

(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
2017年8月31日(31.08.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/146047 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 19/06 (2006.01) *F16C 33/44* (2006.01)
F04D 7/02 (2006.01) *F16C 33/62* (2006.01)
F16C 33/32 (2006.01) *F04D 29/046* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/006378
- (22) 国際出願日: 2017年2月21日(21.02.2017)
- (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 2016-034422 2016年2月25日(25.02.2016) 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: 鈴木 康介(SUZUKI Kousuke); 〒5118678
三重県桑名市大字東方字尾弓田3066番地
N T N 株式会社内 Mie (JP).
- (74) 代理人: 鎌田 直也, 外(KAMADA Naoya et al.); 〒5420073
大阪府大阪市中央区日本橋1丁目18番12号 Osaka (JP).

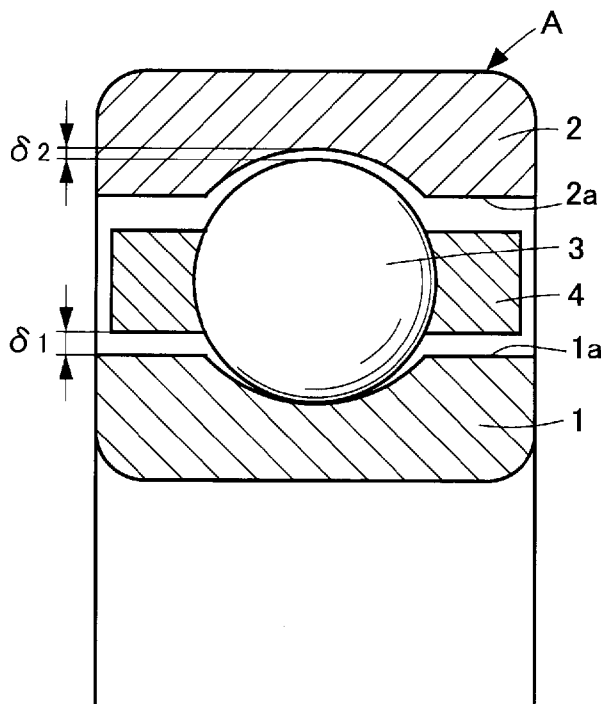
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, 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: ROLLER BEARING FOR EXTREMELY LOW-TEMPERATURE ENVIRONMENTS

(54) 発明の名称: 極低温環境用転がり軸受



(57) Abstract: A roller bearing for extremely low-temperature environments, the roller bearing being configured such that an inner race (1) and an outer race (2) comprise martensite-based stainless steel or high-speed tool steel, a rolling element (3) is made of a ceramic, a retainer (4) comprises a resin material, and the clearance ratio (C) at room temperature (20°C) is 2.5-4. The clearance ratio C is obtained by dividing the product of the rolling element diameter and the cage-riding clearance by the product of the inner-race outside diameter and the radial interior clearance. The cage-riding clearance is the width of the clearance between the inner-race outside-diameter surface and the retainer inside-diameter surface, and the radial interior clearance is the width of the clearance between the outer-race orbit surface and the rolling element surface. Changes in the dimensions of the radial interior clearance and the cage-riding clearance for supplying a solid lubricant through contact from the retainer at extremely low temperatures are suppressed, and failure of rotation is reliably prevented.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/146047 A1



内輪（１）および外輪（２）は、マルテンサイト系ステンレス鋼または高速度工具鋼であり、転動体（３）は、セラミックス製の転動体であり、保持器（４）は樹脂素材からなり、常温（２０℃）の隙間比率（Ｃ）が２．５～４である極低温環境用転がり軸受とする。ただし、隙間比率 $C = (\text{転動体径} \times \text{案内隙間}) / (\text{内輪外径} \times \text{ラジアル内部隙間})$ であり、式中の案内隙間＝内輪外径面と保持器内径面との隙間幅であり、ラジアル内部隙間＝外輪軌道面と転動体表面との隙間幅である。極低温下で固体潤滑剤を保持器からの接触で供給するための案内隙間やラジアル内部隙間についての寸法変化が抑制され、回転不良を確実に防止する。

明 細 書

発明の名称： 極低温環境用転がり軸受

技術分野

[0001] この発明は、液化天然ガスなどの極低温状態の液化ガスを移送するサブマージドポンプに用いられる軸受のように、極低温下で用いられる極低温環境用転がり軸受に関するものである。

