

(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1月24日(24.01.2019)



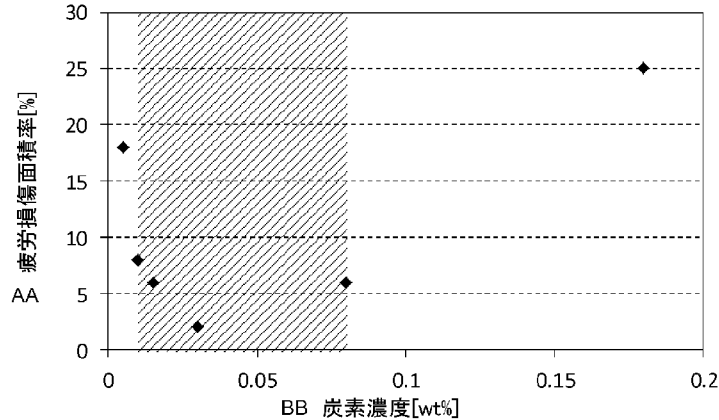
(10) 国際公開番号
WO 2019/017182 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 33/12 (2006.01) C22C 13/00 (2006.01)
C22C 12/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/024804
- (22) 国際出願日: 2018年6月29日(29.06.2018)
- (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 2017-141581 2017年7月21日(21.07.2017) JP
特願 2017-151239 2017年8月4日(04.08.2017) JP
- (71) 出願人: 大豊工業株式会社 (TAIHO KOGYO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4718502 愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目6番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 須賀 茂幸(SUGA Shigeyuki); 〒4718502 愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目6番地 大豊工業株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: Knowledge Partners 特許業務法人(KNOWLEDGE PARTNERS PPC); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目18番5号 白川第六ビル5階 Aichi (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,

(54) Title: SLIDING MEMBER AND SLIDING BEARING

(54) 発明の名称: 摺動部材およびすべり軸受

[図3]



AA Fatigue damage area rate
BB Carbon concentration

(57) Abstract: [Problem] To provide a sliding member and a sliding bearing which are capable of improving fatigue resistance. [Solution] Provided is a sliding member in which a coating layer is laminated on a base layer, wherein the coating layer comprises: Bi or Sn as a first metal element; a second metal element which is harder than said first metal element and forms an intermetallic compound with said first metal element; C; and inevitable impurities.



WO 2019/017182 A1

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))

(57) 要約: 【課題】耐疲労性を向上させることが可能な摺動部材およびすべり軸受を提供する。
【解決手段】基層上に被覆層が積層された摺動部材であって、前記被覆層は、第1金属元素としてのBiまたはSnと、前記第1金属元素よりも硬質であり、かつ、当該第1金属元素と金属間化合物を形成する第2金属元素と、Cと、不可避不純物と、からなる。

明 細 書

発明の名称： 摺動部材およびすべり軸受

技術分野

[0001] 本発明は、摺動面にて相手材が摺動する摺動部材およびすべり軸受に関する。

背景技術

[0002] Cuを必須元素として含み、SnとInの少なくとも一方を含むBi合金で形成されたオーバーレイ層が知られている（特許文献1、参照。）。特許文献1において、Bi合金中にCuやSnやInが含まれることにより、耐疲労性が向上することが記載されている。また、軟質金属であるSnにCuを添加した錫基オーバーレイが知られている（特許文献2、参照。）。特許文献1において、Snに強化元素としてのCuを添加することにより、耐摩耗性や耐疲労性の向上が図られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2004-353042号公報

特許文献2：特開2002-310158号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1のように、Bi合金中にCuが含まれると、却って耐疲労性が低下するという問題があった。オーバーレイ層に熱負荷がかかった場合に、BiとCuとによって硬質の金属間化合物が生成され、当該硬質の金属間化合物と軟質のBiとの界面においてクラックが発生しやすくなるからである。特に、金属間化合物が粗大化すると、オーバーレイ層中においてクラックが進展しやすくなり、耐疲労性が大きく低下してしまう。また、特許文献2の錫基オーバーレイの使用時等において熱負荷がかかった場合、耐疲労性が低下するという問題があった。特許文献1の錫基オーバーレ

イに熱負荷がかかると、SnとCuとによって硬質の金属間化合物が形成される。すると、硬質の金属間化合物と軟質のSnとの間において硬度差が大きく異なる界面が形成され、当該界面にて疲労クラックが発生しやすくなる。さらに、疲労クラックが金属間化合物とSnとの界面を進展することにより、耐疲労性が低下してしまう。

本発明は、前記課題にかんがみてなされたもので、オーバーレイの耐疲労性の向上を実現できる技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] 前記の目的を達成するため、本発明の摺動部材およびすべり軸受は、基層上に被覆層が積層された摺動部材であって、被覆層は、第1金属元素としてのSnと、第1金属元素よりも硬質であり、かつ、当該第1金属元素と金属間化合物を形成する第2金属元素と、0.010質量%以上、かつ、0.080質量%以下のCと、不可避不純物と、からなる。

[0006] 前記の構成において、熱負荷がかかった際に、第1金属元素と第2金属元素とによって金属間化合物が形成されても、適度な量のCが拡散障壁となって金属間化合物が粗大化する可能性を低減できる。従って、軟質のBiと硬質の金属間化合物との界面を小規模な大きさに留めることができる。そのため、軟質のBiと硬質の金属間化合物との界面において疲労クラックが発生しても、当該疲労クラックが大きく進展する可能性を低減でき、耐疲労性を向上させることができる。

[0007] なお、Cを0.010質量%以上とすることにより金属間化合物の粗大化を抑制でき、Cを0.020質量%以上とすることがより望ましい。また、Cを0.080質量%以下とすることにより被覆層が脆くなることを抑制でき、Cを0.060質量%以下とすることがより望ましい。第2金属元素は、Biよりも硬質かつBiと金属間化合物を形成する元素であればよく、例えばAgやSbやNi等であってもよい。第2金属元素は、0.5質量%以上、かつ、5.0質量%以下であればよく、望ましくは1.0質量%以上、かつ、3.0質量%以下であってもよい。第1金属元素としてのBiは、第

