

(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18日(18.04.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/073861 A1

(51) 国際特許分類:

F16C 33/46 (2006.01) *F16C 19/36* (2006.01)
B60B 27/00 (2006.01) *F16C 33/36* (2006.01)
B60B 35/02 (2006.01)

重県桑名市大字東方字尾弓田 3 0 6 6 番
地 N T N株式会社内 Mic (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/036884

(22) 国際出願日: 2018年10月2日(02.10.2018)

(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 2017-196893 2017年10月10日(10.10.2017) 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: 中 西 雅 樹 (**NAKANISHI Masaki**);
〒5118678 三重県桑名市大字東方字尾弓田
3 0 6 6 番地 N T N株式会社内 Mic (JP).
三上 英信(**MIKAMI Hidenobu**); 〒5118678 三

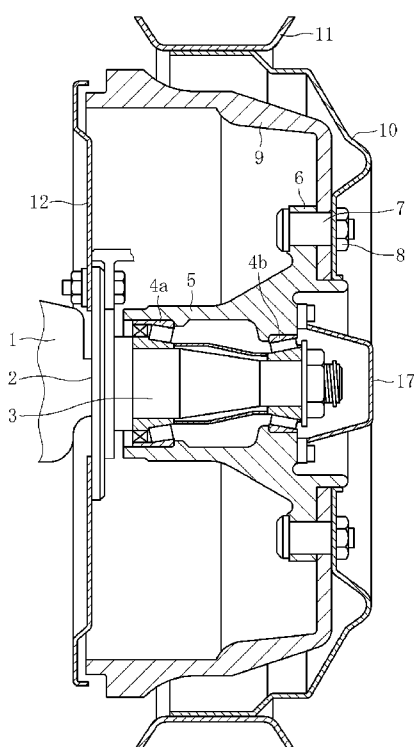
(74) 代理人: 城村 邦彦, 外(**SHIROMURA Kunihiko**
et al.); 〒5410059 大阪府大阪市中央区博労町 4
丁目2番15号 江原特許事務所 Osaka (JP).

(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: WHEEL SUPPORT DEVICE

(54) 発明の名称: 車輪支持装置



(57) Abstract: Disclosed is a wheel support device that rotatably supports, by a grease-enclosed rolling bearing attached onto an outer-diameter surface of an axle, a rotary member that rotates together with a wheel. The wheel support device is provided with a hard film in which a hard coating is formed on at least a sliding surface between a rolling body and another member, among surfaces of constituent components of the wheel support device. The hard film includes: an undercoating layer directly formed on the outer surface of a retainer body; a mixed layer formed on the undercoating layer and made mainly of WC and DLC; and a surface layer formed on the mixed layer and made mainly of DLC. The mixed layer is a layer in which the content by percentage of WC in the mixed layer decreases and the content by percentage of DLC in the mixed layer increases, continuously or stepwise, from the undercoating layer side toward the surface layer side. The content of hydrogen in the mixed layer is less than 10 at.%.

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：アックスルの外径面上に取付けられたグリース封入転がり軸受によって車輪と共に回転する回転部材を回転自在に支持する車輪支持装置である。車輪支持装置の構成部品の表面のうち、少なくとも転動体と他部材との摺接面に硬質被膜が形成される硬質膜を備える。硬質膜は、保持器本体の外表面の上に直接成膜された下地層と、下地層の上に成膜されたWCとDLCとを主体とする混合層と、混合層の上に成膜されたDLCを主体とする表面層とを有する。混合層は、下地層側から表面層側へ向けて連続的または段階的に、混合層中のWCの含有率が小さくなり、混合層中のDLCの含有率が高くなる層である。混合層における水素含有量が10原子%未満である。

明 細 書

発明の名称：車輪支持装置

技術分野

[0001] 本発明は、自動車の懸架装置に対して車輪を回転自在に支持するための車輪支持装置に関する。

背景技術

[0002] 後輪駆動型車両における前輪の如き非駆動輪を支持する車輪支持装置においては、ステアリングナックルに設けられたアクスル（ナックルスピンドル）上に2個の転がり軸受を取付け、その転がり軸受によって回転自在に支持されたアクスルハブの外径面にフランジを設け、このフランジに設けられたスタッドボルトと、これにねじ係合されるナットによってブレーキ装置のブレーキドラムおよび車輪のホイールディスクを取付けるようにしている。

[0003] また、ステアリングナックルに設けられたフランジにバックプレートを取付け、そのバックプレートによってブレーキドラムに制動力を付与する制動機構を支持するようにしている。

[0004] 上記のような車輪支持装置においては、アクスルハブを回転自在に支持する転がり軸受として、負荷容量の大きい剛性の高い円すいころ軸受が用いられる。この円すいころ軸受は、アクスルとアクスルハブ間に充填されたグリースによって潤滑される。

[0005] 車輪支持装置に用いられる軸受は、高速、高荷重という過酷な使用条件のため、特に、ころの大端面とつば部で軌道輪つばがすべり運動するため、潤滑グリースの潤滑油膜が破断しやすくなる。潤滑油膜が破断すると金属接触が起こり、発熱、摩擦摩耗が増大する不具合が発生する。

[0006] そのため、高速、高荷重下での潤滑性および耐荷重性を向上させ、潤滑油膜破断による金属接触を防止する必要があり、極圧剤含有グリースを使用し、その不具合を軽減している。

[0007] 従来、高速下で、高荷重のかかる車輪支持装置の例として、ニッケル、テ

ルル、セレン、銅、鉄の中から選択される金属を含む有機金属化合物がグリース全量に対して、20重量%以下含まれることを特徴とするグリースを封入した鉄道車両用軸受が知られている（特許文献1参照）。

[0008] しかしながら、ころ軸受の使用条件がdN値10万以上という高速条件下での潤滑など過酷になるにつれて、従来のグリースではころ軸受の使用が困難になるなどの問題がある。

[0009] 車輪支持装置用ころ軸受は、内、外輪の転走面と転動体である「ころ」との間にころがり摩擦が、つば部と「ころ」との間にすべり摩擦が発生する。ころがり摩擦に比べるとすべり摩擦は大きいので、使用条件が過酷になるとつば部の焼付きが生じやすくなる。そのためグリースの交換作業等が頻繁になりメンテナンスフリー化を達成できないという問題がある。

[0010] 一方、転がり軸受の軌道輪の軌道面、転動体の転動面、保持器摺接面などに対し、硬質カーボン膜DLC膜を形成する試みがなされている。硬質カーボン膜は、一般にダイヤモンドライクカーボン（以下、DLCと記す。また、DLCを主体とする膜／層をDLC膜／層ともいう。）と呼ばれている硬質膜である。硬質カーボンはその他にも、硬質非晶質炭素、無定形炭素、硬質無定形炭素、i-カーボン、ダイヤモンド状炭素など、様々な呼称がある。