背景技術

[0002] 一般に、常温の環境で用いられる転がり軸受は、内輪と外輪の間に転動体を回転自在に保持し、潤滑油等による液体潤滑が必要であるが、例えば -100°C 以下または -200°C 以下のような極低温の液化ガス等が存在する環境や、これらを取り扱う環境下で用いられる転がり軸受には、通常の潤滑油等による液体潤滑を期待できない。また、極低温環境用転がり軸受には、部品の収縮変形に伴う強度や耐久性の低下などが起こりやすいこともあり、そのような厳しい使用条件に耐える特性が必要である。

[0003] 因みに、極低温の液化ガスの代表例である液化天然ガス（LNG）は、メタンを主成分とし、常圧下では -161.5°C （約 -162°C ）以下でなければ液化しない物性である。LNGの他にも、例えば冷媒、熱媒体、充填用ガスなどに液化された状態で利用される液化ガスとして、窒素、ヘリウムなどがある。

[0004] このような液化ガスを極低温で液体の状態を維持して移送したり保管したりする場合、極低温下での専用ポンプを用いる必要があり、そのようなポンプの型式としてサブマージド型のポンプが知られている。

この型式のポンプは、モータを含むポンプ装置の全体を液化ガス中に浸漬して用いるので、本体を外気から密封するためのメカニカルシールを必要とせず、気化ガスの散逸によるロスの少ない点でも優れたものである。

[0005] このようなサブマージド型のポンプは、モータなども直接に液化ガスに触れる状態で用いられるので、モータ軸などを支持する転がり軸受についても

極低温下で潤滑性に乏しいLNGなどの液化ガスで潤滑されながら、耐久性がよく安定して良好な回転状態であることが求められる。

[0006] また、極低温環境の他の例としては、上記した液化ガスの存在する環境ばかりではなく、地表から遠く離れた成層圏以上の高高度の宇宙空間や、さらに離れた宇宙空間でも、環境温度は $-50 \sim -270^{\circ}\text{C}$ 程度になることから、そのような人工衛星や宇宙船で用いられる極低温環境用転がり軸受にも同様な特性が求められる。

[0007] このような極低温環境で用いられる転がり軸受の公知技術として、外輪および内輪がマルテンサイト系ステンレス鋼で形成され、かつ転動体がセラミックで形成され、保持器はフッ素樹脂で形成されたものが知られている（下記特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2014-20490号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかし、上記した極低温環境で用いられる転がり軸受は、内輪、外輪、転動体、及び保持器の素材を特定して、低温化による寸法変化を生じ難くしたものに過ぎず、転がり軸受を常温で組み立てるときの部品寸法まで、特定されたものではなかった。

すなわち、従来の極低温環境用の転がり軸受では、外輪、内輪、転動体、保持器を所定の素材からなる極低温での熱収縮の少ない材質を採用しても、ある程度は低温化による寸法変化を甘受せざるを得ない。

[0010] 例えば、極低温下での転がり軸受の樹脂素材からなる保持器の案内形式として、以下の(1)～(3)の対応がある。

(1)転動体案内：転動体と保持器ポケット間に予定される熱収縮に対応する隙間を空けて、適度の接触を図る。

(2)内輪案内：内輪外径と保持器内径間に予定される熱収縮に対応する隙間を空けて、適度の接触を図る。

(3)外輪案内：外輪内径と保持器外径間に予定される熱収縮に対応する隙間を空けて、適度の接触を図る。

[0011] これらの場合において、特に鋼材製の内外輪およびセラミックス製の転動体が採用されている場合には、鋼材やセラミックスよりも樹脂材の方が線膨張係数は大きいことから、極低温下において、(1)では、保持器の収縮が転動体の収縮より大きく、保持器は転動体の回転を妨げる可能性がある。また、(2)では、常温下での隙間の適切な設定が困難であり、理論的には保持器の外径が外輪内径より大きくする必要が生じて、設計は困難になってしまう。

[0012] また、上記(3)の対応を採用した場合には、常温での軸受組み立て時の各部品間の隙間をどのようにすれば、極低温下での軸受の回転不良を防止できるのか不明であり、多くの試行錯誤を伴う非容易性があった。