2 金属元素とCと不可避不純物の残部を構成する。

[0008] 前記の目的を達成するため、本発明の摺動部材およびすべり軸受は、基層上に被覆層が積層された摺動部材であって、被覆層は、第1金属元素としてのSnと、第1金属元素よりも硬質であり、かつ、当該第1金属元素と金属間化合物を形成する第2金属元素と、0.015wt%以上、かつ、0.100wt%以下のCと、不可避不純物と、からなる。

[0009] 前記の構成において、熱負荷がかかった際に、第1金属元素と第2金属元素とによって金属間化合物が形成されても、適度な量のCが拡散障壁となって金属間化合物が粗大化する可能性を低減できる。従って、軟質のSnと硬質の金属間化合物との界面を小規模な大きさに留めることができる。そのため、軟質のSnと硬質の金属間化合物との界面において疲労クラックが発生しても、当該疲労クラックが大きく進展する可能性を低減でき、耐疲労性を向上させることができる。

[0010] なお、Cを0.015wt%以上とすることにより金属間化合物の粗大化を抑制でき、Cを0.02wt%以上とすることがより望ましい。また、Cを0.100wt%以下とすることにより被覆層が脆くなることを抑制でき、Cを0.075wt%以下とすることがより望ましい。第2金属元素は、Snよりも硬質かつSnと金属間化合物を形成する元素であればよく、例えばAgやSbやNi等であってもよい。第2金属元素は、0.5wt%以上、かつ、10.0wt%以下であればよく、望ましくは1.0wt%以上、かつ、5.0wt%以下であってもよい。第1金属元素としてのSnは、第2金属とCと不可避不純物の残部を構成する。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施形態にかかる摺動部材の斜視図である。

[図2]疲労試験の説明図である。

[図3]第1実施形態のオーバーレイにおける炭素濃度と疲労損傷面積率のグラフである。

[図4]第2実施形態のオーバーレイにおける炭素濃度と疲労損傷面積率のグラ

フである。

発明を実施するための形態

[0012] ここでは、下記の順序に従って本発明の実施の形態について説明する。

(1) 第1実施形態：

(1-1) 摺動部材の構成：

(1-2) 計測方法：

(1-3) 摺動部材の製造方法：

(2) 実験結果：

(3) 第2実施形態：

(4) 他の実施形態：

[0013] (1) 第1実施形態：

(1-1) 摺動部材の構成：

図1は、本発明の一実施形態にかかる摺動部材1の斜視図である。摺動部材1は、裏金10とライニング11とオーバーレイ12とを含む。摺動部材1は、中空状の円筒を直径方向に2等分した半割形状の金属部材であり、断面が半円弧状となっている。2個の摺動部材1を円筒状になるように組み合わせることにより、すべり軸受Aが形成される。すべり軸受Aは内部に形成される中空部分にて円柱状の相手軸2（エンジンのクランクシャフト）を軸受けする。相手軸2の外径はすべり軸受Aの内径よりもわずかに小さく形成されている。相手軸2の外周面と、すべり軸受Aの内周面との間に形成される隙間に潤滑油（エンジンオイル）が供給される。その際に、すべり軸受Aの内周面上を相手軸2の外周面が摺動する。

[0014] 摺動部材1は、曲率中心から遠い順に、裏金10とライニング11とオーバーレイ12とが順に積層された構造を有する。従って、裏金10が摺動部材1の最外層を構成し、オーバーレイ12が摺動部材1の最内層を構成する。裏金10とライニング11とオーバーレイ12とは、それぞれ円周方向において一定の厚みを有している。裏金10の厚みは1.8mmであり、ライニング11の厚みは0.2mmであり、オーバーレイ12の厚みは10 μ m

である。オーバーレイ12の曲率中心側の表面の半径の2倍（摺動部材1の内径）は73mmである。以下、内側とは摺動部材1の曲率中心側を意味し、外側とは摺動部材1の曲率中心と反対側を意味することとする。オーバーレイ12の内側の表面は、相手軸2の摺動面を構成する。

[0015] 裏金10は、Cを0.15質量%含有し、Mnを0.06質量%含有し、残部がFeからなる鋼で形成されている。なお、裏金10は、ライニング11とオーバーレイ12とを介して相手軸2からの荷重を支持できる材料で形成されればよく、必ずしも鋼で形成されなくてもよい。

[0016] ライニング11は、裏金10の内側に積層された層であり、本発明の基層を構成する。ライニング11は、Snを10質量%含有し、Biを8質量%含有し、残部がCuと不可避不純物とからなる。ライニング11の不可避不純物はMg, Ti, B, Pb, Cr等であり、精錬もしくはスクラップにおいて混入する不純物である。ライニング11における不可避不純物の含有量は、全体で1.0質量%以下である。ライニング11は、上述した組成のものに限定されず、例えばBiとSnとInとNiの1種類以上と不可避不純物の総量が25質量%以下となるAl合金であってもよい。さらに、ライニング11は、Cu合金であってもよい。例えば、ライニング11は、SnとSiとZnとMgとCrとZrとNiとVの1種類以上と不可避不純物の総量が25質量%以下となるCu合金であってもよい。

[0017] オーバーレイ12は、ライニング11の内側の表面上に積層された層であり、本発明の被覆層を構成する。オーバーレイ12は、被覆層は、第1金属元素としてのBiと、当該第1金属元素と金属間化合物を形成する第2金属元素としてのNiと、Cと、不可避不純物と、からなる。本実施形態のオーバーレイ12において、Niの含有量は2.0質量%であり、Cの含有量は0.03質量%であり、不可避不純物の全体の含有量は1.0質量%以下であり、残部がBiとなっている。