[0011] DLCの本質は、構造的にはダイヤモンドとグラファイトが混ざり合った両者の中間構造を有するものである。ダイヤモンドと同等に硬度が高く、耐摩耗性、固体潤滑性、熱伝導性、化学安定性、耐腐食性に優れる。このため、例えば、金型・工具類、耐摩耗性機械部品、研磨材、摺動部材、磁気・光学部品などの保護膜として利用されつつある。こうしたDLC膜を形成する方法として、スパッタリング法やイオンプレーティング法などの物理的蒸着（以下、PVDと記す）法、化学的蒸着（以下、CVDと記す）法、アンバランスド・マグネトロン・スパッタリング（以下、UBMSと記す）法などが採用されている。

[0012] DLC膜は、膜形成時に極めて大きな内部応力が発生し、また高い硬度お

よびヤング率を持つ反面、変形能が極めて小さいことから、基材との密着性が弱く、剥離しやすいなどの欠点を持っている。このため、転がり軸受における上記各面にDLC膜を成膜する場合には、密着性を改善する必要性がある。

[0013] すなわち、従来には、中間層を設けてDLC膜の密着性改善を図った転動装置が提案されている（特許文献2）。この場合、鉄鋼材料で形成された軌道溝や転動体の転動面に、クロム（以下、Crと記す）、タングステン（以下、Wと記す）、チタン（以下、Tiと記す）、珪素（以下、Siと記す）、ニッケル、および鉄の少なくともいずれかの元素を含む組成の下地層と、この下地層の構成元素と炭素とを含有し、炭素の含有率が下地層の反対側で下地層側より大きい中間層と、アルゴンと炭素とからなりアルゴンの含有率が0.02質量%以上5質量%以下であるDLC層とが、この順に形成されたものである。

[0014] また、従来には、アンカー効果によりDLC膜の密着性改善を図った転がる軸受が提案されている（特許文献3）。この場合、軌道面にイオン衝撃処理により10～100nmの高さで平均幅300nm以下の凹凸を形成し、この軌道面上にDLC膜を形成したものである。

先行技術文献

特許文献

[0015] 特許文献1：特開平10-17884号公報

特許文献2：特許第4178826号公報

特許文献3：特許第3961739号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0016] しかしながら、転がりすべり運動において発生する高い接触面圧下ではフレーキングの防止は容易でなく、特に滑り摩擦により強いせん断力が発生し得るような潤滑・運転条件においてはより困難となる。車輪支持装置におい

てDLC膜の適用が検討される摺動面は、潤滑状態が悪く、滑りを伴うといった状況であることが多く、一般的な転がり軸受における運転状況より厳しい場合が多い。

[0017] すなわち、上記した各特許文献の技術は、硬質膜の剥離防止などを図ったものであるが、得られた転がり軸受について、使用条件に応じた要求特性を満足させるべく、DLC膜を適用する際の膜構造や成膜条件には更なる改善の余地がある。

[0018] そこで、本発明は、上記課題に鑑みて、高荷重またはすべり運動が生じる状態での潤滑面での摩擦摩耗を防止し、長期耐久性に優れた車輪支持装置を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0019] 本発明の車輪支持装置は、アクスルの外径面上に取付けられたグリース封入転がり軸受によって車輪と共に回転する回転部材を回転自在に支持する車輪支持装置において、車輪支持装置の構成部品の表面のうち、少なくとも転動体と他部材との摺接面に硬質被膜が形成される硬質膜を備え、前記硬質膜は、前記構成部品の表面の上に直接成膜された下地層と、この下地層の上に成膜されたタングステンカーバイドとダイヤモンドライクカーボンとを主体とする混合層と、この混合層の上に成膜されたダイヤモンドライクカーボンを主体とする表面層とを有し、前記混合層は、前記下地層側から前記表面層側へ向けて連続的または段階的に、該混合層中の前記タングステンカーバイドの含有率が小さくなり、この混合層中の前記ダイヤモンドライクカーボンの含有率が高くなる層であり、前記混合層における水素含有量が10原子%未満である。ここで、タングステンカーバイドとは、等モル量のタングステン原子と炭素原子からなる無機化合物（炭化物）である。また、ダイヤモンドライクカーボンとは、ダイヤモンドとグラファイト（黒鉛）の両方の炭素－炭素結合を併せ持つ炭素を主成分とした物質で作られた薄膜の総称である。

[0020] 本発明の車輪支持装置は、車輪支持装置の構成部品の表面のうち、少なく

とも転動体と他部材との摺接面に、DLCを含む所定の膜構造を有する硬質膜が成膜されてなる。中間層がWCとDLCの混合層(WC/DLC)であり、傾斜組成とされているので、成膜後の残留応力の集中が発生し難い。これに加えて、この混合層における水素含有量が10原子%未満であるので、潤滑状態が悪く滑りを伴う条件下で他部材と接触する場合でも硬質膜の耐剥離性に優れる。

[0021] 前記硬質膜の表面層は、前記混合層との隣接側に、前記混合層側から硬度が連続的または段階的に高くなる傾斜層部分を有するのが好ましい。このように、傾斜層部分を有するものでは、混合層と表面層との急激な硬度差がなくなり、混合層と表面層との密着性の向上を図ることができる。

[0022] 前記車輪支持装置の構成部品の本体部は、高炭素クロム軸受鋼、炭素鋼、工具鋼、または、マルテンサイト系ステンレス鋼から選ばれる鉄系材料を用いることができる。すなわち、保持器本体として、保持器材として一般的に用いられる任意の材料を使用できる。

[0023] 前記硬質膜の下地層が、クロムとタングステンカーバイドとを主体とする層であるのが好ましい。このように設定することによって、下地層と混合層との密着性の向上を図ることができる。

[0024] 複数の転動体と、この転動体を保持する保持器とを備えてなる転がり軸受を用いた車輪支持装置であって、前記転がり軸受の保持器が、前記硬質膜を有する構成部品であるのが好ましい。

発明の効果

[0025] 本発明の車輪支持装置では、硬質膜は、例えば、保持器摺動面に形成されながら耐剥離性に優れ、DLC本来の特性を発揮できる。この結果、本発明の車輪支持装置は、耐焼き付き性、耐摩耗性、および耐腐食性に優れ、苛酷な潤滑状態でも摺動面などの損傷が少なく長寿命となる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の車輪支持装置の断面図である。

[図2]円すいころ軸受の一部切欠いた状態の斜視図である。

[図3]硬質膜の構造を示す模式断面図である。

[図4]UBMS法の成膜原理を示す模式図である。

[図5]UBMS装置の模式図である。

[図6]2円筒試験機の模式図である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下本発明の実施の形態を図1～図6に基づいて説明する。図1に示す車輪支持装置は、ステアリングナックル1にはフランジ2と、アクスル3とが設けられ、そのアクスル3の外径面上に取付けた一对の円すいころ軸受4a、4bによって回転部材としてのアクスルハブ5が回転自在に支持されている。

