(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
2016 年 10 月 6 日(06.10.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/159137 A1

(51) 国際特許分類:
F16C 33/58 (2006.01) *F16C 33/32* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/060487

(22) 国際出願日: 2016 年 3 月 30 日(30.03.2016)

(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 2015-076756 2015 年 4 月 3 日(03.04.2015) JP
特願 2016-064354 2016 年 3 月 28 日(28.03.2016) JP

(71) 出願人: ＮＴＮ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: 長谷川　直哉(HASEGAWA, Naoya); 〒5110867 三重県桑名市陽だまりの丘５丁目１０５番　ＮＴＮ株式会社内 Mie (JP). 藤田　工(FUJITA, Takumi); 〒5110867 三重県桑名市陽だまりの丘５丁目１０５番　ＮＴＮ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二丁目２番７号　中之島セントラルタワー 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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.

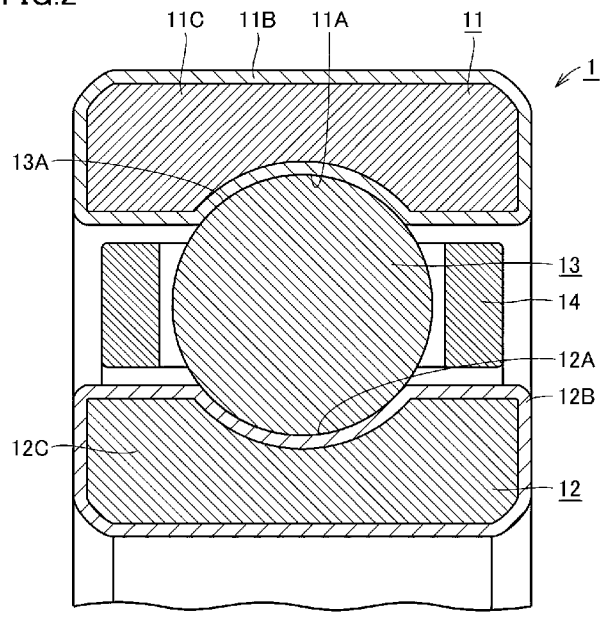
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, 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:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: ROLLING DEVICE AND ROLLING BEARING

(54) 発明の名称 : 転動装置および転がり軸受

FIG.2



(57) **Abstract**: According to the present invention, a deep groove ball bearing (1) is provided with an outer ring (11), an inner ring (12), and a ball (13). The arithmetic mean roughnesses of the surfaces of the rolling parts of the outer ring (11) and the inner ring (12) are greater than the arithmetic mean roughness of the surface of the rolling part of the ball (13). The Rockwell hardnesses of the surfaces of the rolling parts of the outer ring (11) and the inner ring (12) are less than the Rockwell hardness of the surface of the rolling part of the ball (13). After tempering treatment, the surfaces of the rolling parts of the outer ring (11) and the inner ring (12) are subjected to chemical conversion treatment so that coatings (11B, 12B) containing at least one of an iron oxide and an iron compound are formed on the surfaces of the rolling parts of the outer ring (11) and the inner ring (12), respectively, by the chemical conversion treatment.

(57) 要約: 深溝玉軸受（１）は、外輪（１１）と、内輪（１２）と、玉（１３）とを備えている。外輪（１１）、内輪（１２）の転動部の表面の算術平均粗さは、玉（１３）の転動部の表面の算術平均粗さよりも大きい。外輪（１１）、内輪（１２）の転動部の表面のロックウェル硬度は、玉（１３）の転動部の表面のロックウェル硬度よりも低い。外輪（１１）、内輪（１２）の転動部の表面は焼き戻し処理された後に化成処理されており、外輪（１１）、内輪（１２）の転動部の表面に化成処理によって鉄の酸化物および化合物の少なくともいずれかを含む皮膜（１１Ｂ、１２Ｂ）が形成されている。

WO 2016/159137 A1

明　細　書

発明の名称 ： 転動装置および転がり軸受

技術分野

[0001] 本発明は、転動装置および転がり軸受に関し、特に、第１および第２の転動部品を備えた転動装置および転がり軸受に関するものである。

背景技術

[0002] 転がり軸受などの転動装置は転動部の潤滑状態が悪いために油膜形成が不十分になる環境で使用されると、ピーリング、焼き付きなどの表面損傷およびこの表面損傷を起点としたはく離が転動部の表面に発生する。これにより、転動装置の寿命は低下する。たとえば、論文「潤滑」（非特許文献１）には、転がり軸受の内外輪と転動体との間で、潤滑状態の過酷さを示す油膜パラメータΛが約１．２以上になる条件では転がり軸受の寿命は長くなるが、油圧パラメータΛが１．２以下となる条件では転動部に表面起点型のはく離が起きるため転がり軸受の寿命は低下することが記載されている。

[0003] 油膜形成性が悪い状態で使われる転がり軸受の一般的な表面損傷対策として、研磨または超仕上げ加工によって転がり軸受の転動部の表面粗さを小さくする方法がある。この他の表面損傷対策として、たとえば、特開２００６－１６１８８７号公報（特許文献１）には、針状ころ軸受のころまたは内外輪の転動部に微小凹部を形成し、その凹部に固体潤滑剤を被覆する方法が記載されている。また、たとえば、特許第２９９７０７４号公報（特許文献２）には、転動部に微小凹部をランダムに形成し、油膜形成能力を高める方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００６－１６１８８７号公報

特許文献2：特許第２９９７０７４号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：高田浩年，鈴木進，前田悦生，潤滑，２６，９，（１９８１），ｐ．６４５－６５０

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上記の研磨および超仕上げ加工によって転がり軸受の転動部の表面粗さを小さくする方法では、処理部材の形状および寸法によっては加工が難しいため十分に表面粗さを小さくすることができない場合がある。また、上記の各公報に記載された方法では、転動部に凹部が形成されるため、加工工程が複雑である。

[0007] 本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、簡易な加工方法によって製造でき、かつ転動部の油膜形成性が悪い状態で使用されても表面損傷を抑制することによって長寿命を実現する転動装置および転がり軸受を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の転動装置は、ＪＩＳ規格ＳＵＪ２からなる第１の転動部品と、第１の転動部品に接触し、かつＪＩＳ規格ＳＵＪ２からなる第２の転動部品とを備えている。第１および第２の転動部品の各々は焼入れ処理された後に焼き戻し処理されている。第１の転動部品の転動部の表面の算術平均粗さは、第２の転動部品の転動部の表面の算術平均粗さよりも大きい。第１の転動部品の転動部の表面のロックウェル硬度は、第２の転動部品の転動部の表面のロックウェル硬度よりも低い。第１の転動部品の転動部の表面は焼き戻し処理された後に化成処理されており、第１の転動部品の転動部の表面に化成処理によって鉄の酸化物および化合物の少なくともいずれかを含む皮膜が形成されている。

[0009] 転動装置が第１および第２の転動部品の転動部の表面間の油膜形成性が悪い条件で使用される際、第１および第２の転動部品の転動部の表面間では、微小な粗さ突起同士の干渉がおきている。本発明の転動装置によれば、第１の転動部品の転動部の表面は、第２の転動部品の転動部の表面よりも、算術

