(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2005-163610
(P2005-163610A)
(43)公開日　平成17年6月23日(2005.6.23)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
F01L 1/14	F01L 1/14	B	3G016
C23C 28/00	F01L 1/14	E	3J030
F01L 1/18	C23C 28/00	B	3J033
F16C 3/02	F01L 1/18	M	3J101
F16C 33/34	F01L 1/18	N	4K044

審査請求 未請求　請求項の数 3　OL　（全 13 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2003-402809 (P2003-402809)
(22)出願日　平成15年12月2日 (2003.12.2)

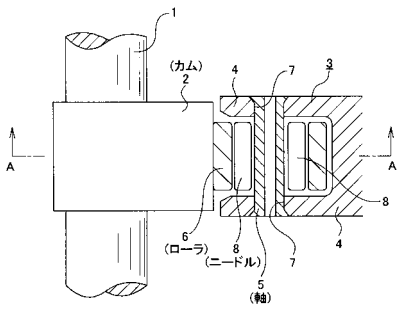
(71)出願人　000004204
日本精工株式会社
東京都品川区大崎１丁目６番３号
(74)代理人　100087457
弁理士　小山　武男
(74)代理人　100120190
弁理士　中井　俊
(74)代理人　100056833
弁理士　小山　欽造
(72)発明者　金野　大
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目５番５０号
日本精工株式会社内

Fターム(参考)　3G016 AA19 BB01 BB03 BB09 BB22 CA21 EA06 FA19 GA00 GA02 GA05

最終頁に続く

(54)【発明の名称】タペットローラ軸受

(57)【要約】
【課題】　エンジンの運転開始直後や、エンジンの急加減速に伴ってエンジンオイルの供給が追いつかない場合でも、表面損傷が発生する事を防止する。
【解決手段】　軸５の外周面に、摩擦低減用の表面処理層である、炭素化合物層を形成する。この炭素化合物層は、クロム金属層と、クロムと炭素とから成る複合層である傾斜層と、炭素から成る炭素成分層とにより構成し、この炭素化合物層の微小硬さ試験による塑性変形硬さを、１５～５８GPaとする。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
エンジンのクランクシャフトと同期して回転するカムシャフトに固定されたカムと、このカムに対向して設けられ、このカムの動きを受ける部材に間隔を開けて形成した１対の支持壁部と、これら１対の支持壁部の間に掛け渡された軸と、この軸の周囲に回転自在に支承されたローラとを備えたタペットローラ軸受に於いて、
上記カムの回転に伴って相手部材に対し相対変位する複数の部材のうちの少なくとも１個の部材の表面に、微小硬さ試験による塑性変形硬さが１５ＧPa以上である、摩擦を低減する表面処理層を形成した事を特徴とするタペットローラ軸受。
【請求項２】
摩擦を低減する表面処理層が、炭素と金属とにより構成されたもので、且つ、１１０ＧPa以上の等価弾性定数を有するものであり、この表面処理層を、軸と、ローラと、これら軸の外周面とローラの内周面との間に設けた複数の転動体とのうちの少なくとも１個の部材の表面に形成した、請求項１に記載したタペットローラ軸受。
【請求項３】
摩擦を低減する表面処理層の等価弾性定数をＥとし、この表面処理層の塑性変形硬さをＨとした場合に、Ｈ／Ｅ≧０．１５である、請求項１に記載したタペットローラ軸受。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明に係るタペットローラ軸受は、エンジンの動弁機構中に組み込み、動弁機構部分の摩擦を少なくして、エンジン運転時に於ける燃料消費率の低減を図るものである。
【背景技術】
【０００２】
エンジン内部での摩擦低減を図り、燃焼消費率を低減する事を目的として、クランクシャフトと同期したカムシャフトの回転を給気弁及び排気弁の往復運動に変換する部分に、タペットローラ軸受を組み込む事が広く行われている。図１は、この様なタペットローラ軸受のうち、従来から広く知られている構造を示している。
【０００３】
エンジンのクランクシャフトと同期して回転するカムシャフト１に固定された（一般的には一体に形成された）カム２に対向して、このカム２の動きを受けるロッカーアーム３が設けられている。このロッカーアーム３の端部には１対の支持壁部４、４が、互いに間隔を開けて設けられている。これら１対の支持壁部４、４の間には鋼製で中空又は中実の軸５を掛け渡している。この軸５の両端は焼き入れする事なく、生のままとしており、軸５を固定する際には、この未焼き入れ部分を、上記１対の支持壁部４、４に形成した通孔７、７の内周面に向けてかしめ付ける。上述の様にして、１対の支持壁部４、４の間に掛け渡された軸５の周囲にはローラ６を、それぞれが転動体である複数のニードル８、８を介して回転自在に支承しており、このローラ６の外周面を、上記カム２の外周面に当接させている。
【０００４】
上述の様に構成されるタペットローラ軸受によれば、ロッカーアーム３とカム２との間に働く摩擦力を低減し、エンジン運転時に於ける燃料消費率の低減を図れる。この様なタペットローラ軸受の設置部分にはエンジン運転時に、エンジンオイルが供給される。そして、このエンジンオイルによって、カム２の外周面とローラ６の外周面との間、及び各ニードル８、８の転動面とこのローラ６の内周面との間、及びこれら各ニードル８、８の転動面と軸５の外周面との間が潤滑される。
【０００５】
尚、タペットローラ軸受の構成部品の材質としては、カム２を含むカムシャフト１は鋳鉄若しくは軸受鋼により、ローラ６と軸５とニードル８、８とは高炭素クロム軸受鋼により、それぞれ造る事が、必要な強度を確保しつつ材料費、加工費を抑える面から、一般的