[0028] アクスルハブ5は、外径面にフランジ6を有し、そのフランジ6に設けたスタッドボルト7と、そのスタッドボルト7にねじ係合したナット8によってブレーキ装置のブレーキドラム9、および車輪のホイールディスク10が取付けられている。11はホイールディスク10の外径面に取付けられたリムを示し、そのリム上にタイヤが取付けられる。

[0029] 前記ステアリングナックル1のフランジ2にはボルト、ナットの締付けによってブレーキ装置のバックプレート12が取付けられている。バックプレート12にはブレーキドラム9に制動力を付与する制動機構が支持されるが、図では省略してある。

[0030] アクスルハブ5を回転自在に支持する前記一对の円すいころ軸受4a、4bは、アクスルハブ5内に充填されたグリースによって潤滑される。その円すいころ軸受4bから外部にグリースが漏洩したり、外部から泥水が浸入するのを防止するため、アクスルハブ5の外側端面に円すいころ軸受4bを覆うようにしてグリースキャップ17が取付けられている。

[0031] 本発明の車輪支持装置の円すいころ軸受の一例について図2により説明する。図2は円すいころ軸受の一部切り欠き斜視図である。円すいころ軸受4は内輪44と外輪43との間に円すいころ46が保持器45を介して配置されている。図3に示すように、円すいころ46は内輪44の転走面44aと

外輪 4 3 の転走面 4 3 a との間でころがり摩擦を受け、内輪 4 4 のつば部 4 4 b、4 4 c との間ですべり摩擦を受ける。これらの摩擦を低減するためにころ軸受用グリースが封入されている。

[0032] 保持器 4 5 には、転動体としての円すいころ 4 6 を保持するためのポケット 4 5 a が設けられ、各ポケット 4 5 a の間に位置する柱部 4 5 b で、各円すいころ 4 6 の間隔を保持する。保持器 4 5 は、高炭素クロム軸受鋼、炭素鋼、工具鋼、または、マルテンサイト系ステンレス鋼から選ばれる鉄系材料からなる保持器本体 4 5 A と、保持器本体 4 5 A の外表面に形成される硬質膜（硬質被膜）30（図3参照）とで構成される。硬質膜30を形成する保持器本体 4 5 A の表面部位は、保持器本体 4 5 A の外表面全体のうち、少なくとも転動体である円すいころ 4 6 との摺接面および他部材との摺接面である。保持器本体 4 5 A の外表面とは、保持器 4 5 の最外表面を構成し、実際に転動体である円すいころ 4 6 や他部材と摺接する表面である。これらの外表面は、潤滑油等と接触する部位でもある。

また、他部材とは、内輪 4 4 や外輪 4 3 などである。

[0033] 製造が容易であることから、硬質膜（硬質被膜）30は、円すいころ 4 6 と接触するポケット 4 5 a の表面を含めた保持器 4 5 の全外表面に形成することが好ましい。また、保持器 4 5 の最外表面部位に加えて、転動体である円すいころ 4 6 の表面等にも同様の硬質被膜を形成することができる。

[0034] これらの軸受部材において、硬質膜30が形成される面の硬さが、ビッカース硬さでHv650以上であることが好ましい。Hv650以上とすることで、硬質膜30（後述する下地層）との硬度差を少なくし、密着性を向上させることができる。

[0035] 硬質膜30が形成される面において、硬質膜形成前に、窒化処理により窒化層が形成されていることが好ましい。窒化処理としては、基材表面に密着性を妨げる酸化層が生じ難いプラズマ窒化処理を施すことが好ましい。また、窒化処理後の表面の硬さがビッカース硬さでHv1000以上であることが、硬質膜（下地層）との密着性をさらに向上させるために好ましい。

- [0036] 硬質膜30が形成される面の表面粗さ R_a は、 $0.05\mu m$ 以下であることが好ましい。表面粗さ R_a が $0.05\mu m$ をこえると、粗さの突起先端に硬質膜が形成され難くなり、局所的に膜厚が小さくなる。
- [0037] 硬質膜30の構造を図3に基づいて説明する。図3は、図1の円すいころ軸受4a、4bに示す硬質膜30の構造を示す模式断面図である。図3に示すように、硬質膜30は、保持器本体45A上に直接成膜される下地層30aと、下地層30aの上に成膜されるWC（タングステンカーバイド）とDLC（ダイヤモンドライクカーボン）とを主体とする混合層30bと、混合層30bの上に成膜されるDLCを主体とする表面層30cとからなる3層構造を有する。ここで、タングステンカーバイドとは、等モル量のタングステン原子と炭素原子からなる無機化合物（炭化物）である。また、ダイヤモンドライクカーボンとは、ダイヤモンドとグラファイト（黒鉛）の両方の炭素-炭素結合を併せ持つ炭素を主成分とした物質で作られた薄膜の総称である。このように、硬質膜30の膜構造を上記のような3層構造とすることで、急激な物性（硬度・弾性率等）変化を避けるようにしている。
- [0038] 下地層30aは、基材となる各軸受部材の表面に直接成膜される下地層である。材質や構造は、基材との密着性を確保できるものであれば特に限定されず、例えば材質としてCr（クロム）、W（タングステン）、Ti（チタン）、Si（ケイ素）などが使用できる。これらの中でも、基材となる軸受部材（例えば高炭素クロム軸受鋼）との密着性に優れることから、Crを含むことが好ましい。
- [0039] また、下地層30aは、混合層30bとの密着性も考慮して、CrとWCとを主体とする層であることが好ましい。WCは、CrとDLCとの中間的な硬さや弾性率を有し、成膜後の残留応力の集中が発生し難い。特に、本体部側から混合層30b側に向けてCrの含有率が小さく、かつ、WCの含有率が高くなる傾斜組成とすることが好ましい。これにより、本体部と混合層30bとの両面での密着性に優れる。
- [0040] 混合層30bは、下地層30aと表面層30cとの間に介在する中間層と

なる。混合層 30b に用いる WC は、上述のように、Cr と DLC との中間的な硬さや弾性率を有し、成膜後の残留応力の集中も発生し難い。混合層 30b が、下地層 30a 側から表面層 30c 側に向けて WC の含有率が小さく、かつ、DLC の含有率が高くなる傾斜組成である。このため、下地層 30a と表面層 30c との両面での密着性に優れる。また、混合層 30b 内において、WC と DLC とが物理的に結合する構造となっており、混合層 30b 内での破損などを防止できる。さらに、表面層 30c 側では DLC 含有率が高められているので、表面層 30c と混合層 30b との密着性に優れる。