[0013] そこで、この発明の課題は上記した問題点を解決し、極低温下で使用される転がり軸受の回転不良を防止するため、常温での組み立て時の各部品間の隙間を所定範囲に設けることにより、特に固体潤滑剤を保持器からの接触で供給するための案内隙間や、ラジアル内部隙間について極低温下での転がり軸受部品の寸法変化による回転不良を確実に防止することである。

課題を解決するための手段

[0014] 上記の課題を解決するため、この発明では、マルテンサイト系ステンレス鋼または高速度工具鋼からなる内・外輪の内・外径面間に、複数の転動体を回転自在に保持する保持器を設けた転がり軸受において、前記転動体は、セラミックス製の転動体であり、前記保持器は樹脂素材からなり、以下の式で示される常温（20℃）の隙間比率Cが2.5～4であることを特徴とする極低温環境用転がり軸受としたのである。

[0015] 隙間比率C＝（転動体径×案内隙間）／（内輪外径×ラジアル内部隙間）

（上記の式中、案内隙間＝内輪外径面と保持器内径面との隙間幅であり、ラ

ジアル内部隙間＝外輪軌道面と転動体表面との隙間幅である。)

[0016] 上記したように構成されるこの発明の極低温環境用転がり軸受は、常温(20℃)で組み立てられる際に、内輪外径面と保持器内径面との隙間(mm)が、常温またはそれ以上の温度で使用される通常の用途の転がり軸受の同箇所の間隔として、技術常識を超える大きな隙間幅のものである。

[0017] すなわち、極低温環境用転がり軸受が、常温(20℃)で組み立てられた際には、内輪外径面と保持器内径面との案内隙間およびラジアル内部隙間は、常温(20℃)から極低温下(−196℃)まで冷却されるまでの温度差と、内・外輪と保持器のそれぞれの熱膨張率差を考慮して、上記した隙間比率Cが2.5～4に設けられる。

[0018] 樹脂製の保持器の主成分としては、ポリテトラフルオロエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、アクリロニトリルスチレン、アクリロニトリルブタジエンスチレンプラスチック、ポリ三フッ化塩化エチレン、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリアミド6、ポリアミド66、ポリスルホン、ポリフェニレンオキシド、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂などが用いられるが、極低温下(−196℃)の使用状態においては、特にポリテトラフルオロエチレン(PTFE)が好ましい。PTFE系樹脂製の保持器の場合、保持器の内径面と、マルテンサイト系ステンレス鋼または高速度工具鋼からなる所定鋼材製の内輪外径面とが、適当な頻度で接触し、保持器表面のPTFE系樹脂が内輪外径面に移着して良好な潤滑性が発揮される。

[0019] ここで、隙間比率Cは、単に各部品の材質の熱膨張率と温度だけで計算により求められるものではなく、使用中に軌道輪に係る荷重や、外輪の径方向への移動量、各部品の弾性変形量に関わり、これらの影響下に前記した式に従って、隙間比率Cを求め、軸受部品の寸法変化による回転不良を確実に防止でき良好な回転状態になる適切な数値を実験的に見つけだすことにより、特定することができたものである。

[0020] また、この発明の極低温環境用転がり軸受は、マルテンサイト系ステンレ

ス鋼または高速度工具鋼からなる内輪と外輪が、極低温下で寸法変化の起こり難い素材であり、使用時の摩耗も起こり難いものであり、良好な回転状態がより安定する。

[0021] また、内輪と外輪の回転時に摩擦接触する転動体は、樹脂成分が移着しやすいセラミックス製であるから、回転に伴って保持器から適当な頻度で移着する樹脂成分、特にポリテトラフルオロエチレン（PTFE）が極低温下でも安定して優れた固体潤滑性を発揮し、内輪と外輪が転動体に接触する度に、転動体が固体潤滑されて摩耗は抑制され、円滑に安定して回転する。

[0022] そのため、転がり軸受を長期間使用するときにも軌道面および転動体の摩耗が極めて少なくなり、特にLNGによって潤滑されかつ冷却されるという極低温環境下での内外輪と転動体が長期使用に耐えるようになり、耐摩耗性および潤滑性が低下せず耐久性に優れた極低温環境用転がり軸受となる。