[0018] 以上説明した摺動部材1と同様のオーバーレイ12を有する疲労試験片（コンロッドR）を作成し、その疲労損傷面積率を計測したところ、疲労損傷

面積率は2.0%と良好であった。後述する疲労試験において熱負荷がかかった際に、第1金属元素と第2金属元素とによって金属間化合物が形成されても、適度な量のCが拡散障壁となって金属間化合物が粗大化する可能性を低減できる。本実施形態において、金属間化合物として、オーバーレイ12中に Bi_3Ni 等が析出するが、Cが拡散障壁となって Bi_3Ni 等の粗大化を抑制できる。これにより、軟質のBiと硬質の金属間化合物との界面を小規模な大きさに留めることができる。そのため、軟質のBiと硬質の金属間化合物との界面において疲労クラックが発生しても、当該疲労クラックが大きく進展する可能性を低減でき、耐疲労性を向上させることができる。

[0019] (1-2) 計測方法：

なお、疲労損傷面積率は、以下の手順で計測した。まず、図2に示すように、長さ方向の両端に円柱状の貫通穴が形成されたコンロッドRを用意し、一端の貫通穴にて試験軸H（ハッチング）を軸受けさせた。なお、試験軸Hを軸受けするコンロッドRの貫通穴の内周面に摺動部材1と同様のオーバーレイ12（黒色）を形成した。試験軸Hの軸方向におけるコンロッドRの両外側において試験軸Hを軸受けし、摺動速度が6.6m/秒となるように試験軸Hを回転させた。摺動速度とは、オーバーレイ12の表面と試験軸Hとの間の相対速度である。試験軸Hとは反対側のコンロッドRの端部を、コンロッドRの長さ方向に往復移動する移動体Fに連結し、当該移動体Fの往復荷重を57MPaとした。また、コンロッドRと試験軸Hの間には、120°Cのエンジンオイルを給油した。

[0020] 以上の状態を50時間にわたって継続することにより、オーバーレイ12の疲労試験を行った。そして、疲労試験後において、オーバーレイ12の内側の表面（摺動面）を、当該表面に直交する直線上の位置から当該直線を主光軸とするように撮影し、当該撮影された画像である評価画像を得た。そして、評価画像に映し出されたオーバーレイ12の表面のうち損傷した部分をビノキュラー（拡大鏡）で観察して特定し、当該損傷した部分の面積である損傷部面積を、評価画像に映し出されたオーバーレイ12の表面全体の面積

で除算した値の百分率を疲労損傷面積率として計測した。

[0021] 上述した実施形態において示した各数値を以下の手法によって計測した。摺動部材1の各層を構成する元素の質量は、ICP発光分光分析装置（島津社製ICPS-8100）によって計測した。ただし、オーバーレイ12における炭素濃度は、高周波誘導加熱炉燃焼赤外線吸収法（JISG1211鉄鋼用炭素量分析方法）によって計測した。

[0022] 各層の厚みは、以下の手順で計測した。まず、摺動部材1の軸方向の垂直断面をクロスセクションポリッシャ（日本電子製IB-09010CP）で研磨した。そして、摺動部材1の断面を電子顕微鏡（日本電子製JSM-6610A）によって7000倍の倍率で撮影することにより、観察画像（反射電子像）の画像データを得た。そして、観察画像を画像解析装置（ニレコ社製ルーゼックスAP）によって解析することにより膜厚を計測した。

[0023] （1-3）摺動部材の製造方法：

まず、裏金10と同じ厚みを有する低炭素鋼の平板を用意した。

次に、低炭素鋼で形成された平板上に、ライニング11を構成する材料の粉末を散布する。具体的に、上述したライニング11における各成分の質量比となるように、Cuの粉末とBiの粉末とSnの粉末とを低炭素鋼の平板上に散布した。ライニング11における各成分の質量比が満足できればよく、Cu-Bi、Cu-Sn等の合金粉末を低炭素鋼の平板上に散布してもよい。粉末の粒径は、試験用ふるい（JIS Z8801）によって150 μ m以下に調整した。

[0024] 次に、低炭素鋼の平板と、当該平板上に散布した粉末とを焼結した。焼結温度を700~1000 $^{\circ}$ Cに制御し、不活性雰囲気中で焼結した。焼結後、冷却した。なお、ライニング11は必ずしも焼結によって形成されなくてもよく、鋳造等によって形成されてもよい。

[0025] 冷却が完了すると、低炭素鋼の平板上にCu合金層が形成される。このCu合金層には、冷却中に析出した軟質のBi粒子が含まれることとなる。

次に、中空状の円筒を直径方向に2等分した形状となるように、Cu合金層が形成された低炭素鋼をプレス加工した。このとき、低炭素鋼の外径が摺動部材1の外径と一致するようにプレス加工した。

[0026] 次に、裏金10上に形成されたCu合金層の表面を切削加工した。このとき、裏金10上に形成されたCu合金層の厚みがライニング11と同一となるように、切削量を制御した。これにより、切削加工後のCu合金層によってライニング11が形成できる。切削加工は、例えば焼結ダイヤモンドで形成された切削工具材をセットした旋盤によって行った。切削加工後のライニング11の表面は、ライニング11とオーバーレイ12との界面を構成する。

[0027] 次に、ライニング11の表面上にBiを電気めっきによって10 μ mの厚みだけ積層することにより、オーバーレイ12を形成した。電気めっきの手順は以下のとおりとした。まず、ライニング11の表面を水洗した。さらに、ライニング11の表面を酸洗することにより、ライニング11の表面から不要な酸化物を除去した。その後、ライニング11の表面を、再度、水洗した。

