている。上記の試験結果から、この関係が満たされている場合には、寸法安定性の維持しつつ、静的負荷容量を改善することができる。そのため、実施形態に係る軸受部品10によると、寸法安定性及び静的負荷容量を両立することができる。

[0068] 上記のとおり、実施形態に係る転がり軸受100においては、第1軌道面20a、第2軌道面30a及び転動面40aの少なくとも1つは、焼入硬化層11が設けられている。そのため、実施形態に係る転がり軸受100によると、寸法安定性及び静的負荷容量を両立させることができる。

[0069] 以上のように本発明の実施形態について説明を行ったが、上述の実施形態を様々に変形することも可能である。また、本発明の範囲は、上述の実施形態に限定されるものではない。本発明の範囲は、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更を含むことが意図される。

産業上の利用可能性

[0070] 上記の実施形態は、軸受部品、その製造方法及び当該軸受部品を用いた転がり軸受に特に有利に適用される。

符号の説明

[0071] 10 軸受部品、10a 上面、10b 底面、10c 内周面、10d 外周面、11 焼入硬化層、20 内輪、20a 第1軌道面、30 外輪、30a 第2軌道面、40 転動体、40a 転動面、50 保持器、100 転がり軸受、A 中心軸、S10 準備工程、S20 焼入工程、S21 加熱工程、S22 冷却工程、S30 焼戻工程、S40 後処理工程。

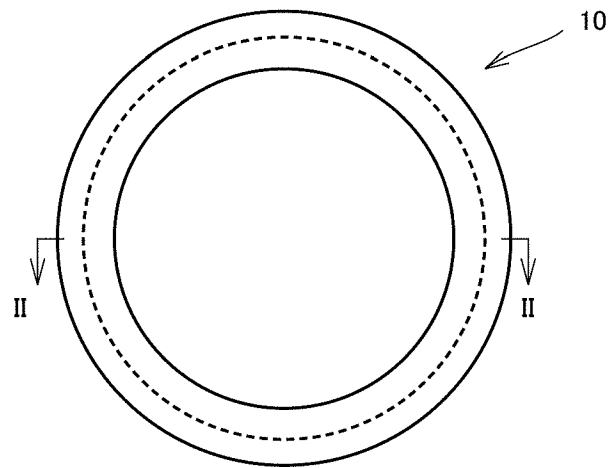
請求の範囲

- [請求項1] 表面に焼入硬化層を有する鋼製の軸受部品であって、
前記焼入硬化層は、マルテンサイト相と、オーステナイト相と、炭化物相とを含み、
前記マルテンサイト相のX線回折における半値幅をX（単位：°）
、前記焼入硬化層中における前記オーステナイト相の体積比率をY（単位：パーセント）、前記焼入硬化層中における前記炭化物相の面積比率をZ（単位：パーセント）とした場合に、 $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ との関係が充足される、軸受部品。
- [請求項2] 前記半値幅は、CuK α 線による前記マルテンサイト相の{211}面の回折ピークの半値幅である、請求項1に記載の軸受部品。
- [請求項3] 前記鋼は、JIS規格に定められるSUS2である、請求項1又は請求項2に記載の軸受部品。
- [請求項4] 前記焼入硬化層の寸法変化率は、 6×10^{-4} 以下であり、
前記焼入硬化層に直径が3／8インチのセラミックス球を471Nの荷重で押し付けた際の圧痕深さが $0.2 \mu\text{m}$ 以下となる、請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の軸受部品。
- [請求項5] 第1軌道面を有する鋼製の内輪と、
第2軌道面を有し、かつ前記第2軌道面が前記第1軌道面と対向するように配置される鋼製の外輪と、
前記内輪と前記外輪との間に配置され、かつ転動面を有する鋼製の転動体とを備え、
前記第1軌道面、前記第2軌道面及び前記転動面の少なくとも1つには、焼入硬化層が設けられ、
前記焼入硬化層は、マルテンサイト相と、オーステナイト相と、炭化物相とを含み、
前記マルテンサイト相のX線回折における半値幅をX（単位：°）

、前記焼入硬化層中における前記オーステナイト相の体積比率を Y （単位：パーセント）、前記焼入硬化層中における前記炭化物相の面積比率を Z （単位：パーセント）とした場合に、 $0.064 \times Y + 0.002 \times Z < 1$ かつ $0.43 \times X - 0.15 \times Y > 1$ を充足する、転がり軸受。

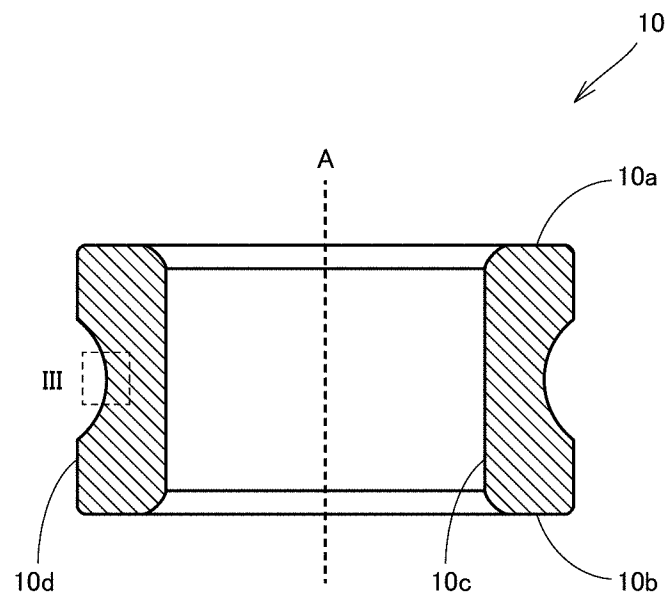
[図1]