[0041] また、混合層 30b は、非粘着性の高い DLC を WC によって下地層 30a 側にアンカー効果で結合させる層となる。後述の実施例に示すように、潤滑状態が悪く滑りを伴う条件下で他部材と接触する場合において耐剥離性を向上させるには、混合層中の水素含有量をある程度少なくすることが重要となる。

[0042] 混合層 30b における水素含有量は、10 原子%未満とする。この範囲とすることで、境界潤滑で転がり滑り接触する条件下でも硬質膜の剥離を防止できる。混合層の水素含有量が 10 原子%をこえる場合、中間層となる混合層中に比較的軟質な DLC が存在することとなり、上記のような条件下では剥離しやすくなるおそれがある。また、転がり接触時の疲労特性を向上させるため、DLC 用の炭素供給源として炭化水素系ガスは併用して水素を僅かに含有させつつ上記範囲内とすることが好ましい。

[0043] ここで、本発明における「混合層における水素含有量（原子%）」は、公知の分析法により算出できる。例えば、GDS 分析（グロー放電発光分光分析）で求めることができる。GDS 分析は深さ方向と元素量の関係を調べることができる分析であり、各元素の検量線を用意すれば定量が可能である。水素量検量線は、水素の絶対量測定が可能な ERDA 分析（弾性反跳粒子検出法）を用いて作成できる。GDS 分析における水素量出力値は、試験片材質の違いによって異なるため、混合層（WC/DLC）を構成している DLC と WC それぞれについて水素量検量線を作成する必要がある。DLC 単層

膜試験片およびWC単層膜試験片について、混合層（WC／DL C）の成膜条件に合わせた条件で炭化水素系ガス導入量を調整することで水素含有量の異なる試験片を作製し、ERDA分析とGDS分析を行ない、GDS分析における水素量出力値とERDA分析で測定した水素量（原子％）の関係（検量線）を調べる。上記DL C水素量検量線で求めた水素含有量と、上記WC水素量検量線で求めた水素含有量とは異なるため、これら両方の検量線で求めた水素含有量の平均をとることで、任意の水素量出力値に対応する水素含有量（原子％）が算出できる。

[0044] 表面層30cは、DL Cを主体とする膜である。表面層30cにおいて、混合層30bとの隣接側に、緩和層部分30dを有することが好ましい。これは、混合層30bと表面層30cとで成膜条件パラメータ（炭化水素系ガス導入量、真空度、バイアス電圧）が異なる場合、これらパラメータの急激な変化を避けるために、このパラメータの少なくとも1つを連続的または段階的に変化させることで得られる緩和層部分である。より詳細には、混合層30bの最表層形成時の成膜条件パラメータを始点とし、表面層30cの最終的な成膜条件パラメータを終点として、各パラメータをこの範囲内で連続的または段階的に変化させる。これにより、混合層30bと表面層30cとの急激な物性（硬度・弾性率等）の差がなくなり、混合層30bと表面層30cとの密着性がさらに優れる。なお、バイアス電圧を連続的または段階的に上昇させることで、DL C構造におけるグラファイト構造（sp²）とダイヤモンド構造（sp³）との構成比率が後者に偏っていき、硬度が傾斜（上昇）する。

[0045] 硬質膜30の膜厚（3層の合計）は0.5～3.0μmとすることが好ましい。膜厚が0.5μm未満であれば、耐摩耗性および機械的強度に劣る場合があり、3.0μmをこえると剥離し易くなる。さらに、該硬質膜30の膜厚に占める表面層30cの厚さの割合が0.8以下であることが好ましい。この割合が0.8をこえると、混合層30bにおけるWCとDL Cの物理結合するための傾斜組織が不連続な組織となりやすく、密着性が劣化するお

それがある。

[0046] 硬質膜 30 を以上のような組成の下地層 30 a、混合層 30 b、表面層 30 c からなる 3 層構造とすることで、耐剥離性に優れる。

[0047] 本発明の車輪支持装置において、以上のような構造・物性の硬質膜を形成することで、使用時に転がり滑り接触などの負荷を受けた場合でも、該膜の摩耗や剥離を防止でき、苛酷な潤滑状態でも軌道面などの損傷が少なく長寿命となる。また、グリースを封入した転がり軸受において、軌道輪などの損傷により金属新生面が露出すると、触媒作用によりグリース劣化を促進させるが、本発明の車輪支持装置では、硬質膜により金属接触による軌道面や転動面の損傷を防止できるので、このグリース劣化も防止できる。

[0048] 以下、本発明の硬質膜 30 の形成方法について説明する。上記硬質膜は、軸受部材の成膜面に対して、下地層 30 a、混合層 30 b、表面層 30 c をこの順に成膜して得られる。

[0049] 表面層 30 c の形成は、スパッタリングガスとして Ar ガスを用いた UBMS 装置を使用してなされることが好ましい。UBMS 装置を用いた UBMS 法の成膜原理を図 4 に示す模式図を用いて説明する。図中において、基材 52 は、成膜対象の軸受部材である内輪、外輪、または転動体であるが、模式的に平板で示してある。図 4 に示すように、丸形ターゲット 55 の中心部と周辺部で異なる磁気特性を有する内側磁石 54 a、外側磁石 54 b が配置され、ターゲット 55 付近で高密度プラズマ 59 を形成しつつ、磁石 54 a、54 b により発生する磁力線 56 の一部 56 a がバイアス電源 51 に接続された基材 52 近傍まで達するようにしたものである。この磁力線 56 a に沿ってスパッタリング時に発生した Ar プラズマが基材 52 付近まで拡散する効果が得られる。このような UBMS 法では、基材 52 付近まで達する磁力線 56 a に沿って、Ar イオン 57 および電子が、通常のスパッタリングに比べてイオン化されたターゲット 58 をより多く基材 52 に到達させるイオンアシスト効果によって、緻密な膜（層）53 を成膜できる。

[0050] 下地層 30 a および混合層 30 b の形成も、上記のスパッタリングガスと

してA r ガスを用いたUBMS装置を使用してなされることが好ましい。下地層30aがC r とWCとを主体とする層である場合は、ターゲット55としてC r ターゲットおよびWCターゲットを併用する。また、混合層30bを形成する際には、(1)WCターゲット、および、(2)黒鉛ターゲットと必要に応じて炭化水素系ガスを用いる。各層の形成毎に、それぞれに用いるターゲットを逐次取り替える。

[0051] 下地層30aにおいて、上述のようなC r とWCの傾斜組成とする場合は、連続的または段階的に、WCターゲットに印加するスパッタ電力を上げながら、かつ、C r ターゲットに印加する電力を下げながら成膜する。これにより混合層30b側に向けてC r の含有率が小さく、かつ、WCの含有率が高くなる構造の層とできる。