平均粗さが大きく、ロックウェル硬度が低い。さらに、第１の転動部品の転動部の表面に化成処理によって鉄の酸化物および化合物の少なくともいずれかを含む皮膜が形成されている。このため、転動装置の運転開始から短時間経過後において、第１の転動部品の転動部の表面の微小な粗さ突起が第２の転動部品の転動部の表面に接触することにより、第１の転動部品の転動部の表面の微小な粗さ突起の傾斜を小さくすることができる。これにより、第１の転動部品の転動部の表面の微小な粗さ突起と、この粗さ突起に接触する第２の転動部品の転動部の表面との局所面圧が低下するため、この粗さ突起との接触による第２の転動部品の転動部の表面の損傷を抑制することができる。したがって、第２の転動部品の転動部の表面の損傷による転動装置の寿命の低下を抑制することができる。よって、転動装置の長寿命を実現することができる。また、第１の転動部品の転動部のロックウェル硬度を第２の転動部品の転動部のロックウェル硬度より低くすることによって、第２の転動部品の転動部の表面の疲労の進行を抑制することができる。これらの効果によって、転動装置の長寿命を実現することができる。

[0010] 上記の転動装置において好ましくは、皮膜は、四三酸化鉄を含んでいる。このため、第１の転動部品の転動部の表面の微小な粗さ突起を脆くすることができる。したがって、第１の転動部品の転動部の表面の微小な粗さ突起が第２の転動部品の転動部の表面に接触することにより、第１の転動部品の転動部の表面の微小な粗さ突起の傾斜を小さくすることが容易である。

[0011] 上記の転動装置において好ましくは、第１の転動部品の転動部の表面のロックウェル硬度は、第２の転動部品の転動部の表面のロックウェル硬度よりも０．５以上低い。このため、第１の転動部品の転動部の表面の微小な粗さ突起が第２の転動部品の転動部の表面に接触することよる、第２の転動部品の転動部の表面の疲労の進行を遅延することができる。なお、このロックウェル硬度は、ロックウェル硬度Ｃスケール（ＨＲＣ）である。

[0012] 上記の転動装置において好ましくは、第２の転動部品の転動部の表面のロックウェル硬度は、６１．５ＨＲＣ以上である。このため、第１の転動部品

の転動部の表面の微小な粗さ突起が第２の転動部品の転動部の表面に接触することよる、第２の転動部品の転動部の表面の疲労の進行をさらに遅延することができる。

[0013] また、上記の転動装置において好ましくは、第１の転動部品のロックウェル硬度は６０．０ＨＲＣである。このため、第１の転動部品の硬度低下による転動装置の転動疲労寿命低下を防止することができる。

[0014] 上記の転動装置は、第１の転動部品の転動部の表面には超仕上げ加工が施されておらず、その算術平均粗さが０．１５～０．７μｍ程度であり、粗さ曲線の二乗平均平方根傾斜が０．１５～０．３０程度になっており、一方で第２の転動部品の転動部の表面には超仕上げ加工が施されており、その算術平均粗さが０．１μｍ以下程度であり、粗さ曲線の二乗平均平方根傾斜が０．１０以下程度になっている条件で使用されてもよい。第１の転動部品の形状および寸法のために第１の転動部品の転動部の表面の算術平均粗さおよび二乗平均平方根傾斜を小さくできない場合等では上記の粗さの組み合わせ条件が成立する場合があり、第２の転動部品の転動部に表面損傷（特にピーリング）が発生しやすい。しかし、この場合でも上記の表面処理を適用することにより第１の転動部品の転動部の表面の微小な粗さ突起の傾斜を十分に小さくすることができる。このため、第２の転動部品の転動部の表面損傷（特にピーリング）による転動装置の寿命の低下を抑制することができる。また、上記の場合でも上記の硬度差の設置と第２の転動部品の硬度限定を適用することにより、第２の転動部品の転動部の表面の疲労の進行を抑制することができる。このため、第２の転動部品の転動部の表面損傷（特にピーリング）による転動装置の寿命の低下を抑制することができる。

[0015] 本発明の転がり軸受は、上記の転動装置により構成される。転がり軸受は、内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、外輪軌道面と内輪軌道面との間で転動する複数の転動体とを備えている。外輪および内輪は第１の転動部品からなり、転動体は第２の転動部品からなる。このため、外輪および内輪は第１の転動部品からなり、転動体は第２の

転動部品からなる転がり軸受を提供することができる。したがって、転がり軸受が外輪および内輪の各々と転動体との間の潤滑状態が悪いために油膜形成性が悪い条件で使用されても、外輪軌道面および内輪軌道面の微小な粗さ突起との接触による転動体の転動部の表面の損傷を抑制することができる。これにより、転がり軸受の長寿命を実現することができる。

[0016] 上記の転がり軸受においては、外輪および内輪の各々と転動体との間の潤滑における、油膜パラメータが１．２以下となる条件で使用されても、転動部の表面の微小な粗さ突起の傾斜を十分に小さくすることができ、転動部の表面の損傷を抑制することができる。これにより、効果的に、転がり軸受の長寿命を実現することができる。

発明の効果

[0017] 以上説明したように、本発明によれば、簡易な加工方法によって製造でき、かつ転動部の油膜形成性が悪い状態で使用されても表面損傷を抑制することによって長寿命を実現する転動装置および転がり軸受を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施の形態における深溝玉軸受の構成を示す概略断面図である。

[図2]図１のＰ部の構成を示す拡大図である。

[図3]実施例における二円筒試験機の構成を示す概略図である。

[図4]実施例における耐ピーリング性能評価試験後の標準品および実施例１の従動側試験片の転動部の表面を示す顕微鏡拡大写真である。

[図5]追加の実施例における耐ピーリング性能評価試験後の実施例２および実施例３の従動側試験片の転動部の表面を示す顕微鏡拡大写真である。

[図6]追加の実施例における耐ピーリング性能評価試験後の実施例４および実施例５の従動側試験片の転動部の表面を示す顕微鏡拡大写真である。

[図7]追加の実施例における耐ピーリング性能評価試験後の実施例６および実施例７の従動側試験片の転動部の表面を示す顕微鏡拡大写真である。

[図8]追加の実施例における耐ピーリング性能評価試験後の実施例８および実施例９の従動側試験片の転動部の表面を示す顕微鏡拡大写真である。

[図9]追加の実施例における耐ピーリング性能評価試験後の実施例１０の従動側試験片の転動部の表面を示す顕微鏡拡大写真である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の一実施の形態について図に基づいて説明する。

まず、本発明の一実施の形態の転動装置の一例としての転がり軸受の構成について説明する。また、本実施の形態では、転がり軸受の一例として深溝玉軸受について説明する。

[0020] 図１を参照して、本実施の形態の深溝玉軸受１は、環状の外輪１１と、外輪１１の内側に配置された環状の内輪１２と、外輪１１と内輪１２との間に配置され、円環状の保持器１４に保持された転動体としての複数の玉１３とを備えている。外輪１１は内周面に外輪軌道面１１Ａを有している。内輪１２は外周面に内輪軌道面１２Ａを有している。つまり、外輪１１の内周面には外輪軌道面１１Ａが形成されており、内輪１２の外周面には内輪軌道面１２Ａが形成されている。そして、外輪軌道面１１Ａと内輪軌道面１２Ａとが互いに対向するように、外輪１１と内輪１２とは配置されている。