FIG. 1



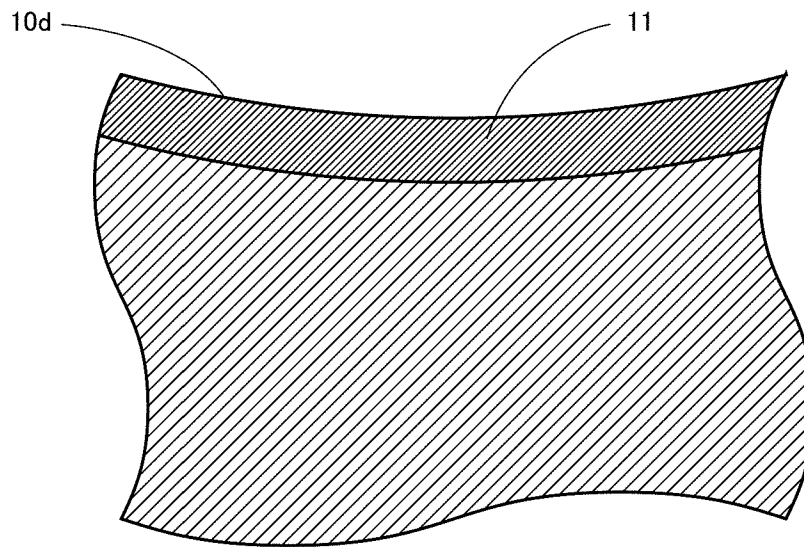
[図2]

FIG. 2



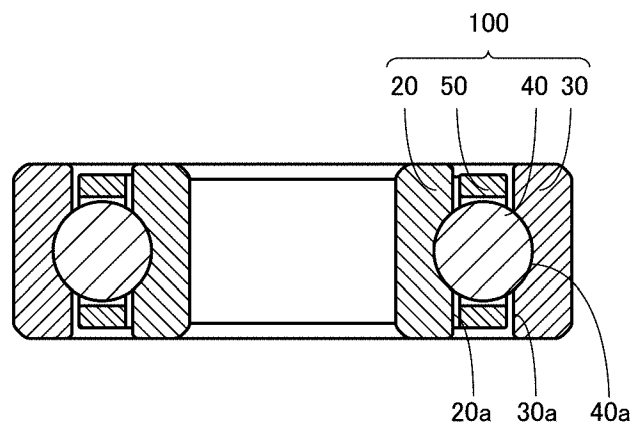
[図3]

FIG. 3



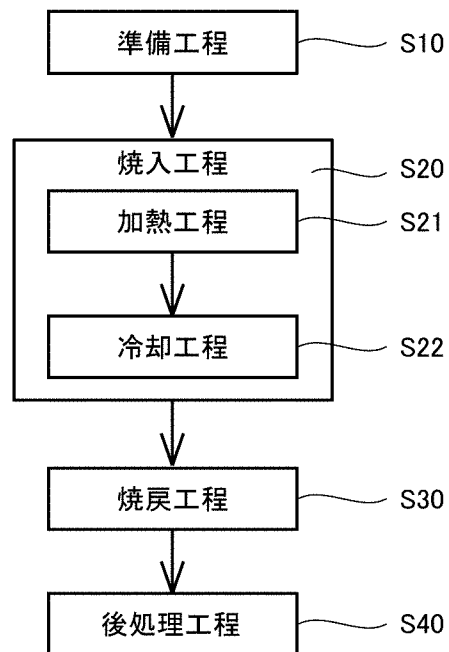
[図4]

FIG. 4



[図5]

FIG. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/035430

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C21D9/40 (2006.01) i, F16C19/00 (2006.01) i, F16C33/32 (2006.01) i, F16C33/34 (2006.01) i, F16C33/62 (2006.01) i, F16C33/64 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. C21D9/40, F16C19/00, F16C33/32, F16C33/34, F16C33/62, F16C33/64

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2017-8400 A (NTN CORPORATION) 12 January 2017, claims, paragraphs [0013]-[0075], fig. 1-4 & EP 3315619 A1, claims, paragraphs [0013]-[0068], fig. 1-4 & WO 2016/208343 A1 & CN 107835862 A	1-5
X	JP 2004-263751 A (KOYO SEIKO CO., LTD.) 24 September 2004, claims, paragraphs [0026]-[0030] & US 2004/0234180 A1, claims, paragraphs [0029]-[0033] & EP 1452610 A1 & CN 1525079 A	1-5
E, X	JP 2018-168433 A (NTN CORPORATION) 01 November 2018, entire text, all drawings (Family: none)	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 December 2018 (07.12.2018)

Date of mailing of the international search report
18 December 2018 (18.12.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C21D9/40(2006.01)i, F16C19/00(2006.01)i, F16C33/32(2006.01)i, F16C33/34(2006.01)i,
F16C33/62(2006.01)i, F16C33/64(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C21D9/40, F16C19/00, F16C33/32, F16C33/34, F16C33/62, F16C33/64

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2017-8400 A (NTN株式会社) 2017.01.12, 【特許請求の範囲】、【0013】-【0075】、【図1】-【図4】 & EP 3315619 A1, Claims, [0013]-[0068], FIG.1-FIG.4 & WO 2016/208343 A1 & CN 107835862 A	1-5
X	JP 2004-263751 A (光洋精工株式会社) 2004.09.24, 【特許請求の範囲】、【0026】-【0030】 & US 2004/0234180 A1, Claims, [0029]-[0033] & EP 1452610 A1 & CN 1525079 A	1-5

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07.12.2018

国際調査報告の発送日

18.12.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

相澤 啓祐

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

4 K

4037

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
E, X	JP 2018-168433 A (NTN株式会社) 2018. 11. 01, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5