[0052] 混合層30bは、連続的または段階的に、炭素供給源となる黒鉛ターゲットに印加するスパッタ電力を上げながら、かつ、WCターゲットに印加する電力を下げながら成膜する。これにより表面層30c側に向けてWCの含有率が小さく、かつ、DLCの含有率が高くなる傾斜組成の層とできる。

[0053] 本発明の車輪支持装置は、車輪支持装置の構成部品の表面のうち、少なくとも転動体と他部材との摺接面に、DLCを含む所定の膜構造を有する硬質膜が成膜されてなる。中間層がWCとDLCの混合層(WC/DLC)であり、傾斜組成とされているので、成膜後の残留応力の集中が発生し難い。これに加えて、この混合層における水素含有量が10原子%未満であるので、潤滑状態が悪く滑りを伴う条件下で他部材と接触する場合でも硬質膜の耐剥離性に優れる。

[0054] このため、本発明の車輪支持装置では、硬質膜30は、例えば、摺動面に形成されながら耐剥離性に優れ、DLC本来の特性を発揮できる。この結果、本発明の車輪支持装置は、耐焼き付き性、耐摩耗性、および耐腐食性に優れ、苛酷な潤滑状態でも摺動面などの損傷が少なく長寿命となる。

[0055] 前記硬質膜の表面層30cは、前記混合層30bとの隣接側に、前記混合層30b側から硬度が連続的または段階的に高くなる傾斜層部分を有するこ

とになる。このように、傾斜層部分を有するものでは、混合層 30b と表面層 30c との急激な硬度差がなくなり、混合層 30b と表面層 30c との密着性の向上を図ることができる。

[0056] 前記車輪支持装置の構成部品の本体部は、高炭素クロム軸受鋼、炭素鋼、工具鋼、または、マルテンサイト系ステンレス鋼から選ばれる鉄系材料を用いる。このため、本体部として、保持器材等として一般的に用いられる任意の材料を使用できる。

[0057] 前記硬質膜 30 の下地層 30a が、クロムとタングステンカーバイドとを主体とする層であるので、下地層 30a と混合層 30b との密着性の向上を図ることができる。

[0058] 以上、本発明の実施形態につき説明したが、本発明は前記実施形態に限定されることなく種々の変形が可能であって、車輪支持装置の構成部品である転がり軸受の形式として、ラジアル軸受であっても、スラスト軸受であってもよい。また、転動体として、玉であってもころであってもよい。また、ころの場合、円筒ころ、針状ころ、円すいころ、又はたる形をした球面ころ等であってもよい。高剛性である針状ころを転動体として使用した転がり軸受は、ころを転動体として使用した転がり軸受よりも、さらに高荷重の負荷を受けることができる。

実施例 1

[0059] 本発明の車輪支持装置の構成部品である転がり軸受の硬質膜として、所定の基材に対して硬質膜を形成し、該硬質膜の物性に関する評価をした。また、2円筒試験機を用いた転がり滑り試験にて耐剥離性の評価を行なった。

[0060] 硬質膜の評価用に用いた試験片、UBMS装置、およびスパッタリングガスなどは以下のとおりである。

(1) 試験片物性：SUJ2 焼き入れ焼き戻し品 硬さ780HV

(2) 試験片：鏡面研磨された(0.02 μ mRa)SUJ2リング(ϕ 40 $\times$ L12副曲率なし)の摺動表面に対して各条件にてDLC膜を成膜したもの

(3) 相手材：研削仕上げ ($0.7 \mu\text{m Ra}$) SUJ2リング ($\phi 40 \times L 12$ 副曲率60)

(4) UBMS装置：神戸製鋼所製；UBMS202

(5) スパッタリングガス：Arガス

[0061] 下地層の形成条件を以下に説明する。成膜チャンバー内を $5 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 程度まで真空引きし、ヒータで基材となる試験片をベーキングして、Arプラズマにて基材表面をエッチング後、UBMS法にてCrターゲットとWCターゲットに印加するスパッタ電力を調整し、WCとDLCの組成比を傾斜させ、基材側でCrが多く表面側でWCが多いCr/WC傾斜層を形成した。

[0062] 混合層の形成条件を以下に説明する。下地層と同様にUBMS法にて成膜した。ここで、該混合層については、炭化水素系ガスであるメタンガスを供給しながら、WCターゲットと黒鉛ターゲットに印加するスパッタ電力を調整し、WCとDLCの組成比を傾斜させ、下地層側でWCが多く表面層側でDLCが多いWC/DLC傾斜層を形成した。混合層の具体的な成膜条件を表1に示す。なお、混合層における水素含有量（原子%）は、GDS分析（グロー放電発光分光分析）により上述の方法で求めた。結果を表1に併記する。

[表1]

	実施例			比較例				
	1	2	3	1	2	3	4	5
基材材質	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2
下地層 ²⁾ の材質	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC
混合層 ³⁾ の材質	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC
混合層の水素含有量、原子%	2.1	8.6	9.3	10.8	13.2	18.9	26.3	44.8
混合層の成膜条件								
メタンガス導入比 ¹⁾	0	1	1.6	2.5	5	10	20	40
真空度、Pa	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
バイアス電圧(負)、V	50	50	50	50	50	50	50	50
表面層の成膜条件								
メタンガス導入比 ¹⁾	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
真空度、Pa	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
バイアス電圧(負)、V	100	100	100	100	100	100	100	100
2円筒転がり滑り試験								
硬質膜剥離寿命、h	48	48	17.6	1.9	1.1	0.8	0.5	0.3

1) 導入比はアルゴンガス導入量100(体積部)に対するメタンガス導入量(体積部)の割合である。

2) 本発明における下地層であり、2成分を混合している場合には「第1成分/第2成分」で表す。

3) 本発明における混合層であり、2成分を混合している場合には「第1成分/第2成分」で表す。

[0063] 表面層の形成条件は、前記表1に示すとおりである。

[0064] 図5はUBMS装置の模式図である。図5に示すように、円盤20上に配置された基材21に対し、スパッタ蒸発源材料(ターゲット)22を非平衡な磁場により、基材21近傍のプラズマ密度を上げてイオンアシスト効果を増大すること(図4参照)によって、基材上に堆積する被膜の特性を制御できるUBMS機能を備える装置である。この装置により、基材上に、複数のUBMS被膜(組成傾斜を含む)を任意に組合せた複合被膜を成膜することができる。この実施例では、基材とするリングに、下地層、混合層、表面層をUBMS被膜として成膜している。

[0065] 実施例1～3及び比較例1～5では、表1に示す基材をアセトンで超音波洗浄した後、乾燥した。乾燥後、これをUBMS装置に取り付け、上述の形成条件にて下地層および混合層を形成した。その上に、表1に示す成膜条件にて表面層であるDLC膜を成膜し、硬質膜を有する試験片を得た。なお、表1における「真空度」は上記装置における成膜チャンバー内の真空度である。得られた試験片を下記に示す2円筒試験機を用いた転がり滑り試験に供