に行われている。そして、各部材の周面同士の間の隙間寸法並びに表面粗さを工夫する事で、エンジン運転時に於ける各部材同士の摺接部の潤滑性を確保する様にしている。この様な潤滑性確保をより確実に行う為、軸５を燐青銅により、ニードル８、８を高炭素クロム軸受鋼により、それぞれ造る事も、一部で行われている。又、ロッカーアーム３及び軸５にエンジンオイル供給用の給油孔を開設する事も、例えば特許文献１に記載されている様に、従来から提案されている。更に、ローラ６を窒化珪素等のセラミックにより造り、軸５に対しこのローラ６を転動体を介さず直接回転自在に支承する事も、例えば特許文献２等に記載されている様に、従来から提案されている。

【０００６】

ところが、上述の様な従来から知られたタペットローラ軸受の場合には、次に述べる様な解決すべき点がある。

先ず、カム２を含むカムシャフト１を鋳鉄或は軸受鋼により造り、ローラ６と軸５とニードル８、８とを高炭素クロム軸受鋼により造った場合には、運転時のエンジンの高回転領域で、ローラ６の内周面とニードル８、８の転動面との一方又は双方に、更には軸５の外周面とニードル８、８の転動面との一方又は双方に摩耗が発生する。この様な摩耗は、これらニードル８、８の転動面と上記ローラ６及び軸５の周面との接触部に十分な油膜を形成できない事に起因して発生する。

【０００７】

又、この様な摩耗の発生に伴ってローラ６の転がり抵抗が大きくなり、カム２の外周面とこのローラ６の外周面との間で相対滑りが生じる。この為、カム２の外周面とローラ６の外周面との一方又は双方に、スミアと呼ばれる表面損傷が発生する。

【０００８】

この様にして発生する表面損傷が著しい場合には、カム２の外周面とローラ６の外周面との接触部が焼き付く可能性がある。又、表面損傷が軽微である場合にも、上記各ニードル８、８の転動面とこのローラ６の内周面及び上記軸５の外周面とに微小な突起が形成され、この突起により、エンジンオイルの供給が行われる様になった後でも、これら各周面同士の摺動部の潤滑状態が完全な流体潤滑になりにくくなる。この結果、エンジンの急加減速時等、急激な速度変動に油膜形成が追従できない場合に、局部的に著しい表面損傷を発生する可能性がある。又、上記各部材５、６、８の周面の表面粗さを工夫する事自体、供給されたエンジンオイルの有効利用を意図したもので、急激な速度変更に油膜形成が追従できない場合での接触部の表面損傷防止の効果を十分に得られない。

【０００９】

又、燐青銅製の軸５の外周面と高炭素クロム軸受鋼製のニードル８、８の転動面とを接触させれば、異種金属同士の接触になる為、接触部の摩耗がある程度は低減する。但し、異種金属同士の接触部が滑り接触状態となるのであれば摩耗を低減し易いが、軸５の外周面とニードル８、８の転動面との接触部は転がり接触状態となる為、この軸５の外周面の摩耗を十分に低減する事は難しい。

【００１０】

更に、ローラ６を窒化珪素等のセラミックにより造る場合には、ローラ６の材料費及び加工費が嵩む。又、セラミック製のローラ６は金属製のものに比べて割れ易いだけでなく、金属製のカム２に対する攻撃性が強く、このカム２の外周面を著しく摩耗させ易い。更に、セラミック製のローラ６は金属製の軸５に比べて熱膨張量が少ない為、エンジンの運転、停止に伴う、軸５外周面とローラ６内周面との間の隙間寸法変化が大きくなる。この為、エンジンの温度が低い場合に、ローラ６の支持部で振動が発生する等の問題を発生し易い。そして、上述の様な問題は、近年のエンジンの小型・高速化に伴って、より生じ易くなっている。