[0028] 以上の前処理が完了すると、めっき浴に浸漬させたライニング11に電流を供給することにより電気めっきを行った。有機スルホン酸Bi：20g/l（Bi濃度）と硝酸Ni：1g/l（Ni濃度）と有機系界面活性剤：20ml/lと有機スルホン酸：100g/lとを含むめっき浴の浴組成とした。有機系界面活性剤は、ポリエチレングリコール溶液を使用した。めっき浴の浴温度を、30 $^{\circ}$ Cとした。さらに、ライニング11に供給する電流を直流電流とし、その電流密度を3.0A/dm²とした。電気めっきの完了後に、水洗と乾燥を行った。

[0029] 以上のようにして、摺動部材1を完成させると、2個の摺動部材1を円筒状に組み合わせるにより、すべり軸受Aを形成し、エンジンに取り付けた。

[0030] （2）実験結果：

第1実施形態と同様の電気めっきにおいて、有機系界面活性剤の濃度を5 ml/lに変更した実施例1と、有機系界面活性剤の濃度を10 ml/lに変更した実施例2と、有機系界面活性剤の濃度を20 ml/lとした実施例3（第1実施形態）と、有機系界面活性剤の濃度を40 ml/lに変更した実施例4と、有機系界面活性剤の濃度を80 ml/lに変更した比較例1とを用意した。さらに、硫酸浴（硝酸Bi：30 g/l（Bi濃度），硝酸Ni：2 g/l（Ni濃度），硫酸：100 g/l）のめっき浴にて電気めっきを行った比較例2を用意した。

[0031] [表1]

	有機系界面活性剤 [ml/l]	炭素濃度 [wt%]	疲労損傷面積率 [%]
実施例1	20	0.01	8
実施例2	10	0.015	6
実施例3 (第1実施形態)	20	0.03	2
実施例4	40	0.08	6
比較例1	80	0.18	25
比較例2	0 (硫酸浴)	0.005	18

表1は、実施例1～4と、比較例1，2におけるオーバーレイ12中の炭素濃度と疲労損傷面積率とを示す。炭素濃度と疲労損傷面積率とは、第1実施形態と同様の手法によって計測した。表1に示すように、めっき浴における有機系界面活性剤の濃度を大きくことにより、オーバーレイ12中の炭素濃度を大きくすることができた。また、比較例2のように、有機物を含まないめっき浴を使用することにより、オーバーレイ12中の炭素濃度をほぼ0とすることができた。

[0032] 図3は、炭素濃度と疲労損傷面積率との関係を示すグラフである。同図に示すように、0.03質量%以下の炭素濃度の範囲において、炭素濃度が大

きくなるほど良好な耐疲労性を示すことが分かった。炭素濃度が大きくなるほど、効果的に Cu_6Bi_5 や Cu_3Bi の粗大化を抑制できたものと考えられる。0.03質量%よりも大きい炭素濃度の範囲において、炭素濃度が小さいほど良好な耐疲労性を示すことが分かった。炭素濃度が小さくなるほど、Cによってオーバーレイ12が脆くなることを抑制できたものと考えられる。

[0033] また、図3のグラフにおいて、ハッチングで示すように、Cを0.010質量%以上し、Cを0.080質量%以下とすることが望ましいことが分かった。さらに、0.02質量%以上とすることがより望ましく、0.060質量%以下とすることがより望ましい。

[0034] (3) 第2実施形態：

第2実施形態は、オーバーレイ12以外の構成について第1実施形態と共通する。以下、第2実施形態のオーバーレイ12について説明する。第2実施形態のオーバーレイ12も、ライニング11の内側の表面上に積層された層であり、本発明の被覆層を構成する。第2実施形態のオーバーレイ12は、被覆層は、第1金属元素としてのSnと、当該第1金属元素と金属間化合物を形成する第2金属元素としてのCuと、Cと、不可避不純物と、からなる。第2実施形態のオーバーレイ12において、Cuの含有量は3.0wt%であり、Cの含有量は0.05wt%であり、不可避不純物の全体の含有量は1.0wt%以下であり、残部がSnとなっている。

[0035] 以上説明した第2実施形態のオーバーレイ12を有する疲労試験片（コンロッドR）を作成し、その疲労損傷面積率を計測したところ、疲労損傷面積率は3.0%と良好であった。後述する疲労試験において熱負荷がかかった際に、第1金属元素と第2金属元素とによって金属間化合物が形成されても、適度な量のCが拡散障壁となって金属間化合物が粗大化する可能性を低減できる。第2実施形態において、金属間化合物として、オーバーレイ12中に Cu_6Sn_5 や Cu_3Sn が析出するが、Cが拡散障壁となって Cu_6Sn_5 や Cu_3Sn の粗大化を抑制できる。これにより、軟質のSnと硬質の金属間化合物との界面を小規模な大きさに留めることができる。そのため、軟質のSn

と硬質の金属間化合物との界面において疲労クラックが発生しても、当該疲労クラックが大きく進展する可能性を低減でき、耐疲労性を向上させることができる。

[0036] なお、ライニング11の表面上にSnを電気めっきによって10 μ mの厚みだけ積層することにより、第2実施形態のオーバーレイ12を形成した。電気めっきの手順は以下のとおりとした。まず、ライニング11の表面を水洗した。さらに、ライニング11の表面を酸洗することにより、ライニング11の表面から不要な酸化物を除去した。その後、ライニング11の表面を、再度、水洗した。

[0037] 以上の前処理が完了すると、めっき浴に浸漬させたライニング11に電流を供給することにより電気めっきを行った。硝酸第一錫：28g/l（Sn濃度）と硫酸銅：3g/l（Cu濃度）と無機アンモニウム塩：100g/lと有機カルボン酸：80g/lを含むめっき浴の浴組成とした。めっき浴の浴温度を、30 $^{\circ}$ Cとした。さらに、ライニング11に供給する電流を直流電流とし、その電流密度を2.0A/dm²とした。電気めっきの完了後に、水洗と乾燥を行った。