[0023] 上記セラミックス製の転動体は、窒化ケイ素系のセラミックス製転動体であることが高硬度で耐摩耗性に優れているので、好ましい。

また、上記極低温環境用転がり軸受は、液化ガス用ポンプの転がり軸受に適用できる。液化ガス用ポンプである液化天然ガス用サブマージドポンプは、特にこの発明の転がり軸受の実用的利用価値を高める適用例である。

発明の効果

[0024] この発明は、セラミックス製転動体と、樹脂製保持器とを具備し、常温での所定の隙間比率 $C = (\text{転動体径} \times \text{案内隙間}) / (\text{内輪外径} \times \text{ラジアル内部隙間})$ の特定された極低温環境用転がり軸受としたので、極低温下で固体潤滑剤を保持器からの接触で供給するための案内隙間や、ラジアル内部隙間について寸法変化が抑制され、回転不良を確実に防止でき、また軌道面および転動体の摩耗が極めて少ないものとなり、特にLNG等の液化ガスによって潤滑されかつ冷却される極低温環境下や宇宙環境のような極低温環境下でも長期間の使用に耐えて経時的に耐摩耗性および潤滑性が低下せず、回転状態の安定した極低温環境用転がり軸受になる利点がある。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]実施形態を示す極低温環境用転がり軸受の要部断面図

[図2]実施形態の使用状態を説明し、液化天然ガス用サブマージドポンプの概略構成図

発明を実施するための形態

[0026] この発明の実施形態を以下に添付図面に基づいて説明する。

図1に示すように実施形態の転がり軸受は、後記所定の鋼材からなる内輪1の外径面1aと外輪2の内径面2aの間に、複数の転動体(玉)3を回転自在に保持する保持器4を設けた玉軸受Aであり、転動体3はセラミックス製であり、保持器4はポリテトラフルオロエチレンを主成分とする樹脂素材からなり、隙間比率 $C = (\text{転動体径} \times \text{案内隙間} \sigma_1) / (\text{内輪外径} \times \text{ラジアル内部隙間} \sigma_2)$ の式で示される所定の隙間比率 C が2.5～4である極低温環境用転がり軸受である。

ここで前記式中の案内隙間 σ_1 は常温(20℃)での内輪外径面1aと保持器4の内径面との隙間(mm)であり、ラジアル内部隙間 σ_2 は極低温下(-196℃)での外輪内径面2aと転動体3の表面との隙間(mm)である。

[0027] 上記した内輪1および外輪2は、マルテンサイト系ステンレス鋼または高速度工具鋼であり、これらは硬質で耐摩耗性に優れた鋼材である。マルテンサイト系ステンレス鋼の例としては、SUS403、SUS420、SUS440Cなどが挙げられる。また、高速度工具鋼としては、米国鉄鋼協会AISI規格の高速度鋼M50、日本工業規格のSKH4等が挙げられる。

[0028] なお、図示は省略したが、内輪1および外輪2の基材の表面側、少なくとも軌道面(または転走面とも別称される。)に、ビッカース硬度(Hv)1000～4000程度のダイヤモンドライクカーボンを主体とする硬質皮膜を、基材に対し表面へ向けて段階的または連続的に硬度を高めた中間層を介して設けることによって、より耐摩耗性を高めた実施形態とすることもできる。

[0029] この発明に用いる転動体3は、セラミックス製であり、セラミックスの種類は、特に限定されないが、窒化ケイ素系、ジルコニア系、炭化ケイ素系、

アルミナ系の各系のセラミックスを調製することができるが、例えば窒化ケイ素系セラミックス製の転動体は、特に硬質で耐摩耗性に優れているので好ましい。

[0030] この発明に用いる保持器4は、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリプロピレン、ポリスチレン、アクリロニトリルスチレン、アクリロニトリルブタジエンスチレンプラスチック、ポリ三フッ化塩化エチレン、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリアミド6、ポリアミド66、ポリスルホン、ポリフェニレンオキシド、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂などを主成分とする樹脂素材が用いられる。特に良好な潤滑性を考慮した場合、ポリテトラフルオロエチレン（例えばNTN社製：ベアリーFL3000等）からなるものを採用する。このような樹脂素材は、極低温でも転動体の表面に固体潤滑剤を移着させ、良好かつ安定した固体潤滑性を発揮させるからである。