尚、本発明に関連する先行技術文献として、特許文献１、２の他に、特許文献３～７がある。

【００１１】

【特許文献１】実開平４－３２２１０号公報

【特許文献２】特許第３４１４１００号公報
【特許文献３】特開２００２－９７９０６号公報
【特許文献４】特開２００３－５６５７５号公報
【特許文献５】特開２０００－２４０６６７号公報
【特許文献６】特開２００２－２２７８４５号公報
【特許文献７】特開２００２－３４９５７７号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００１２】
本発明のタペットローラ軸受は、この様な従来構造で生じる問題を何れも解消すべく発明したものである。
【課題を解決するための手段】
【００１３】
本発明のタペットローラ軸受は、前述した従来のタペットローラ軸受と同様に、エンジンのクランクシャフトと同期して回転するカムシャフトに固定されたカムと、このカムに対向して設けられ、このカムの動きを受ける部材に間隔を開けて形成した１対の支持壁部と、これら１対の支持壁部の間に掛け渡された軸と、この軸の周囲に回転自在に支承されたローラとを備える。
【００１４】
特に、本発明の請求項１に記載したタペットローラ軸受に於いては、上記カムの回転に伴って相手部材に対し相対変位する複数の部材のうちの少なくとも１個の部材の表面、例えばローラの内周面と、軸の外周面と、これら内、外両周面の間に設けた複数の転動体の転動面とのうちの何れか一方の面に、微小硬さ試験による塑性変形硬さが１５ＧPa以上である、摩擦を低減する表面処理層を形成している。摩擦を低減する表面処理層としては、例えば次の（１）～（２）に属するものが使用可能である。
【００１５】
（１）　タペットローラ軸受の構成部材を構成する母材の表面に、Crと、Wと、Tiと、Siと、Niと、Feとのうちの少なくとも１種から成る金属層と、金属及び炭素から成る傾斜層と、炭素から成る炭素成分層とを、母材の側から順に重ねて成り、この傾斜層の炭素の割合を、上記金属層からこの炭素成分層に向かうに従って漸増させた炭素化合物層。
（２）　タペットローラ軸受の構成部材を構成する母材が窒素を含有したものであり、上記（１）の炭素化合物層を構成する炭素成分層の表面に、金属と炭素とから成る複合層を重ねたもの。
【発明の効果】
【００１６】
上述の様に構成する本発明のタペットローラ軸受の場合には、摩擦を低減する表面処理層により、エンジンの運転開始直後、タペットローラ軸受部分にエンジンオイルが行き渡る迄の間、或はエンジンの急加減速に伴ってエンジンオイルの供給が追いつかない場合でも、互いに摩擦し合う部品同士の間の潤滑を確保できる。この為、上記部品の表面に表面損傷が発生する事を防止できる。従って、これら部品の表面に有害な凹凸が形成される事がなく、これら各部品表面の潤滑状態を良好な流体潤滑にできて、各部品の耐久性向上を図れる。この結果、エンジンの運転開始初期状態での表面損傷を防止して、焼き付き防止を図れるだけでなく、その後の潤滑状態を良好にして、十分な耐久性の確保を図れる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１７】
又、好ましくは、請求項２に記載した様に、摩擦を低減する表面処理層を、炭素と金属とにより構成されたもので、且つ、１１０ＧPa以上の等価弾性定数を有するものとすると共に、この表面処理層を、軸と、ローラと、これら軸の外周面とローラの内周面との間に設けた複数の転動体とのうちの少なくとも１個の部材の表面に形成する。
この好ましい構成によれば、表面処理層を形成する母材を鋼製とした場合に、これら母

材と表面処理層との弾性定数の差を小さくでき、各部品での応力集中を緩和する弾性変形が可能となる。又、表面処理層の硬さを高くできるので、摩耗をより生じにくくできる。この為、潤滑性を良好にでき、耐久性の更なる向上を図れる。

【００１８】

又、好ましくは、請求項３に記載した様に、上述の請求項１に記載したタペットローラ軸受に於いて、摩擦を低減する表面処理層の等価弾性定数をＥとし、この表面処理層の塑性変形硬さをＨとした場合に、Ｈ／Ｅ≧０．１５とする。

この好ましい構成によれば、塑性変形硬さが高くなり、等価弾性定数が小さくなる為、各部品の表面に、摩耗による傷が生成されにくくなる。又、転動体に表面処理層を形成した場合には、各転動体の回転時のスキュー等により各転動体の端部に応力が集中する場合でも、摩耗を緩和する事が可能になる。

【実施例１】

【００１９】

本実施例のタペットローラ軸受の特徴は、前述した従来構造で生じる問題を何れも解消すべく、カム２の回転に伴って相手部材に対し相対変位する部材である軸５の表面に、微小硬さ試験による塑性変形硬さが１５ＧPa以上である、摩擦を低減する表面処理層を形成した点にある。その他の構造は、前述の図１～２に示した構造と同じである為、重複する説明は省略し、以下、これら図１～２の図示に基づいて説明する。