した。結果を表 1 に併記する。

[0066] <2 円筒試験機による転がり滑り試験>

得られた試験片について図 6 に示す 2 円筒試験機を用いて転がり滑りによる耐剥離性の試験を行なった。この 2 円筒試験機は、駆動側試験片 2 3 と転がり滑り接触する従動側試験片 2 4 とを備え、それぞれの試験片（リング）は支持軸受 2 6 で支持されており、負荷用バネ 2 7 により荷重が負荷されている。また、図中の 2 5 は駆動用プーリ、2 8 は非接触回転計である。硬質膜の剥離を助長するために相手材粗さを大きくし、潤滑油粘度を下げ境界潤滑とし、回転差をつけて滑りを発生させ、被膜の剥離が発生するまでの時間（h）を剥離寿命として評価を行った。具体的な試験条件は以下のとおりである。

（試験条件）

潤滑油：V G 1 . 5 相当油（添加剤含有） 滴下給油

油温：4 0 ～ 5 0 °C

最大接触面圧：2 . 7 G P a

回転数：（試験片側）2 7 0 m i n⁻¹

（相手材側）3 0 0 m i n⁻¹

相対滑り速度：0 . 0 6 m / s

油膜パラメータ：0 . 0 0 6

打ち切り時間：4 8 h

[0067] 各実施例 1 ～ 3 と各比較例 1 ～ 5 は、使用する基材および表面層の成膜条件が同一であり、表面層の硬度は平均値で約 2 9 G P a である。表 1 に示すように、混合層を形成する際の水素含有量を変化させた場合、水素含有量が高い場合において 2 円筒転がり滑り試験における剥離寿命が短い傾向があり、水素含有量が 1 0 . 8 原子%の時点で劇的に短寿命となっており、混合層内の水素含有量の高い比較的軟質な D L C の存在が被膜の耐剥離性に悪影響を及ぼしていると考えられる。

[0068] D L C 膜などの硬質膜は膜内に残留応力があり、残留応力は膜構造や成膜

条件の影響を受け大きく異なり、その結果、耐剥離性にも大きな影響を及ぼす。また、耐剥離性は硬質膜が使用される条件によっても変化する。このため、本発明者らは、2円筒試験などにより、潤滑状態が悪い場合（境界潤滑条件）において転がり滑り接触するような条件下での検証を重ねた結果、該条件下となる軸受部材の表面に形成する硬質膜について、その膜構造を限定するとともに、特に水素含有量を所定範囲内とすることで、該条件下での耐剥離性の向上が図れることを見出した。本発明はこのような知見に基づきなされたものである。

[0069] ところで、DLCの適用が検討される摺動面・転動面は潤滑が希薄または滑り速度が速いなど苛酷な潤滑状態であることが多い。本発明の転がり軸受は、保持器摺動面にDLC膜が形成され、苛酷な潤滑状態で運転した場合においてもこのDLC膜の耐剥離性に優れ、DLC本体の特性を発揮できるので、耐焼き付き性、耐摩耗性、および耐腐食性に優れる。このため、本発明の転がり軸受は、苛酷な潤滑状態での用途を含め、各種用途に適用可能である。

産業上の利用可能性

[0070] 自動車の懸架装置に対して車輪を回転自在に支持するための車輪支持装置である。車輪支持装置の構成部品である転がり軸受の形式として、ラジアル軸受であっても、スラスト軸受であってもよい。

符号の説明

[0071] 3 アックスル

4、4 a、4 b 軸受

3 0 硬質膜

3 0 a 下地層

3 0 b 混合層

3 0 c 表面層

3 0 d 緩和層部分

4 5 保持器

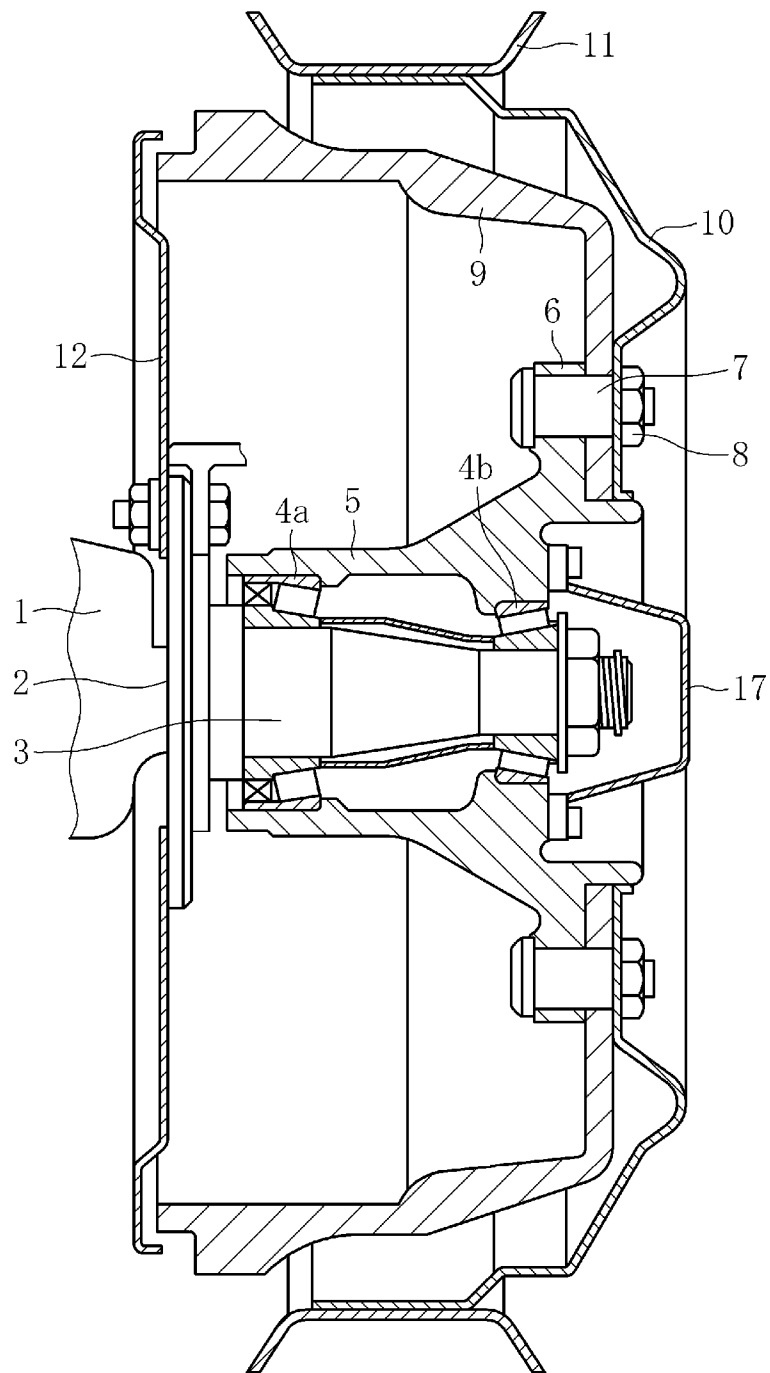
4 5 A 保持器本体

4 6 円すいころ (転動体)