[0021] さらに、複数の玉１３は外輪軌道面１１Ａと内輪軌道面１２Ａとの間で転動するように構成されている。複数の玉１３は、外輪軌道面１１Ａおよび内輪軌道面１２Ａに玉転動面１３Ａにおいて接触し、かつ保持器１４により周方向に所定のピッチで配置されることにより、円環状の軌道上に転動自在に保持されている。また、玉１３においては、その表面全体が玉転動面１３Ａである。以上の構成により、深溝玉軸受１の外輪１１および内輪１２は、互いに相対的に回転可能となっている。

[0022] 外輪１１および内輪１２に挟まれる空間、より具体的には外輪軌道面１１Ａおよび内輪軌道面１２Ａに挟まれる空間である軌道空間には、図示しないグリース組成物が封入されている。このグリース組成物により外輪１１および内輪１２の各々と玉１３との間に油膜が形成されている。

[0023] 図２を参照して、深溝玉軸受１を構成する転動部品としての外輪１１、内輪１２および玉１３について説明する。第１の転動部材としての外輪１１および内輪１２の各々に第２の転動部材としての玉１３は接触している。外輪１１、内輪１２および玉１３のいずれもＪＩＳ規格ＳＵＪ２からなっている。外輪１１、内輪１２および玉１３の各々は焼入れ処理された後に焼き戻し処理されている。外輪１１および内輪１２の各々の転動部の表面の算術平均粗さＲａは、玉１３の転動部の表面の算術平均粗さＲａよりも大きい。本実施の形態では、玉１３の転動部の表面は超仕上げ加工が施されており、外輪１１および内輪１２の各々の転動部の表面は超仕上げ加工が施されていなくてもよい。超仕上げ加工は、粒度の細かい砥石を低い圧力で工作物に押し付けながら振動を与えて工作面を仕上げる加工である。外輪１１および内輪１２の各々の転動部の表面は、研磨加工によって、算術平均粗さＲａが０．７μｍ以下に加工されているだけでもよい。

[0024] 外輪１１および内輪１２の各々のロックウェル硬度は、玉１３のロックウェル硬度よりも低い。外輪１１および内輪１２の各々のロックウェル硬度は、玉１３のロックウェル硬度よりも０．５以上低いことが好ましい。外輪１１および内輪１２の各々のロックウェル硬度は、ＨＲＣ６０以上であることが好ましい。また玉１３のロックウェル硬度は６１．５ＨＲＣ以上であることが好ましい。

[0025] 外輪１１および内輪１２の転動部の表面は焼き戻し処理された後に化成処理されている。外輪１１および内輪１２の転動部の表面に化成処理によって鉄の酸化物および化合物の少なくともいずれかの皮膜が形成されている。

[0026] 外輪１１の転動部は外輪軌道面１１Ａを含む領域であって、外輪１１の転動部の表面が外輪軌道面１１Ａを構成している。そして、外輪１１の転動部の表面に皮膜１１Ｂが形成されている。内輪１２の転動部は内輪軌道面１２Ａを含む領域であって、内輪１２の転動部の表面が内輪軌道面１２Ａを構成している。そして、内輪１２の転動部の表面に皮膜１２Ｂが形成されている。玉１３の転動部は玉転動面１３Ａを含む領域であって、玉１３の転動部の

表面が玉転動面１３Ａを構成している。

[0027] 外輪１１の転動部の表面に形成された皮膜１１Ｂおよび内輪１２の転動部の表面に形成された皮膜１２Ｂの各々は、四三酸化鉄を含んでいることが好ましい。つまり、外輪１１の転動部の表面に形成された皮膜１１Ｂおよび内輪１２の転動部の表面に形成された皮膜１２Ｂの各々は黒染加工により形成されていることが好ましい。また、外輪１１および内輪１２の各々と玉１３との間の潤滑における、油膜パラメータが１．２以下であってもよい。油圧パラメータΛは、油膜厚さと表面粗さとの比である。

[0028] 次に、本実施の形態の作用効果について説明する。

本実施の形態の深溝玉軸受１によれば、外輪１１および内輪１２の各々の転動部の表面は、玉１３の転動部の表面よりも、算術平均粗さが大きく、ロックウェル硬度が低い。さらに、外輪１１および内輪１２の各々の転動部の表面に化成処理によって鉄の酸化物および化合物の少なくともいずれかを含む皮膜１１Ｂ，１２Ｂが形成されている。このため、深溝玉軸受１の運転開始から短時間経過後において、外輪１１および内輪１２の各々の転動部の表面の微小な粗さ突起が玉１３の転動部の表面に接触することにより、外輪１１および内輪１２の各々の転動部の表面の微小な粗さ突起の傾斜を小さくすることができる。これにより、外輪１１および内輪１２の転動部の表面の微小な粗さ突起と、この粗さ突起に接触する玉１３の転動部の表面との局所面圧が低下するため、この粗さ突起との接触による玉１３の転動部の表面の損傷を抑制することができる。したがって、玉１３の転動部の表面の損傷による深溝玉軸受１の寿命の低下を抑制することができる。よって、深溝玉軸受１の長寿命を実現することができる。また、外輪１１および内輪１２の各々の転動部のロックウェル硬度を玉１３の転動部のロックウェル硬度より低くすることによって、玉１３の転動部の表面の疲労の進行を抑制することができる。これらの作用により、外輪１１および内輪１２の転動部の表面の微小な粗さ突起と、この粗さ突起に接触する玉１３の転動部の表面との局所面圧が低下し、かつ玉１３の疲労強度が向上するため、この粗さ突起との接触に

よる玉１３の転動部の表面の損傷を抑制することができる。したがって、玉１３の転動部の表面の損傷による深溝玉軸受１の寿命の低下を抑制することができる。よって、深溝玉軸受１の長寿命を実現することができる。

[0029] また、本実施の形態の深溝玉軸受１によれば、皮膜は、四三酸化鉄を含んでいる。このため、外輪１１および内輪１２の転動部の表面の微小な粗さ突起を脆くすることができる。したがって、外輪１１および内輪１２の各々の転動部の表面の微小な粗さ突起が玉１３の転動部の表面に接触することにより、玉１３の転動部の表面の微小な粗さ突起の傾斜を小さくすることが容易である。

[0030] また、本実施の形態の深溝玉軸受１によれば、外輪１１および内輪１２の転動部の表面のロックウェル硬度は、玉１３の転動部の表面のロックウェル硬度よりも０．５以上低い。このため、第１の転動部品の転動部の表面の微小な粗さ突起が第２の転動部品の転動部の表面に接触することよる、第２の転動部品の転動部の表面の疲労の進行を遅延することができる。

[0031] また、本実施の形態の深溝玉軸受１によれば、玉１３の転動部の表面のロックウェル硬度は、６１．５ＨＲＣ以上である。このため、外輪１１および内輪１２の転動部の表面の微小な粗さ突起が玉１３の転動部の表面に接触することよる、玉１３の転動部の表面の疲労の進行を遅延することができる。