[0031] 保持器4の形式(または形態)は、特に限定されるものではなく、周知の環状のものであり、例えば冠型タイプ、また円筒またはリング状の周方向にポケット穴を等間隔に形成した円環状タイプ、さらに環状の軸方向に二つ割り可能なものであって、これら分割された部品をピンで加締めて一体化可能なタイプであっても良い。

[0032] また、この発明においては、転がり軸受の種類(型式)は、ラジアル内部隙間を有するものであれば特に限定されるものではなく、例えば、深溝玉軸受または円筒ころ軸受の極低温環境用転がり軸受であっても良い。

[0033] そして、この発明の極低温環境用転がり軸受は、その具体的な用途を、液化ガス用ポンプ用の転がり軸受としたものでも良く、また人工衛星アンテナの支持や駆動装置に用いる転がり軸受であっても良い。

[0034] 転がり軸受の用途が液化ガス用ポンプである場合は、液化天然ガス（LNG）用サブマージドポンプであってもよいが、その場合には、転がり軸受が直接に極低温のLNGに接触するため、この発明の内外輪と転動体が長期間の使用に耐えて耐摩耗性および潤滑性の低下しない耐久性に優れた極低温環

境用転がり軸受となる効果が顕著に現れる。

[0035] 図2に示すように、液化天然ガス（LNG）用サブマージドポンプは、ポンプ全体を液中に浸漬することにより、ポット（圧力容器）8内で気密性を発揮するものであり、ポンプ軸9は、モータ軸10に同軸上に一体に連結された構造である。

[0036] ポット8は、LNGの吸込口11を外側に向けて開口しており、また外部配管（図示せず。）に通じる吐出口12を有している。ポット8内に装着されたモータ13は、外部電源によって回転するモータ軸10の上側と下側を、図1に示される実施形態の玉軸受Aで支持しており、このモータ軸10と一体に回転するポンプ軸9には、複数段の羽根車（インペラー）14が取り付けられている。

[0037] このポンプの図示した装置内の流路は、駆動したモータ13によるポンプ軸9と一体に回転する羽根車14によって、ポット8内に吸込口11から流入したLNGが、ポット8の内側面に沿って下向きに流れ、多段の羽根車14の最下段部分から吸い込まれて、羽根車14の周囲に配置された筒状内壁15の内側の配管16から吐出口12に流れるが、LNGの一部は筒状内壁15の内側の他の配管17からモータ13内を潤滑液として流れて、玉軸受Aを潤滑および冷却し、ポット8の内側面に沿って下向きの流れに合流して、再度、多段の羽根車14の先端部分から吸い込まれる。

[0038] このようにして使用される玉軸受Aは、転動体を樹脂製保持器で保持し、転動体は、セラミックス製の転動体であり、前記保持器はポリテトラフルオロエチレンを主成分とする樹脂素材からなり、以下の式で示される所定の隙間比率Cが2.5～4であるので、極低温下で固体潤滑剤を保持器からの接触で供給するための案内隙間や、ラジアル内部隙間について寸法変化が抑制され、回転不良を確実に防止できる。

これにより軌道面および転動体の摩耗が極めて少ないものとなり、特にLNG等の液化ガスによって潤滑されかつ冷却される極低温環境下や宇宙環境のような極低温環境下でも長期間の使用に耐えて経時的に耐摩耗性および潤

滑性の低下せず、回転状態の安定した極低温環境用転がり軸受になる。

[0039] なお、上記したように、この発明の実施形態として、極低温環境用転がり軸受を示したが、前記した式で示される隙間比率 C が $2.5 \sim 4$ となるように、所定内径の外輪を選択してラジアル内部隙間を調整することを特徴とする極低温環境用転がり軸受の軸受内部隙間の調整方法の発明とすることもできる。

実施例

[0040] [実施例 1 ～ 3]

マルテンサイト系ステンレス鋼 (SUS440C) の内輪と外輪を備え、窒化ケイ素系のセラミックス製の玉を転動体とし、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) を主成分とする NTN 精密樹脂株式会社製のベアリー FL 製の円環状の保持器を用いて、表 1 に示す型番の転がり軸受を組み立てた。

