

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6895338号
(P6895338)

(45) 発行日 令和3年6月30日(2021.6.30)

(24) 登録日 令和3年6月9日(2021.6.9)

(51) Int.Cl.

F 16 C 33/12 (2006.01)
C 22 C 12/00 (2006.01)

F 1

F 16 C 33/12
C 22 C 12/00

A

請求項の数 2 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2017-151239 (P2017-151239)
 (22) 出願日 平成29年8月4日 (2017.8.4)
 (65) 公開番号 特開2019-26923 (P2019-26923A)
 (43) 公開日 平成31年2月21日 (2019.2.21)
 審査請求日 令和1年10月31日 (2019.10.31)

(73) 特許権者 000207791
 大豊工業株式会社
 愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目65番地
 (74) 代理人 110000660
 Knowledge Partners
 特許業務法人
 (74) 代理人 100167254
 弁理士 後藤 貴亨
 (72) 発明者 須賀 茂幸
 愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目65番地 大豊
 工業株式会社内
 審査官 藤村 聖子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摺動部材およびすべり軸受

(57) 【特許請求の範囲】

【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金属元素としてのNi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、
 からなり、

前記被覆層には、少なくとも表面に前記金属間化合物が存在す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金属元素としてのNi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、

10

20

からなり、

前記被覆層には、少なくとも表面に前記金属間化合物が存在することを特徴とするすべり軸受。

【発明の詳細な説明】

【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。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2004-353042号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

20

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。

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】

30

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。

40

【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。

50

【図面の簡単な説明】**【0008】**

【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】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】**【0009】**

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：

10

(1-2) 計測方法：

(1-3) 摺動部材の製造方法：

(2) 実験結果：

(3) 他の実施形態：

【0010】

(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。

20

【0011】

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10μm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。

30

【0012】

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。

40

【0013】

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。

【0014】

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

50

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。

【0015】

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 $B_{13}Ni$ 等が析出するが、Cが拡散障壁となって $B_{13}Ni$ 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。10

【0016】

（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との間には、120°のエンジンオイルを給油した。20

【0017】

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ピノキュラー（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。30

【0018】

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。40

【0019】

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。

【0020】

（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面板を用意した。
次に、低炭素鋼で形成された平面板上に、ライニング11を構成する材料の粉末を散布50

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面板上に散布した。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面板上に散布してもよい。粉末の粒径は、試験用ふるい (JIS Z 8801) によって 150 μm 以下に調整した。

【0021】

次に、低炭素鋼の平面板と、当該平面板上に散布した粉末とを焼結した。焼結温度を 700 ~ 1000 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。

10

【0022】

冷却が完了すると、低炭素鋼の平面板上に 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。

【0023】

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。

20

【0024】

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 μm 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。

【0025】

30

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 : 20 g / l (Bi 濃度) と硝酸 Ni : 1 g / l (Ni 濃度) と有機系界面活性剤 : 20 ml / l と有機スルホン酸 : 100 g / l 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 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 3.0 A / dm² とした。電気めっきの完了後に、水洗と乾燥を行った。

【0026】

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ことにより、すべり軸受 A を形成し、エンジンに取り付けた。

40

【0027】

(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。

【0028】

50

【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とすることことができた。

【0029】

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Cu₆Bi₅やCu₃Bi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。

【0030】

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。

【0031】

(3)他の実施形態：

第1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。

【0032】

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

10

20

30

40

50

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。

【0033】

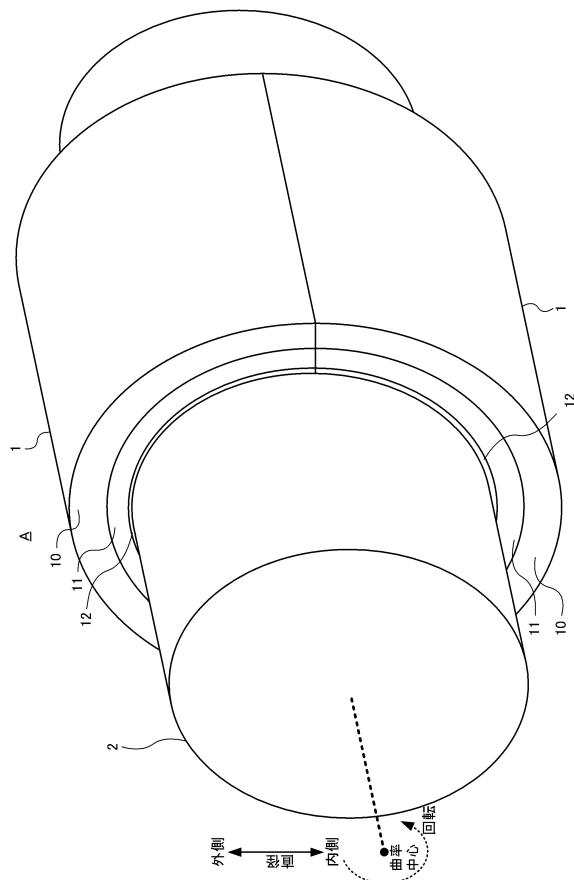
前記実施形態においては、エンジンのクランクシャフトを軸受けするすべり軸受 A を構成する摺動部材 1 を例示したが、本発明の摺動部材 1 によって他の用途のすべり軸受 A を形成してもよい。例えば、本発明の摺動部材 1 によってトランスミッション用のギヤブッシュやピストンピンブッシュ・ボスブッシュ等のラジアル軸受を形成してもよい。さらに、本発明の摺動部材は、スラスト軸受であってもよく、各種ワッシャであってもよいし、カーエアコンコンプレッサ用の斜板であってもよい。また、ライニング 11 のマトリクスは Cu 合金に限られず、相手軸 2 の硬さに応じてマトリクスの材料が選択されればよい。また、裏金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

【符号の説明】

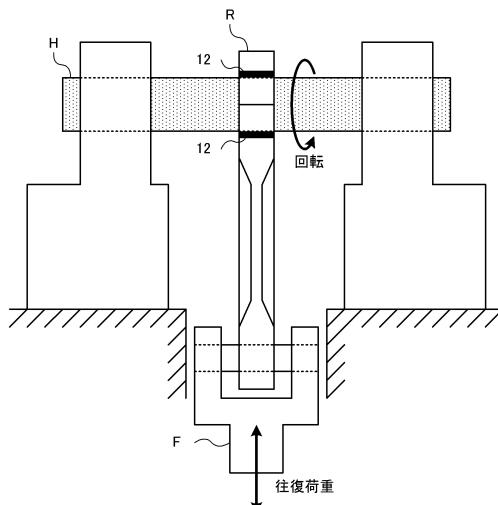
【0034】

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

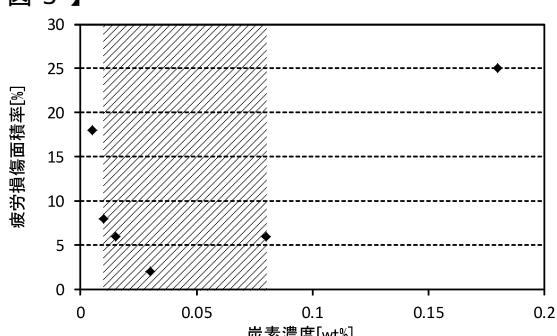
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2007-501919(JP,A)
特開2011-163382(JP,A)
特開2004-308883(JP,A)
特開2016-027281(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 16 C 17/00 - 17/26
F 16 C 33/00 - 33/28
C 22 C 12/00