[0032] この外輪１１および内輪１２と玉１３との硬度差および玉１３の硬さの限定によって外輪１１および内輪１２の転動部の表面の微小な粗さ突起との繰り返し接触によっておこる、玉１３の転動部の表面の疲労の進行を抑制することができる。加えて外輪１１および内輪１２の転動部の表面はＨＲＣ６０以上である。また、外輪１１および内輪１２そして玉１３の平均硬度はＨＲＣで６０以上を保持できるため、転がり軸受の硬度低下による転動疲労寿命の低下を抑える事ができる。なお、転がり軸受の常識として軸受硬度がＨＲＣ６０以下となると、転動疲労寿命が低下することが知られている。

[0033] また、本実施の形態の深溝玉軸受１によれば、外輪１１および内輪１２の転動部の表面には超仕上げ加工が施されておらず、その算術平均粗さが０．

１５～０．７μｍ程度であり、粗さ曲線の二乗平均平方根傾斜が０．１５～０．３０程度になっており、一方で玉１３の転動部の表面には超仕上げ加工が施されており、その算術平均粗さが０．１μｍ以下程度であり、粗さ曲線の二乗平均平方根傾斜が０．１０以下程度になっている条件で使用されてもよい。外輪１１および内輪１２の形状および寸法のために外輪１１および内輪１２の転動部の表面の算術平均粗さおよび二乗平均平方根傾斜を小さくできない場合等では上記の粗さの組み合わせ条件が成立する場合があり、玉１３の転動部に表面損傷（特にピーリング）が発生しやすい。しかし、この場合でも上記の硬度差および表面処理を適用することにより外輪１１および内輪１２の転動部の表面の微小な粗さ突起の傾斜を十分に小さくすることができる。このため、玉１３の転動部の表面損傷（特にピーリング）による深溝玉軸受１の寿命の低下を抑制することができる。さらに、玉１３の転動部の表面の転動疲労強度を向上することができる。

[0034] また、本実施の形態の深溝玉軸受１によれば、深溝玉軸受１が外輪１１および内輪１２の各々と玉１３との間の潤滑状態が悪いために油膜形成性が悪い条件で使用されても、外輪軌道面１１Ａおよび内輪軌道面１２Ａの微小な粗さ突起との接触による玉１３の転動部の表面の損傷を抑制することができる。これにより、深溝玉軸受１の長寿命を実現することができる。

[0035] また、本実施の形態の深溝玉軸受１によれば、外輪１１および内輪１２の各々と玉１３との間の潤滑における、油膜パラメータが１．２以下となる条件で使用されても、転動部の表面の微小な粗さ突起の傾斜を十分に小さくすることができ、転動部の表面の損傷を抑制することができる。これにより、効果的に、深溝玉軸受１の長寿命を実現することができる。

実施例

[0036] 以下、本発明の実施例について説明する。

図３に示す二円筒試験機を用いて材質の組み合わせが異なる２種類の試験片（以下、標準品、実施例１と示す。標準品は比較例であり、実施例１は本発明の実施例である。）で耐ピーリング性能評価試験を行った。駆動側（以

下、Ｄ側と示す）試験片（Ｄ側円筒）および従動側（以下、Ｆ側と示す）試験片（Ｆ側円筒）の試験片形状および転動試験の条件を表１に示す。

[0037] [表1]

D側試験片 （D側円筒）	外径：φ40 mm、内径：φ20 mm、幅：12 mm、 軸方向副曲率 R：60 mm
D側円筒の軸方向表面粗さ	Ra：0.65 μm、RΔq：0.27
F側試験片 （F側円筒）	外径：φ40 mm、内径：φ20 mm、幅：12 mm 軸方向副曲率 R：0 mm
F側円筒の軸方向表面粗さ	Ra：0.02 μm、RΔq：0.013
潤滑油	無添加ポリ-α-オレフィン油（VG5相当）
試験時間	4h
試験条件	回転数：2000 rpm、荷重：230 kgf

[0038] Ｄ側試験片およびＦ側試験片を準備した。Ｄ側試験片は、外径（直径）４０ｍｍ、内径（直径）２０ｍｍ、幅１２ｍｍ、軸方向副曲率半径６０ｍｍの円筒形状を有している。Ｄ側試験片の軸方向表面粗さは、研磨加工を施して、算術平均粗さＲａを約０．６５μｍにし、二乗平均平方根傾斜ＲΔｑを約０．２７にした。一方、Ｆ側試験片は、外径（直径）４０ｍｍ、内径（直径）２０ｍｍ、幅１２ｍｍ、軸方向副曲率半径０ｍｍの円筒形状を有している。Ｆ側試験片の転動部の軸方向表面粗さは、超仕上げ加工を施して、算術平均粗さＲａを約０．０２μｍ、二乗平均平方根傾斜ＲΔｑを約０．０１３にした。転動試験の条件は、表１に示すように、Ｆ側試験片の転動部にピーリング（微小なはく離）が発生しやすい条件にした。

[0039] Ｄ側試験片を駆動側（Ｄ側）回転軸に軸回りに回転可能に固定し、Ｆ側試験片を従動側（Ｄ側）回転軸に軸回りに回転可能に固定した。この状態でＤ側試験片およびＦ側試験片の互いの外周面を接触させた。Ｆ側試験片をＤ側試験片に近づける方向にＦ側試験片に荷重をかけながらＤ側回転軸をモータにより回転させた。これにより、Ｆ側試験片およびＤ側試験片を互いに逆方向に回転させた。このとき、潤滑油が含浸された給油用フェルトパッドから潤滑油をＤ側試験片およびＦ側試験片の外周面に供給した。この潤滑油には

無添加ポリ－α－オレフィン油（ＶＧ５相当）を用いた。試験時間は４時間とした。また、試験条件として、Ｄ側回転軸の回転数は２０００ｒｐｍとした。さらに、Ｆ側試験片にかける荷重は２３０ｋｇｆとした。

[0040] 次に、２種類の試験片の材質の作成条件を表２に示す。

[0041] [表2]

試験片	標準品	実施例1
鋼材	SUJ 2	
D 側焼入れ方法	850℃で 1h 均熱後 80℃の油中で冷却	
D 側焼戻し温度	180℃	200℃
D 側焼戻し時間	2h	10h
F 側焼入れ方法	850℃で 1h 均熱後 80℃の油中で冷却	
F 側焼戻し温度	180℃	200℃
F 側焼戻し時間	2h	1h
四三酸化鉄皮膜処理	なし	D 側に処理
D 側幅面ロックウェル硬さ	62.2	60.7
F 側幅面ロックウェル硬さ	62.2	61.5

[0042] まず標準品（比較例）について説明する。標準品（比較例）の鋼材はＪＩＳ規格ＳＵＪ２とした。Ｄ側焼入れ方法については、標準品（比較例）を８５０℃で１時間均熱後８０℃の油中で冷却した。Ｄ側焼戻し温度は１８０℃とした。Ｄ側焼戻し時間は２時間とした。Ｆ側焼入れ方法、Ｆ側焼戻し温度およびＦ側焼戻し時間は、Ｄ側焼入れ方法、Ｄ側焼戻し温度およびＤ側焼戻し時間とそれぞれ同じにした。標準品（比較例）には四三酸化鉄皮膜処理は行わなかった。Ｄ側幅面ロックウェル硬さ（ロックウェル硬度Ｃスケール）およびＦ側幅面ロックウェル硬さ（ロックウェル硬度Ｃスケール（ＨＲＣ））はともに６２．２となった。