[0041] 表 1 中に NTN 社製の各種転がり (玉) 軸受の型番と、その内輪内径 ϕd (mm) と外輪外径 ϕD (mm) を示すと共に、常温 (20℃) での玉径 (mm) と案内隙間 σ_1 (mm) (=内輪外径面と保持器内径面との隙間幅) との積: C_1 を示し、また常温 (20℃) での内輪外径 (mm) とラジアル内部隙間 σ_2 (mm) (=外輪軌道面と転動体表面との隙間幅) との積: C_2 を示し、また隙間比率 $C = C_1 / C_2$ の値を表 1 中に示した。

また、実施例 1 ～ 3 の転がり軸受を極低温下 (−196℃) の環境下における玉径 (mm) と案内隙間 σ_1 (mm) (=内輪外径面と保持器内径面との隙間幅) とを調べ、それらの積 C_1 を表中に併記した。

[0042] [比較例 1 ～ 3]

上記各実施例と同じ型番の転がり (玉) 軸受と同じ素材からなる部品を組み立てて、表 1 に示す内輪内径 ϕd (mm) と外輪外径 ϕD (mm) の転がり軸受を製造し、常温 (20℃) 環境下において所定範囲 (2.5 ～ 4) の範囲外の隙間比率 $C = C_1 / C_2$ に設定し、これらの軸受についても実施例と同様に各寸法を調べ、常温 (20℃) での玉径 (mm) と案内隙間 σ_1 (mm) との積: C_1 、および常温 (20℃) での内輪外径 (mm) とラジアル内部隙間 σ_2 (mm) との積: C_2 を

表 1 中に示した。

また、比較例 1 ～ 3 の転がり軸受を極低温下(−196℃)の環境下において、玉径 (mm) と案内隙間 σ_1 (mm) (=内輪外径面と保持器内径面との隙間幅) とを調べ、それらの積 C_1 を表中に併記した。

[0043] [表1]

項 目	実 施 例 / 比 較 例 番 号					
	実 施 例			比 較 例		
	1	2	3	1	2	3
NTN社製軸受型番	6206	6308	6320	6206	6207	6211
内輪内径: ϕd (mm)	30	40	100	30	40	100
外輪外径: ϕD (mm)	62	90	215	62	90	215
C_1 (常温:20℃)=玉径(mm) × 案内隙間 σ_1 (mm)	6.2	12.5	49.3	3.9	4.9	83.3
(極低温:−196℃) 玉径(mm) × 案内隙間 σ_1 (mm)	3.8	7.5	21.9	1.5	−0.1	56.0
C_2 (常温:20℃)= 内輪外径(mm) × ラジアル内部隙間 σ_2 (mm)	1.9	3.5	18.5	1.9	3.5	18.5
$C=C_1/C_2$	3.2	3.6	2.7	2.0	1.4	4.5

[0044] 表 1 の結果からも明らかなように、隙間比率 $C=C_1/C_2$ の値が、2.5 未満の比較例 1、2 は、適正な案内隙間の 1/2 以下 (比較例 1) であり、また玉径 × 案内隙間の値がマイナスの値で圧接状態を示しており (比較例 2)、保持器は内輪に接触して回転不良または発熱する状態になった。また、隙間比率 C が 4.5 の比較例 3 は、保持器は転がり軸受内部で遊動し、いわゆるガタつきと振動を起こして回転不良の状態であった。

[0045] 一方、隙間比率 C が、2.7 ～ 3.6 の実施例 1 ～ 3 は、いずれも回転状態が円滑であり、極低温環境下でも長期間の使用に耐え、経時的に耐摩耗性および潤滑性が低下せずに安定した回転状態であった。

符号の説明

[0046] 1 内輪

1 a 内輪外径面

2 外輪

2 a 外輪内径面

3 転動体

4 保持器

8 ポット

9 ポンプ軸

10 モータ軸

11 吸込口

12 吐出口

13 モータ

14 羽根車

15 筒状内壁

16、17 配管

請求の範囲

[請求項1] マルテンサイト系ステンレス鋼または高速度工具鋼からなる内・外輪の内・外径面間に、複数の転動体を回転自在に保持する保持器を設けた転がり軸受において、

前記転動体は、セラミックス製の転動体であり、前記保持器は樹脂素材からなり、以下の式で示される20℃の隙間比率Cが2.5～4であることを特徴とする極低温環境用転がり軸受。