[0038] 第2実施形態と同様の電気めっきにおいて、有機カルボン酸の濃度を20g/lに変更した実施例5と、有機カルボン酸の濃度を40g/lに変更した実施例6と、有機カルボン酸の濃度を80g/lにした実施例7（第2実施形態）と、有機カルボン酸の濃度を100g/lに変更した実施例8と、有機カルボン酸の濃度を200g/lに変更した比較例3とを用意した。さらに、ホウフッ化浴（ホウフッ化錫、ホウフッ化銅）のめっき浴にて電気めっきを行った比較例4を用意した。

[0039]

[表2]

	有機カルボン酸 [g/l]	炭素濃度 [wt%]	疲労損傷面積率 [%]
実施例5	20	0.015	8
実施例6	40	0.02	5
実施例7 (第2実施形態)	80	0.05	3
実施例8	100	0.1	7
比較例3	200	0.5	21
比較例4	0 (ハウフツ化浴)	0.005	15

表2は、実施例5～7と、比較例3，4におけるオーバーレイ12中の炭素濃度と疲労損傷面積率とを示す。炭素濃度と疲労損傷面積率とは、第1実施形態と同様の手法によって計測した。表2に示すように、めっき浴における有機カルボン酸の濃度を大きくことにより、オーバーレイ12中の炭素濃度を大きくすることができた。また、比較例4のように、有機物を含まないめっき浴を使用することにより、オーバーレイ12中の炭素濃度をほぼ0とすることができた。

[0040] 図4は、第2実施形態における炭素濃度と疲労損傷面積率との関係を示すグラフである。同図に示すように、0.05wt%以下の炭素濃度の範囲において、炭素濃度が大きくなるほど良好な耐疲労性を示すことが分かった。炭素濃度が大きくなるほど、効果的に Cu_6Sn_5 や Cu_3Sn の粗大化を抑制できたものと考えられる。0.05wt%よりも大きい炭素濃度の範囲において、炭素濃度が小さいほど良好な耐疲労性を示すことが分かった。炭素濃度が小さくなるほど、Cによってオーバーレイ12が脆くなることを抑制できたものと考えられる。

[0041] また、図4のグラフにおいて、ハッチングで示すように、Cを0.015wt%以上とし、Cを0.100wt%以下とすることが望ましいことが分

かった。さらに、0.02wt%以上とすることがより望ましく、0.075wt%以下とすることがより望ましい。

[0042] (4) 他の実施形態：

前記実施形態においては、第2金属元素としてCuを採用したが、Biよりも硬質（例えばモース硬度が大きい）な他の元素（Ag, Sb, Ni, Au等）を第2金属元素として採用してもよい。また、金属間化合物が形成されるのは必ずしも摺動部材1の使用時に限られない。例えば、摺動部材1の使用前において、予め熱処理を行うことにより、金属間化合物の析出を完了させておいてもよい。この場合も、適切な量のCによって金属間化合物の粗大化を抑制することができる。

[0043] また、ライニング11とオーバーレイ12との間に中間層が挿入されてもよい。中間層は、ライニング11の元素がオーバーレイ12に拡散することを抑制できる材料によって形成されることが望ましく、例えばCuで形成されてもよい。オーバーレイ12の炭素濃度は、必ずしも電気めっきのめっき浴における炭素濃度によって調整されなくてもよく、オーバーレイ12の形成手法も電気めっきに限られない。例えば、オーバーレイ12をスパッタリングや蒸着によって形成してもよく、スパッタリングや蒸着を行う際に炭素濃度が調整されてもよい。さらに、炭素濃度が低いオーバーレイ12を形成した後に、拡散等によって炭素濃度を増加させるようにしてもよい。

[0044] 前記実施形態においては、エンジンのクランクシャフトを軸受けするすべり軸受Aを構成する摺動部材1を例示したが、本発明の摺動部材1によって他の用途のすべり軸受Aを形成してもよい。例えば、本発明の摺動部材1によってトランスミッション用のギャブシュやピストンピンブシュ・ボスブシュ等のラジアル軸受を形成してもよい。さらに、本発明の摺動部材は、スラスト軸受であってもよく、各種ワッシャであってもよいし、カーエアコンコンプレッサ用の斜板であってもよい。また、ライニング11のマトリクスはCu合金に限られず、相手軸2の硬さに応じてマトリクスの材料が選択されればよい。また、裏金10は、必須ではなく省略されてもよい。