[0043] 続いて、実施例１について説明する。実施例１の鋼材は、標準品（比較例）と同じであり、ＪＩＳ規格ＳＵＪ２とした。Ｄ側焼入れ方法については、標準品（比較例）と同じく、実施例１を８５０℃で１時間均熱後８０℃の油中で冷却した。Ｄ側焼戻し温度は２００℃とした。Ｄ側焼戻し時間は１０時間とした。Ｆ側焼入れ方法およびＦ側戻し温度は、Ｄ側焼入れ方法およびＤ

側焼戻し温度とそれぞれ同じにした。Ｆ側焼戻し時間は、Ｄ側焼戻し時間と異なり、１時間とした。実施例１の四三酸化鉄皮膜処理は、Ｄ側試験片にのみ行った。Ｄ側試験片の焼入れ焼戻後、研磨加工を施し試験片形状を整えた後に、１４００±５℃に加熱した水酸化ナトリウム（ＮａＯＨ）を主成分とするアルカリ水溶液中に処理物を３０分浸漬させて皮膜処理した。皮膜処理前後で表面粗さの変化は無かった。Ｄ側幅面ロックウェル硬さ（ロックウェル硬度Ｃスケール）は６０．７となった。Ｆ側幅面ロックウェル硬さ（ロックウェル硬度Ｃスケール（ＨＲＣ））は６１．５となった。

[0044] 試験後のＦ側試験片の転動部の顕微鏡写真を図４に示す。標準品（比較例）には多くのピーリングが発生したが、実施例１にはピーリングが発生しなかった。また、試験後のＤ側試験片の転動部の軸方向粗さの測定結果を表３に示す。標準品（比較例）と比較して、実施例１の方が粗さ突起の傾斜を表す二乗平均平方根傾斜ＲΔｑの値が低くなった。これらの結果から、転動部の表面粗さが大きいＤ側試験片を低硬度にして四三酸化鉄皮膜処理を行い、Ｆ側試験片を高硬度とする材質の組み合わせを適用することで転動部の粗さ突起の傾斜が小さくなり、ピーリングを抑制できることがわかった。

[0045] [表3]

	標準品	実施例1
Ra	0.55	0.52
R∠q	0.18	0.13

[0046] 以下、本発明の追加の実施例について説明する。

図３に示す二円筒試験機を用いて硬度の組み合わせが異なる９種類の試験片（以後、実施例２～１０と示す）で耐ピーリング性能評価試験を行った。実施例２、５、６、８、９、１０は比較例であり、実施例３、４、７は本発明の実施例である。Ｄ側試験片およびＦ側試験片の試験片形状および転動試験の条件を表４に示す。９種類の試験片の硬度の組合せを表５に示す。

[0047]

[表4]

D側試験片 (D側円筒)	外径:φ40mm、内径:φ20mm、幅:12mm、 軸方向副曲率R:60mm
D側円筒の軸方向表面粗さ	Ra:0.65μm、R⊿q:0.27
F側試験片 (F側円筒)	外径:φ40mm、内径:φ20mm、幅:12mm、 軸方向副曲率R:なし
F側円筒の軸方向表面粗さ	Ra:0.02μm、R⊿q:0.013
潤滑油	無添加ポリ-α-オレフィン油(VG5相当)
回転数	2000rpm
荷重	230kgf
試験時間	5min
負荷回数	1万回

[0048] D側試験片およびF側試験片を準備した。D側試験片は、外径（直径）４０ｍｍ、内径（直径）２０ｍｍ、幅１２ｍｍ、軸方向副曲率半径６０ｍｍの円筒形状を有している。D側試験片の軸方向表面粗さは、研磨加工を施して、算術平均粗さＲａを約０．６５μｍにし、二乗平均平方根傾斜ＲΔｑを約０．２７にした。一方、F側試験片は、外径（直径）４０ｍｍ、内径（直径）２０ｍｍ、幅１２ｍｍ、軸方向副曲率半径を持たない円筒形状を有している。F側試験片の転動部の軸方向表面粗さは、超仕上げ加工を施して、算術平均粗さＲａを約０．０２μｍ、二乗平均平方根傾斜ＲΔｑを約０．０１３にした。転動試験の条件は、表１に示すように、F側試験片の転動部にピーリング（微小なはく離）が発生しやすい条件にした。

[0049] D側試験片を駆動側（D側）回転軸に軸回りに回転可能に固定し、F側試験片を従動側（D側）回転軸に軸回りに回転可能に固定した。この状態でD側試験片およびF側試験片の互いの外周面を接触させた。F側試験片をD側試験片に近づける方向にF側試験片に荷重をかけながらD側回転軸をモータにより回転させた。これにより、F側試験片およびD側試験片を互いに逆方向に回転させた。このとき、潤滑油が含浸された給油用フェルトパッドから潤滑油をD側試験片およびF側試験片の外周面に供給した。この潤滑油には無添加ポリ－α－オレフィン油（ＶＧ５相当）を用いた。試験時間は５分と

した。また、試験条件として、Ｄ側回転軸の回転数は２０００ｒｐｍとした。さらに、Ｆ側試験片にかける荷重は２３０ｋｇｆとした。

[0050] 次に、実施例２～１０の９種類の試験片の材質の作成条件を表５に示す。

[0051]

[表5]

試験片	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10
鋼材	SUJ2								
D 側および F 側焼入れ方法	850℃で 80min 均熱後 80℃の油中で冷却								
D 側焼戻し温度	250℃			230℃			200℃		
D 側焼戻し時間	7.5h			7.5h			3h		
F 側焼戻し温度	250℃	230℃	200℃	250℃	230℃	200℃	250℃	230℃	200℃
F 側焼戻し時間	7.5h	7.5h	3h	7.5h	7.5h	3h	7.5h	7.5h	3h
D 側幅面ロックウェル硬さ	59.7	59.6	59.5	60.7	60.5	60.5	61.6	61.5	61.4
F 側幅面ロックウェル硬さ	59.7	60.5	61.5	59.7	60.5	61.5	59.7	60.4	61.4
硬度差 (F 側幅面硬度−D 側幅面硬度)	0	0.9	2	−1	0	1	−1.9	−1.1	0

[0052] 実施例２～１０の鋼材は全てＪＩＳ規格ＳＵＪ２とした。Ｄ側およびＦ側

の焼入れ方法は、実施例２～１０の全てにおいて８５０℃で８０分均熱後８０℃の油中で冷却した。Ｄ側焼戻し温度は、実施例２～４では２５０℃、実施例５～７では２３０℃、実施例８～１０では２００℃とした。Ｄ側焼戻し時間は、実施例２～７では７．５時間、実施例８～１０では３時間とした。また、Ｆ側焼戻し温度は、実施例２、５、８では２５０℃、実施例３、６、９では２３０℃、実施例４、７、１０では２００℃とした。Ｆ側焼戻し時間は、実施例２、３、５、６、８、９では７．５時間、実施例４、７、１０では３時間とした。これらの焼戻し条件によって、Ｄ側およびＦ側円筒のそれぞれの幅面ロックウェル硬さを約５９．５ＨＲＣ、６０．５ＨＲＣ、６１．５ＨＲＣの3種類の硬さに制御した。実施例２～１０は全てＤ側とＦ側の硬度の組合せが異なっている。