隙間比率C＝（転動体径×案内隙間）／（内輪外径×ラジアル内部隙間）

（上記式中、案内隙間＝内輪外径面と保持器内径面との隙間幅であり、ラジアル内部隙間＝外輪軌道面と転動体表面との隙間幅である。）

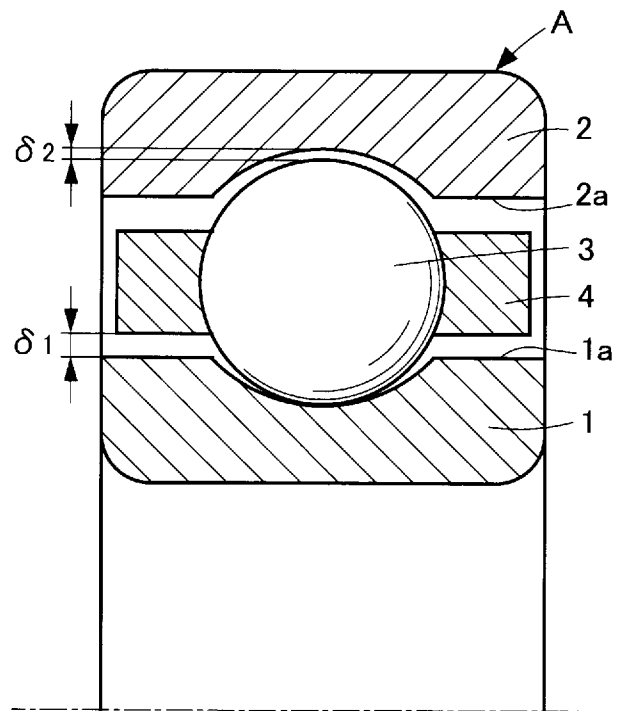
[請求項2] 上記転動体が、窒化ケイ素系のセラミックス製転動体である請求項1に記載の極低温環境用転がり軸受。

[請求項3] 上記保持器が、ポリテトラフルオロエチレンを主成分とする樹脂素材からなる樹脂製保持器である請求項1または2に記載の極低温環境用転がり軸受。

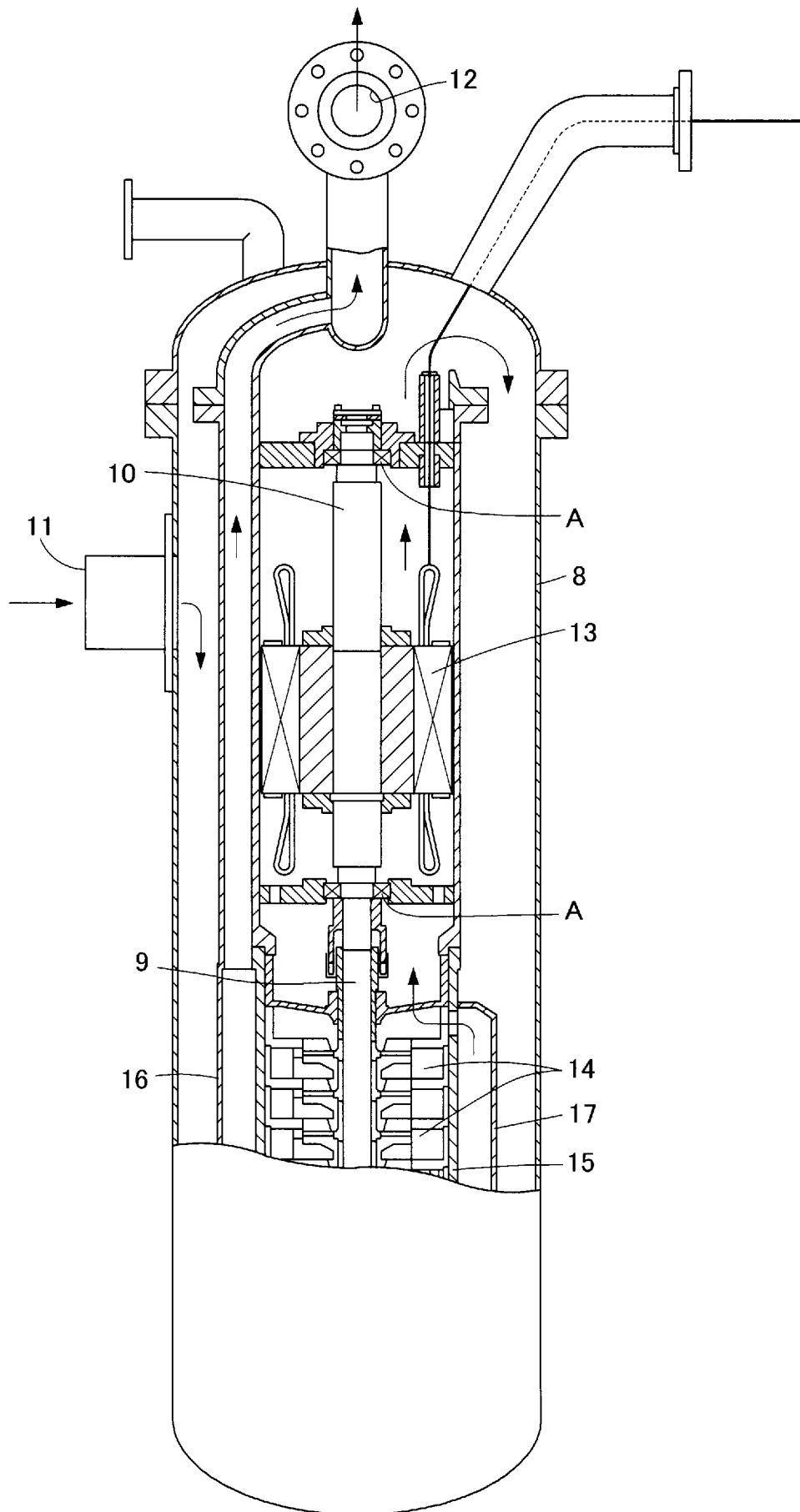
[請求項4] 上記極低温環境用転がり軸受が、液化ガス用ポンプの転がり軸受である請求項1～3のいずれかに記載の極低温環境用転がり軸受。