符号の説明

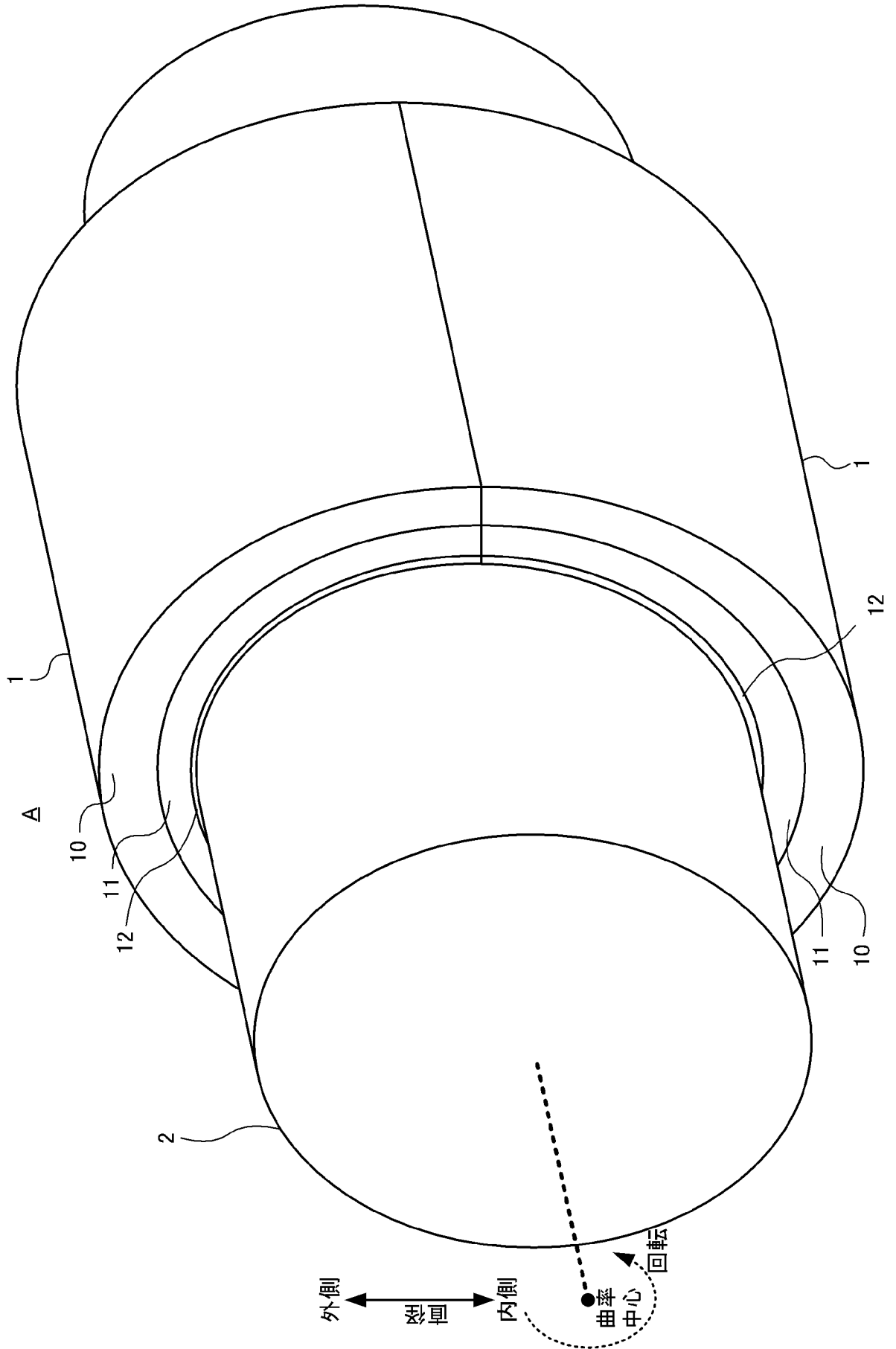
[0045] 1…摺動部材、2…相手軸、10…裏金、11…ライニング、12…オーバーレイ、A…軸受、F…移動体、H…試験軸、R…コンロッド

請求の範囲

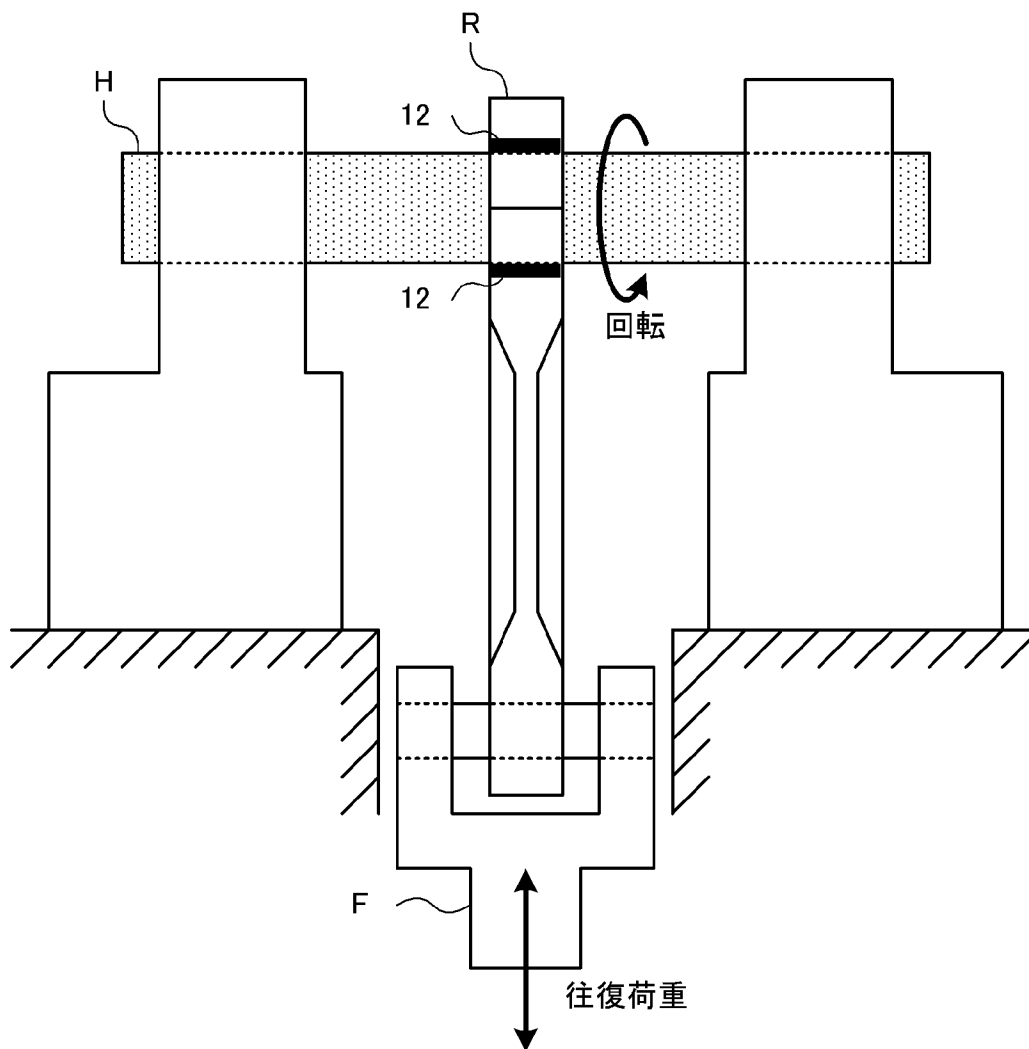
- [請求項1] 基層上に被覆層が積層された摺動部材であって、
前記被覆層は、
第1金属元素としてのBiと、
前記第1金属元素よりも硬質であり、かつ、当該第1金属元素と金属間化合物を形成する第2金属元素と、
0.010質量%以上、かつ、0.080質量%以下のCと、
不可避不純物と、
からなることを特徴とする摺動部材。
- [請求項2] 基層上に被覆層が積層されたすべり軸受であって、
前記被覆層は、
第1金属元素としてのBiと、
前記第1金属元素よりも硬質であり、かつ、当該第1金属元素と金属間化合物を形成する第2金属元素と、
0.010質量%以上、かつ、0.080質量%以下のCと、
不可避不純物と、
からなることを特徴とするすべり軸受。
- [請求項3] 基層上に被覆層が積層された摺動部材であって、
前記被覆層は、
第1金属元素としてのSnと、
前記第1金属元素よりも硬質であり、かつ、当該第1金属元素と金属間化合物を形成する第2金属元素と、
0.015wt%以上、かつ、0.100wt%以下のCと、
不可避不純物と、
からなることを特徴とする摺動部材。
- [請求項4] 基層上に被覆層が積層されたすべり軸受であって、
前記被覆層は、
第1金属元素としてのSnと、