[0053] 試験後の実施例２～１０のＦ側試験片の転動部の顕微鏡写真を図５～図９に示す。また、表６には、各実施例の試験後のＦ側試験片の転動部の顕微鏡写真におけるき裂発生部の面積率を示した。面積率の計算は、全ての実施例について市販の画像処理ソフトを用いて図５～図９の写真をモノクロ画像化し、画像に２値化処理を施すことでき裂発生部のみを塗りつぶし、その面積率を算出した。図５～図９および表６よりＤ側硬度がＦ側硬度よりも相対的に軟らかい、つまり硬度差が正の値であった実施例３、４、７について、その他の実施例と比較して明らかにピーリングの初期段階であるき裂の発生数（面積）が少なかった。Ｆ側硬度が６１．５ＨＲＣである実施例４、７は、これよりもＦ側硬度が低い実施例３と比較するとき裂の数（面積）が少なかった。これらの結果から、転動部の表面粗さが大きいＤ側試験片をＦ側試験片よりも相対的に低硬度にすることでF側試験片表面の疲労進行を抑制し、ピーリングを抑制できることがわかった。また、上記の硬度差に加え、Ｆ側試験片の硬度を６１．５ＨＲＣ以上にすることで上記の疲労進行の抑制効果はさらに助長されることがわかった。

[0054]

[表6]

試験片	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10
き裂発生部の面積率	5.547	0.513	0.222	5.448	4.016	0.197	20.12	19.58	1.189

[0055] 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることを意図される。

符号の説明

[0056] １ 深溝玉軸受、１１ 外輪、１１Ａ 外輪軌道面、１１Ｂ，１２Ｂ 皮膜、１２ 内輪、１２Ａ 内輪軌道面、１３ 玉、１３Ａ 玉転動面、１４ 保持器。

請求の範囲

[請求項1] ＪＩＳ規格ＳＵＪ２からなる第１の転動部品と、

前記第１の転動部品に接触し、かつＪＩＳ規格ＳＵＪ２からなる第２の転動部品とを備え、

前記第１および第２の転動部品の各々は焼入れ処理された後に焼き戻し処理されており、

前記第１の転動部品の転動部の表面の算術平均粗さは、前記第２の転動部品の転動部の表面の算術平均粗さよりも大きく、

前記第１の転動部品の転動部の表面のロックウェル硬度は、前記第２の転動部品の転動部の表面のロックウェル硬度よりも低く、

前記第１の転動部品の転動部の表面は前記焼き戻し処理された後に化成処理されており、前記第１の転動部品の転動部の表面に前記化成処理によって鉄の酸化物および化合物の少なくともいずれかを含む皮膜が形成されている、転動装置。

[請求項2] 前記皮膜は、四三酸化鉄を含む、請求項１に記載の転動装置。

[請求項3] 前記第１の転動部品の転動部の表面のロックウェル硬度は、前記第２の転動部品の転動部の表面のロックウェル硬度よりも０．５以上低い、請求項１または２に記載の転動装置。

[請求項4] 前記第２の転動部品の転動部の表面のロックウェル硬度は、６１．５ＨＲＣ以上であり、前記第１の転動部品の転動部の表面のロックウェル硬度は、６０．０ＨＲＣ以上である、請求項１～３のいずれか１項に記載の転動装置。

[請求項5] 前記第２の転動部品の転動部の表面は超仕上げ加工が施されており、

前記第１の転動部品の転動部の表面は超仕上げ加工が施されていない、請求項１～４のいずれか１項に記載の転動装置。

[請求項6] 請求項１～５のいずれか１項に記載の転動装置により構成される、転がり軸受であって、

内周面に外輪軌道面を有する外輪と、

外周面に内輪軌道面を有する内輪と、

前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間で転動する複数の転動体とを備え、

前記外輪および前記内輪は前記第１の転動部品からなり、前記転動体は前記第２の転動部品からなる、転がり軸受。

[請求項7] 請求項１～５のいずれか１項に記載の転動装置により構成される、転がり軸受であって、

内周面に外輪軌道面を有する外輪と、

外周面に内輪軌道面を有する内輪と、

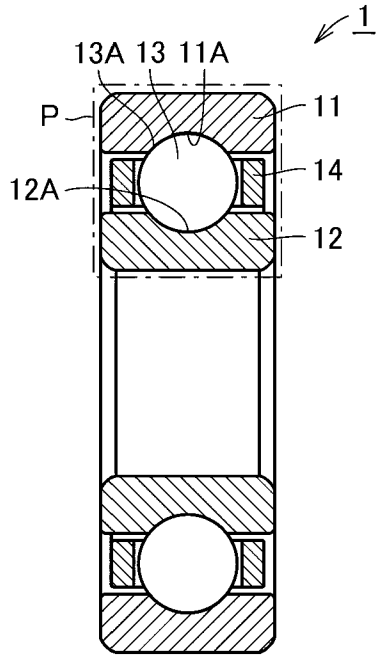
前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間で転動する複数の転動体とを備え、

前記外輪および前記内輪は前記第２の転動部品からなり、前記転動体は前記第１の転動部品からなる、転がり軸受。

[請求項8] 前記外輪および前記内輪の各々と前記転動体との間の潤滑における、油膜パラメータが１．２以下である、請求項６または７に記載の転がり軸受。

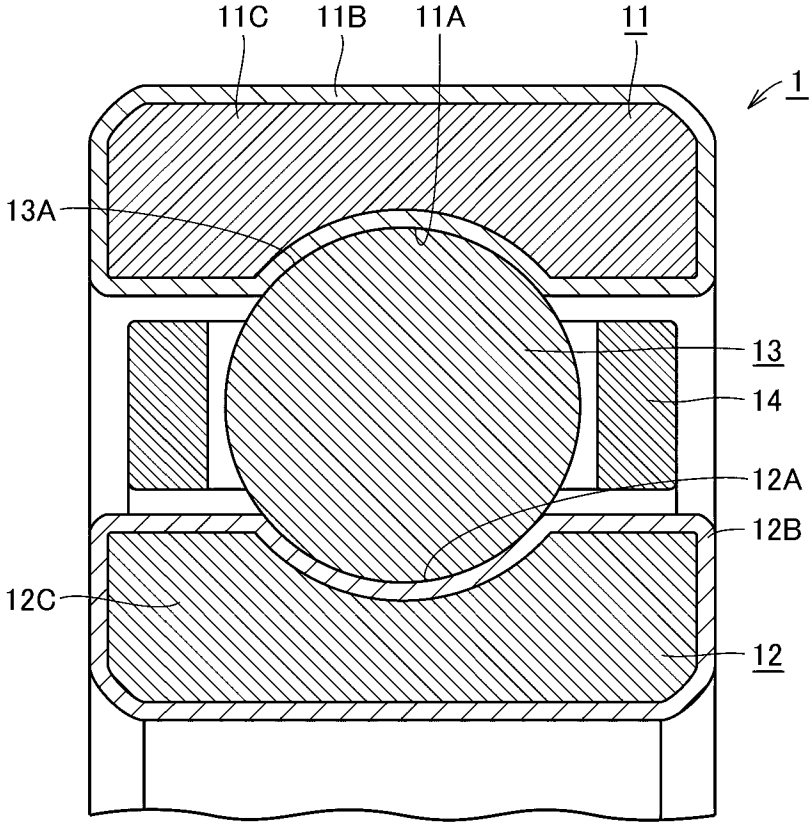
[図1]