[請求項5] 上記液化ガス用ポンプが、液化天然ガス用サブマージドポンプである請求項4に記載の極低温環境用転がり軸受。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006378

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C19/06(2006.01)i, F04D7/02(2006.01)i, F16C33/32(2006.01)i, F16C33/44(2006.01)i, F16C33/62(2006.01)i, F04D29/046(2006.01)n

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)

F16C19/06, F04D7/02, F16C33/32, F16C33/44, F16C33/62, F04D29/046

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 2015-096768 A (NSK Ltd.), 21 May 2015 (21.05.2015), entire text; all drawings & US 2016/0223019 A1 entire text; all drawings & WO 2015/053348 A1	1-5
A	JP 2006-224816 A (NSK Ltd.), 31 August 2006 (31.08.2006), paragraphs [0036] to [0069]; fig. 1 to 2 (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
16 May 2017 (16.05.17)

Date of mailing of the international search report
30 May 2017 (30.05.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006378

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-149702 A (NSK Ltd.), 09 August 2012 (09.08.2012), paragraphs [0009] to [0041]; fig. 1 to 12 & US 2013/0071056 A1 paragraphs [0026] to [0072] & WO 2012/099120 A1 & CN 102713321 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F16C19/06(2006.01)i, F04D7/02(2006.01)i, F16C33/32(2006.01)i, F16C33/44(2006.01)i,
F16C33/62(2006.01)i, F04D29/046(2006.01)n

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. F16C19/06, F04D7/02, F16C33/32, F16C33/44, F16C33/62, F04D29/046

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	JP 2015-096768 A (日本精工株式会社) 2015.05.21, 全文, 全図 & US 2016/0223019 A1 全文, 全図 & WO 2015/053348 A1	1-5
A	JP 2006-224816 A (日本精工株式会社) 2006.08.31, 段落【0036】-【0069】,【図1】-【図2】 (ファミリーなし)	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

16.05.2017

国際調査報告の発送日

30.05.2017

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)

上谷 公治

3 J

4 1 3 3

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
A	JP 2012-149702 A (日本精工株式会社) 2012.08.09, 段落【0009】－【0041】、【図1】－【図12】 & US 2013/0071056 A1 段落【0026】－【0072】 & WO 2012/099120 A1 & CN 102713321 A	1－5