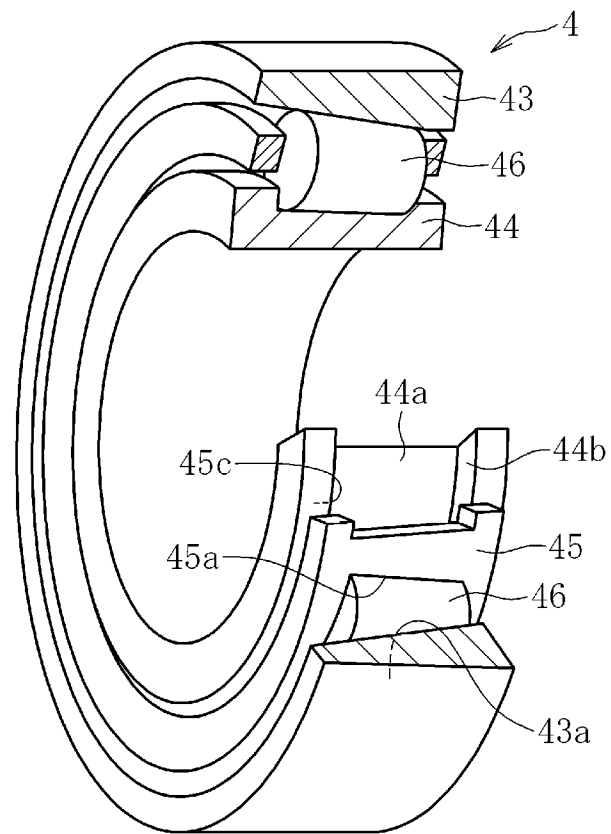
請求の範囲

- [請求項1] アックスの外径面上に取付けられたグリース封入転がり軸受によって車輪と共に回転する回転部材を回転自在に支持する車輪支持装置において、
- 車輪支持装置の構成部品の表面のうち、少なくとも転動体と他部材との摺接面に硬質被膜が形成される硬質膜を備え、
- 前記硬質膜は、前記構成部品の表面の上に直接成膜された下地層と、この下地層の上に成膜されたタングステンカーバイドとダイヤモンドライクカーボンとを主体とする混合層と、この混合層の上に成膜されたダイヤモンドライクカーボンを主体とする表面層とを有し、
- 前記混合層は、前記下地層側から前記表面層側へ向けて連続的または段階的に、該混合層中の前記タングステンカーバイドの含有率が小さくなり、この混合層中の前記ダイヤモンドライクカーボンの含有率が高くなる層であり、前記混合層における水素含有量が10原子%未満であることを特徴とする車輪支持装置。
- [請求項2] 前記硬質膜の表面層は、前記混合層との隣接側に、前記混合層側から硬度が連続的または段階的に高くなる傾斜層部分を有することを特徴とする請求項1記載の車輪支持装置。
- [請求項3] 前記構成部品の本体部は、高炭素クロム軸受鋼、炭素鋼、工具鋼、または、マルテンサイト系ステンレス鋼から選ばれる鉄系材料であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の車輪支持装置。
- [請求項4] 前記硬質膜の下地層が、クロムとタングステンカーバイドとを主体とする層であることを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の車輪支持装置。
- [請求項5] 複数の転動体と、この転動体を保持する保持器とを備えてなる転がり軸受を用いた車輪支持装置であって、前記転がり軸受の保持器が、前記硬質膜を有する構成部品であることを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか1項に記載の車輪支持装置。

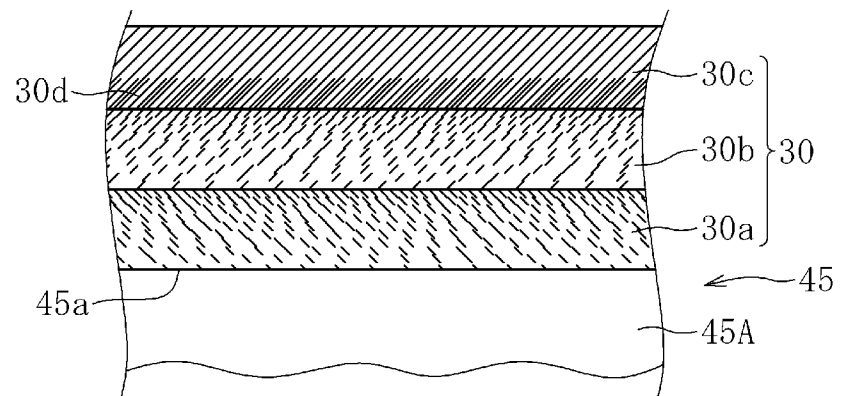
[図1]



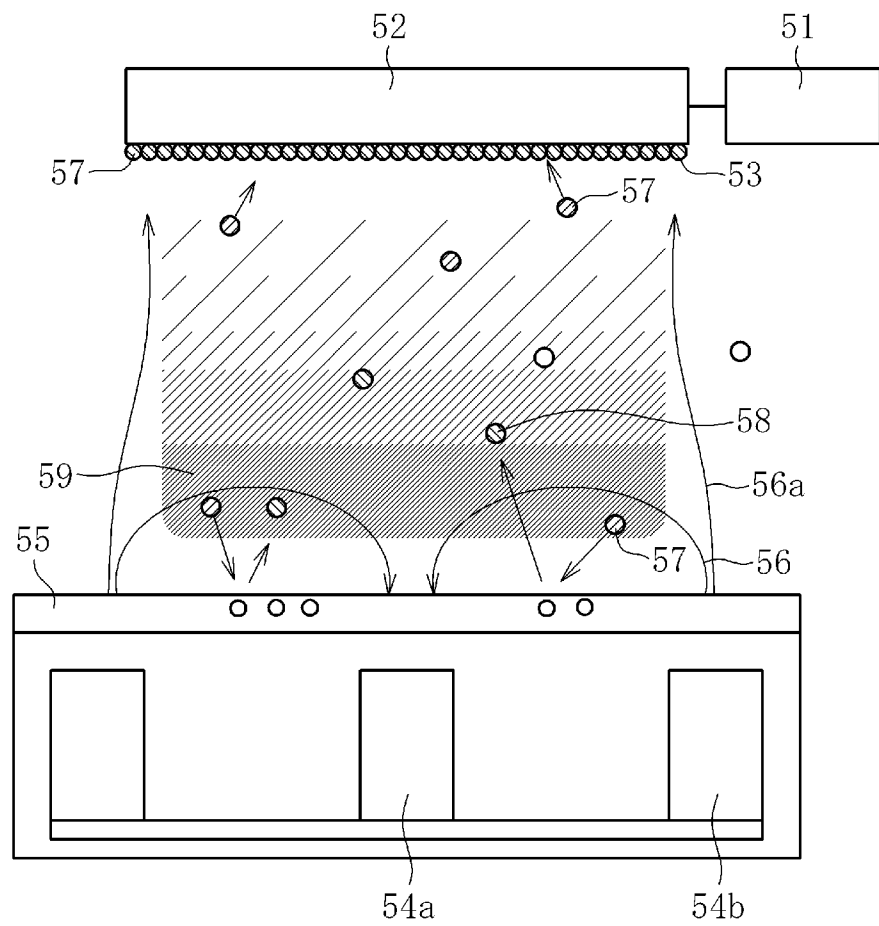
[図2]