FIG.1



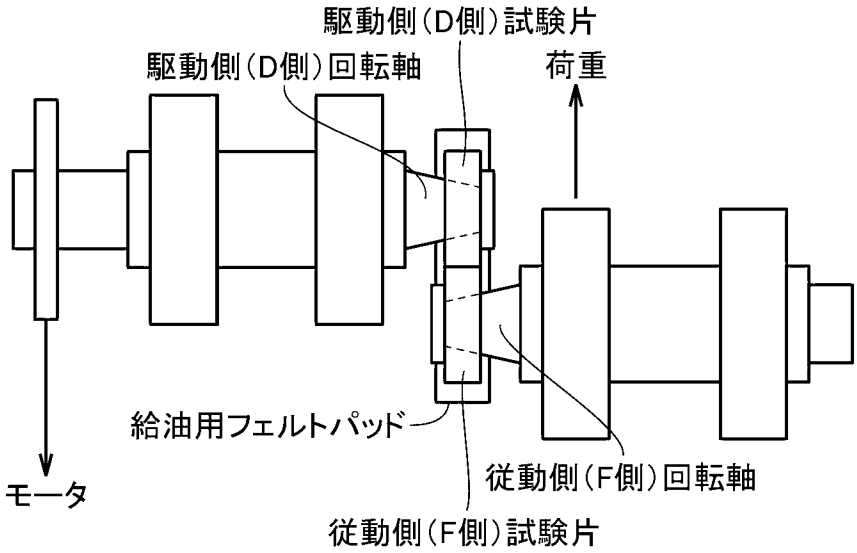
[図2]

FIG.2



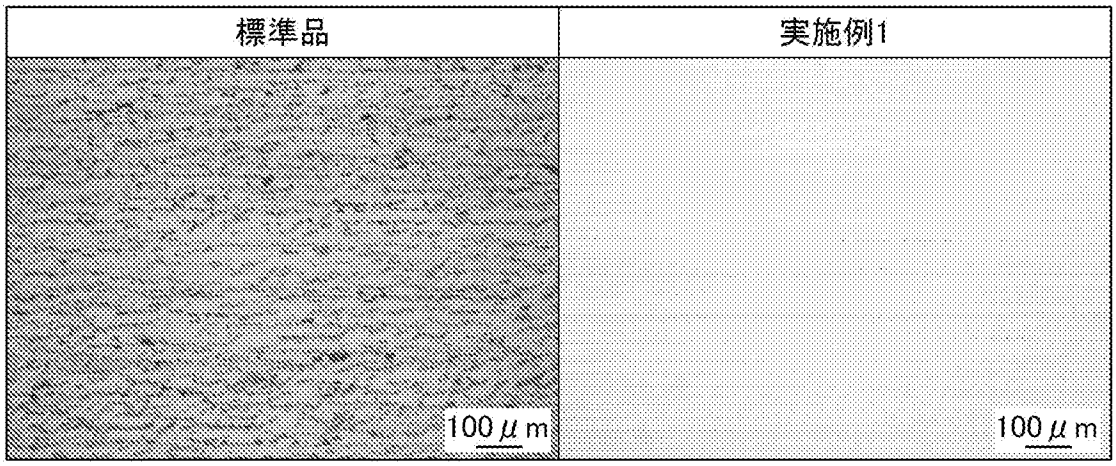
[図3]

FIG.3



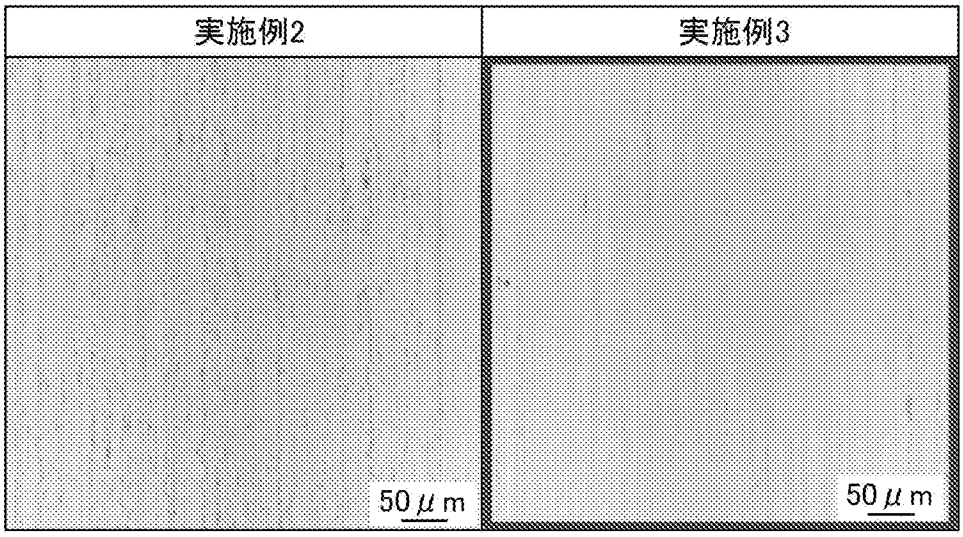
[図4]

FIG.4



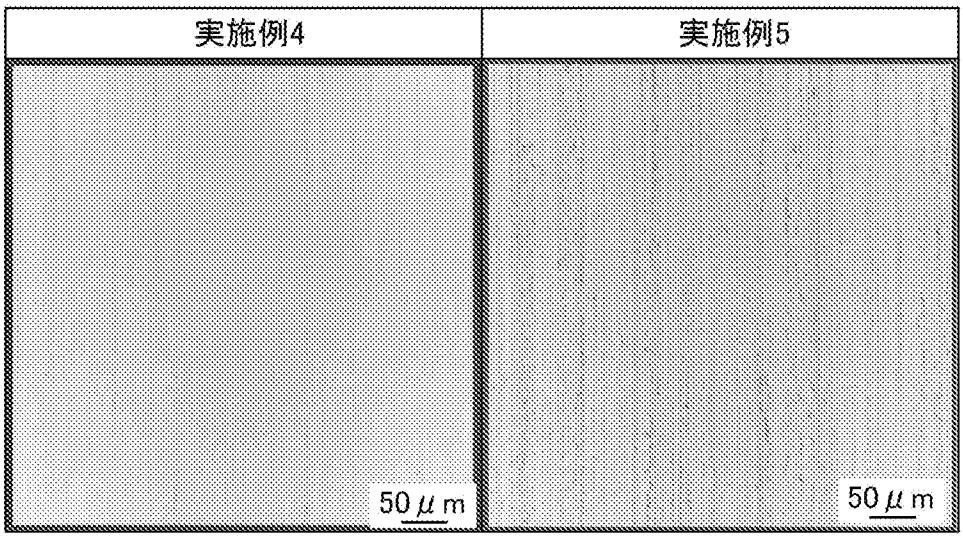
[図5]