前記第1金属元素よりも硬質であり、かつ、当該第1金属元素と金属間化合物を形成する第2金属元素と、
0.015wt%以上、かつ、0.100wt%以下のCと、
不可避不純物と、
からなることを特徴とするすべり軸受。

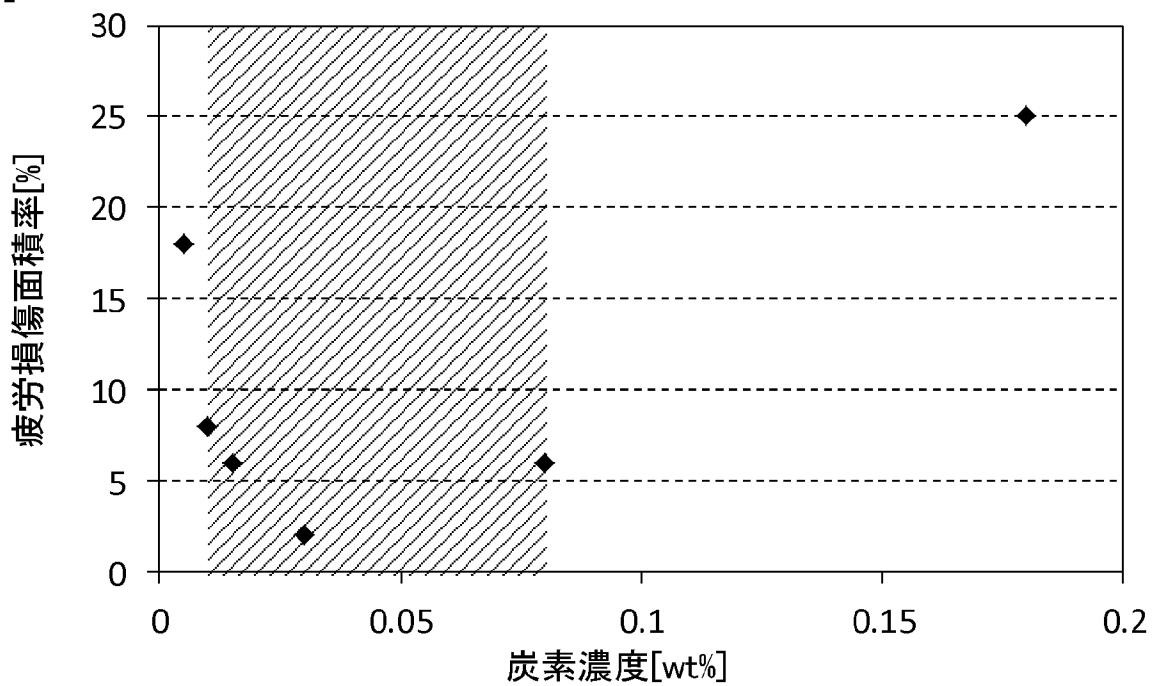
[図1]