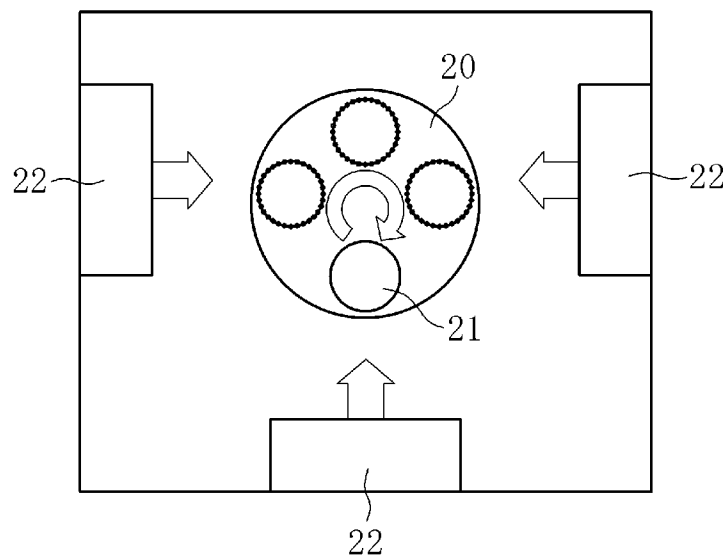
[図3]



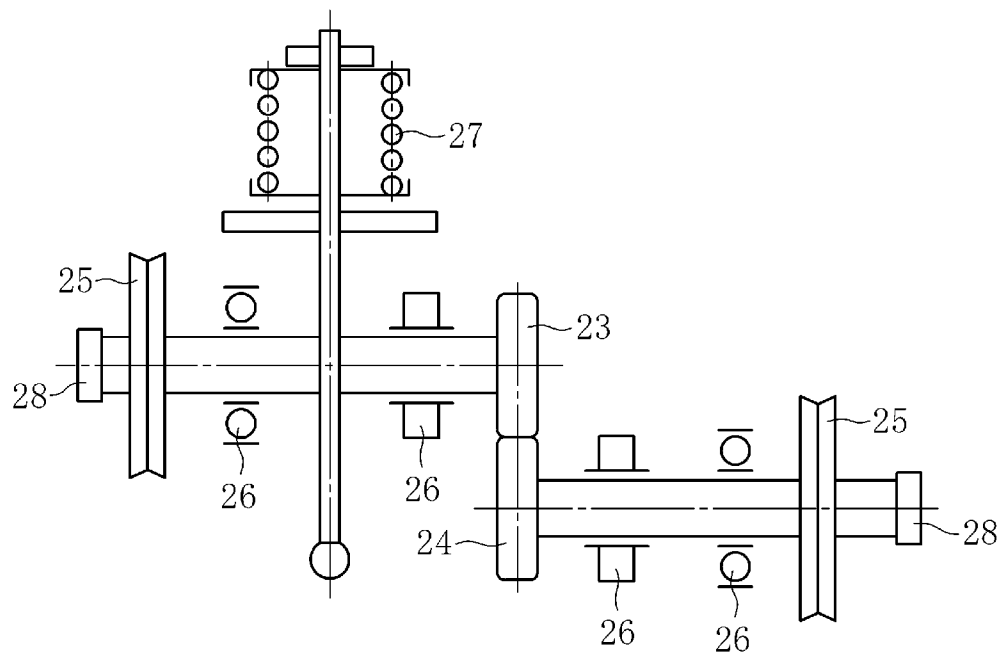
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/036884

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F16C33/46(2006.01)i, B60B27/00(2006.01)i, B60B35/02(2006.01)i,
F16C19/36(2006.01)i, F16C33/36(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. F16C33/46, B60B27/00, B60B35/02, F16C19/36, F16C33/36

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.
Y	JP 2007-031614 A (NTN CORPORATION) 08 February 2007, paragraphs [0009]-[0011], fig. 1-2 (Family: none)	1-5
Y	JP 2016-186354 A (NTN CORPORATION) 27 October 2016, paragraphs [0004], [0024]-[0025] (Family: none)	1-5
Y	WO 2011/122662 A1 (NTN CORPORATION) 06 October 2011, paragraphs [0037]-[0075], fig. 1-6 & US 2013/0016937 A1, paragraphs [0056]-[0094], fig. 1-6 & EP 2554866 A1 & CN 102822546 A	1-5
Y	WO 2013/042765 A1 (NTN CORPORATION) 28 March 2013, paragraph [0031] & US 2014/0219595 A1, paragraph [0037] & EP 2759620 A1 & CN 103814150 A	4

☐ 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

"I" 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
12 December 2018 (12.12.2018)

Date of mailing of the international search report
25 December 2018 (25.12.2018)

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. F16C33/46(2006.01)i, B60B27/00(2006.01)i, B60B35/02(2006.01)i, F16C19/36(2006.01)i, F16C33/36(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. F16C33/46, B60B27/00, B60B35/02, F16C19/36, F16C33/36

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
Y	JP 2007-031614 A (NTN株式会社) 2007.02.08, 段落 [0009] - [0011]、図1-2 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2016-186354 A (NTN株式会社) 2016.10.27, 段落 [0004]、[0024] - [0025] (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

12.12.2018

国際調査報告の発送日

25.12.2018

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)

倉田 和博

3 J

9627

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	WO 2011/122662 A1 (NTN株式会社) 2011.10.06, 段落 [0037] - [0075]、図1 - 6 & US 2013/0016937 A1, 段落[0056]-[0094], FIGS. 1-6 & EP 2554866 A1 & CN 102822546 A	1 - 5
Y	WO 2013/042765 A1 (NTN株式会社) 2013.03.28, 段落 [0031] & US 2014/0219595 A1, 段落[0037] & EP 2759620 A1 & CN 103814150 A	4