FIG.5



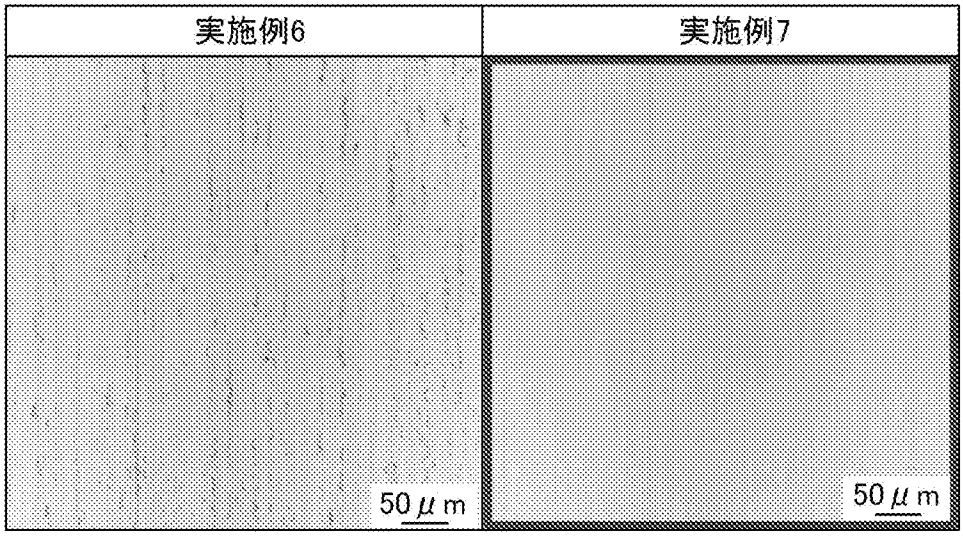
[図6]

FIG.6



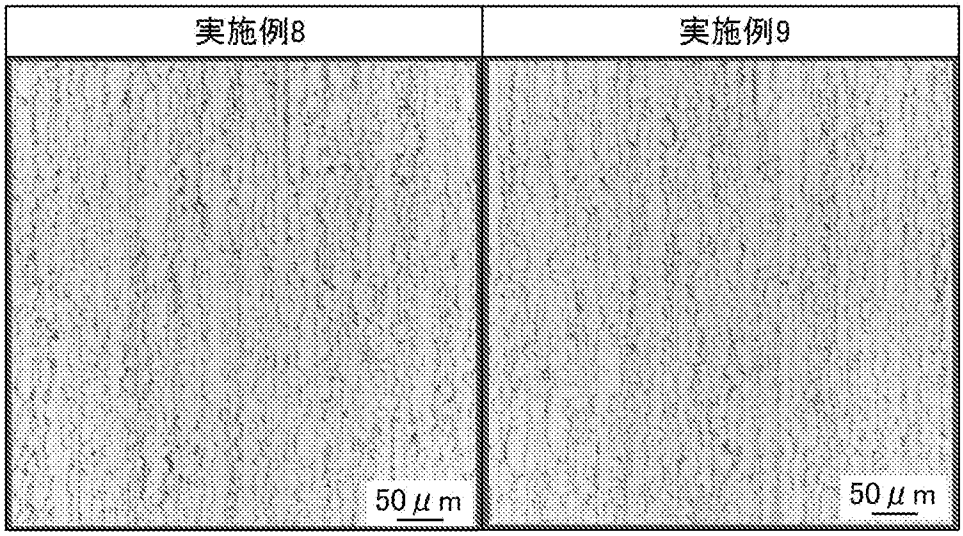
[図7]

FIG.7



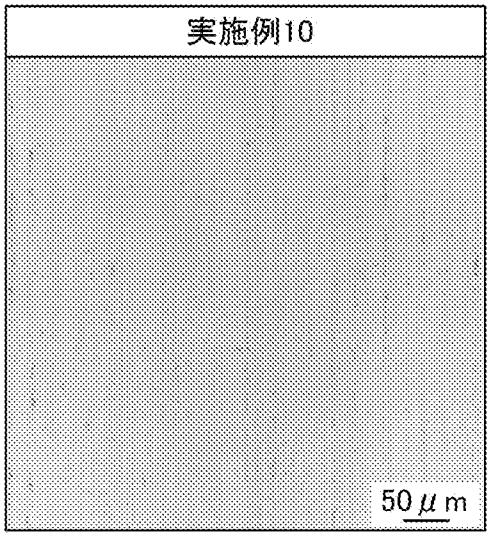
[図8]

FIG.8



[図9]

FIG.9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/060487

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F16C33/58(2006.01)i, *F16C33/32*(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)
F16C33/58, F16C33/32, F16C33/64

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 Y	JP 2002-070873 A (NSK Ltd.), 08 March 2002 (08.03.2002), paragraphs [0006], [0010], [0012] to [0023], [0029]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-4 5-8
Y	JP 2013-056366 A (NSK Ltd.), 28 March 2013 (28.03.2013), paragraphs [0008] to [0043]; fig. 1 to 8 (Family: none)	5,6,8
Y	JP 2003-176826 A (NSK Ltd.), 27 June 2003 (27.06.2003), paragraph [0014] (Family: none)	7,8

☒ 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	Date of mailing of the international search report
14 June 2016 (14.06.16)	21 June 2016 (21.06.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/060487

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 02-190615 A (NTN Corp.), 26 July 1990 (26.07.1990), page 4, upper left column, lines 11 to 19 & US 5150974 A column 5, lines 4 to 13 & WO 1990/008264 A1 & EP 407606 A1	8
A	JP 2002-242942 A (NSK Ltd.), 28 August 2002 (28.08.2002), (Family: none)	1-8
A	JP 2010-209955 A (NSK Ltd.), 24 September 2010 (24.09.2010), (Family: none)	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０６０４８７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F16C33/58(2006.01)i, F16C33/32(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.　F16C33/58, F16C33/32, F16C 33/64

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	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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 Y	JP 2002-070873 A（日本精工株式会社）2002.03.08, 段落[0006],[0010],[0012]-[0023],[0029],図 1,2 （ファミリーなし）	1-4 5-8
Y	JP 2013-056366 A（日本精工株式会社）2013.03.28, 段落[0008]-[0043],図 1-8（ファミリーなし）	5,6,8
Y	JP 2003-176826 A（日本精工株式会社）2003.06.27, 段落[0014]（ファミリーなし）	7,8

☑　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	国際調査報告の発送日
１４．０６．２０１６	２１．０６．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｊ　３１１９
西藤　直人
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２８

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
Y	JP 02-190615 A（エヌテイエヌ株式会社）1990.07.26, 第4頁左上欄第11-19行 & US 5150974 A,第5欄第4-13行, & WO 1990/008264 A1 & EP 407606 A1	8
A	JP 2002-242942 A（日本精工株式会社）2002.08.28, (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2010-209955 A（日本精工株式会社）2010.09.24, (ファミリーなし)	1-8