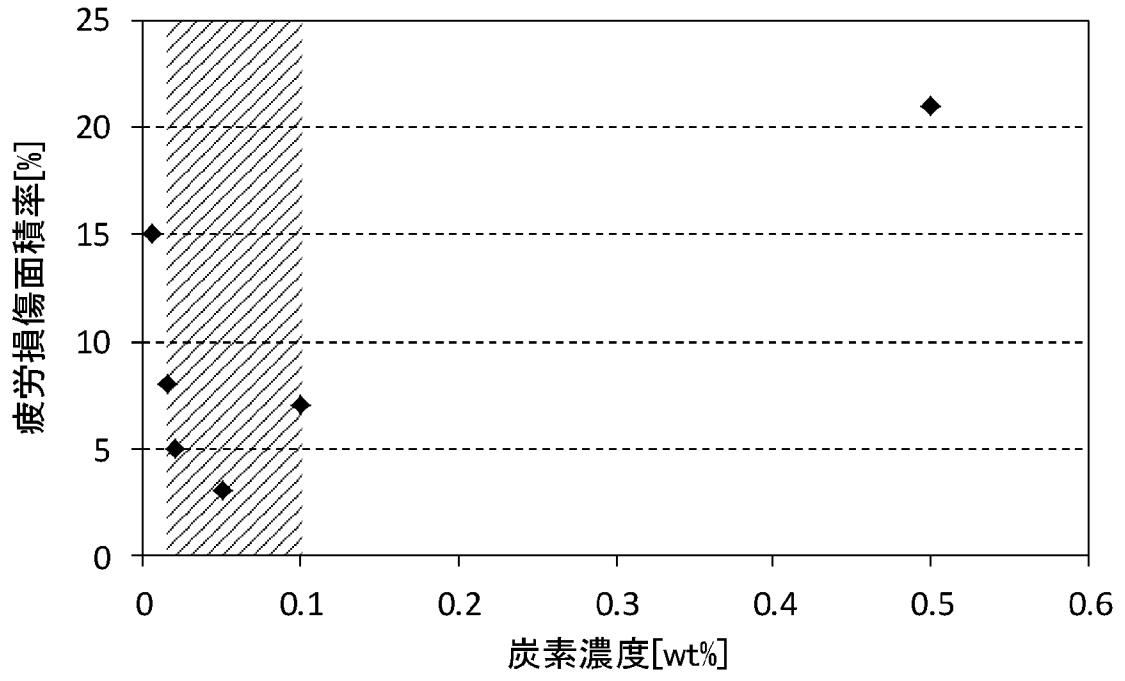
[圖2]



[圖3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/024804

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. F16C33/12 (2006.01) i, C22C12/00 (2006.01) i, C22C13/00 (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. F16C33/12, C22C12/00, C22C13/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:80%;">Published examined utility model applications of Japan</td> <td style="width:20%;">1922-1996</td> </tr> <tr> <td>Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td>1971-2018</td> </tr> <tr> <td>Registered utility model specifications of Japan</td> <td>1996-2018</td> </tr> <tr> <td>Published registered utility model applications of Japan</td> <td>1994-2018</td> </tr> </table> Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)			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
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									
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT										
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.								
Y	JP 2011-163382 A (DAIDO METAL CO., LTD.) 25 August 2011, paragraphs [0006]-[0024] & US 2012/0277131 A1, paragraphs [0006]-[0034] & GB 2492673 A & WO 2011/096524 A1 & KR 10-2012-0112693 A	1-2								
Y	JP 11-50296 A (TOYOTA MOTOR CORP., TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.) 23 February 1999, paragraphs [0001]-[0028] (Family: none)	1-2								
Y	JP 2006-105265 A (TAIHO KOGYO CO., LTD., TOYOTA MOTOR CORP.) 20 April 2006, paragraphs [0010]-[0013], fig. 1 (Family: none)	1-2								
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.										
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align:top;"> * 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 </td> <td style="width:50%; vertical-align:top;"> "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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 19 September 2018 (19.09.2018)		Date of mailing of the international search report 02 October 2018 (02.10.2018)								
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.								

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/024804

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 2015-96750 A (TAIHO KOGYO CO., LTD.) 21 May 2015, paragraphs [0001]-[0038], fig. 1-5 (Family: none)	1-2
A	WO 2009/075314 A1 (SHIROGANE CO., LTD., UNIVERSITY OF TSUKUBA) 18 June 2009, entire text, all drawings & US 2010/0296965 A1, entire text, all drawings & CN 101952080 A	3-4
A	JP 2011-137227 A (MIBA GLEITLAGER GMBH) 14 July 2011, paragraphs [0001]-[0032] & US 2011/0142381 A1, paragraphs [0001]-[0029] & EP 2341257 A2 & CN 102094900 A & KR 10-2011-0066114 A	3-4
A	JP 5-117790 A (TAIHO KOGYO CO., LTD.) 14 May 1993, entire text, all drawings (Family: none)	3-4
A	JP 5-52221 A (TOSHIBA CORP.) 02 March 1993, entire text, all drawings (Family: none)	3-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. F16C33/12(2006.01)i, C22C12/00(2006.01)i, C22C13/00(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. F16C33/12, C22C12/00, C22C13/00

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 2011-163382 A（大同メタル工業株式会社）2011.08.25, 段落[0006]-[0024] & US 2012/0277131 A1, 段落[0006]-[0034] & GB 2492673 A & WO 2011/096524 A1 & KR 10-2012-0112693 A	1-2
Y	JP 11-50296 A（トヨタ自動車株式会社, 株式会社豊田中央研究所） 1999.02.23, 段落[0001]-[0028]（ファミリーなし）	1-2
Y	JP 2006-105265 A（大豊工業株式会社, トヨタ自動車株式会社） 2006.04.20, 段落[0010]-[0013], 第1図（ファミリーなし）	1-2

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 19.09.2018	国際調査報告の発送日 02.10.2018
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） 岡澤 洋 電話番号 03-3581-1101 内線 3328
	3 J 3320

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 2015-96750 A (大豊工業株式会社) 2015. 05. 21, 段落[0001]-[0038], 第 1-5 図 (ファミリーなし)	1-2
A	WO 2009/075314 A1 (株式会社白金, 国立大学法人 筑波大学) 2009. 06. 18, 全文, 全図 & US 2010/0296965 A1, 全文, 全図 & CN 101952080 A	3-4
A	JP 2011-137227 A (ミーバ グライトラガー ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング) 2011. 07. 14, 段落[0001]-[0032] & US 2011/0142381 A1, 段落[0001]-[0029] & EP 2341257 A2 & CN 102094900 A & KR 10-2011-0066114 A	3-4
A	JP 5-117790 A (大豊工業株式会社) 1993. 05. 14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	3-4
A	JP 5-52221 A (株式会社東芝) 1993. 03. 02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	3-4