【００２０】

本実施例の場合、軸５の外周面に、摩擦を低減する表面処理層である、炭素化合物層を、４μｍの厚さで形成している。この炭素化合物層を形成する為に、株式会社神戸製鋼所製のアンバランスドマグネトロンスパッタリング（以下、「ＵＢＭＳ」と言う。）装置５０４を使用した。そして、上記軸５の油分を洗浄後に、アルゴンプラズマによるスパッタリング法を用いて、ボンバード処理を１５分行なった後、図３に示す様に、上記軸５を構成する母材の表面にクロム金属層を形成し、その後、炭素成分層を形成した。又、クロム金属層のクロムと炭素成分層のカーボンとのターゲットのスパッタ電源を独立に制御する事により、クロム金属層を構成するクロムのスパッタ効率を連続的に減少させながら（最後に０にする。）、カーボンターゲットのスパッタ効率を増加させ、クロム金属層と炭素成分層との間に、カーボンとクロムとの傾斜層である複合層を形成した。これらクロム金属層と複合層と炭素成分層とにより、上記炭素化合物層を構成している。又、この炭素化合物層を形成する為に、供試体である軸５に負のバイアス電圧を印加した。又、この炭素化合物層の塑性変形硬さは、スパッタ条件によって決まる。この為、例えば、バイアス電圧を増加（負電位の絶対値を大きく）したり、又は導入するガス（エタン、メタン、アセチレン等）を減少させる事により、上記炭素化合物層の塑性変形硬さを調整できる。そして、本実施例の場合には、この様な方法により、炭素化合物層の微小硬さ試験による塑性変形硬さを、１５ＧPa以上（好ましくは４０ＧPa以上）とした。又、この塑性変形硬さの上限値を、５８ＧPaとした。

【００２１】

尚、塑性変形硬さは、エリオニクス社製の微小硬度計を用いて、押し込み荷重を５ｍＮとした条件で、荷重－除荷曲線から求める事ができる。又、数μｍの厚さの炭素化合物層の薄膜を測定する場合には、押し込み深さを、この炭素化合物層の膜厚の２０％以下とする事が好ましい。又、塑性変形硬さを測定するのに、バーコビッチ型圧子を使用する。更に、このバーコビッチ型圧子の検定手法として、シリコンの単結晶を用いて、１ｍＮの押し込み荷重で５０ｎｍ以上の圧子形状精度を確保する事が好ましい。

【００２２】

上述の様に、本実施例のタペットローラ軸受の場合、軸５の外周面に、１５ＧPa以上（好ましくは４０ＧPa以上）の塑性変形硬さを有する、摩擦を低減する表面処理層である、炭素化合物層を形成している。この為、この炭素化合物層により、エンジンの運転開始直後、タペットローラ軸受部分にエンジンオイルが行き渡る迄の間、或はエンジンの急加減速に伴ってエンジンオイルの供給が追いつかない場合でも、互いに摩擦し合う部品である

軸５の外周面と各ニードル８、８の転動面との間の潤滑を確保でき、これら軸５の外周面と各ニードル８、８の転動面とに表面損傷が発生する事を防止できる。従って、これら外周面と転動面とに有害な凹凸が形成される事がなく、これら外周面と転動面との間の潤滑状態を良好な流体潤滑にできて、上記軸５及びニードル８、８の耐久性向上を図れる。この結果、エンジンの運転開始初期状態での表面損傷を防止して、焼き付き防止を図れるだけでなく、その後の潤滑状態を良好にして、十分な耐久性の確保を図れる。又、上記塑性変形硬さの上限値を５８ＧPaとしている為、炭素化合物層を破壊しにくくできる。これに対して、この上限値が５８ＧPaを越えると、炭素化合物層が脆性的になり、内部応力により脆性破壊が生じ易くなる。

【００２３】

次に、本発明の実施例２に就いて説明する。本実施例の場合には、タペットローラ軸受を構成する各ニードル８、８の転動面に、２．５μｍの厚さの炭素化合物層を形成している。この炭素化合物層は、上述した実施例１で軸５に形成したものと同様に、スパッタリングにより形成している。この炭素化合物層は、各ニードル８、８を構成する母材の転動面にクロム金属層を形成した後、クロムのスパッタ効率を連続的に減少させながら、タングステンのスパッタ効率を増加させる事により、クロムとタングステンとから成る複合層を形成し、この複合層の表面にタングステンのみから成るタングステン金属層を形成した。そして、このタングステン金属層の表面側に、炭素成分層を形成する事により、上記炭素化合物層とした。この様に、本発明の摩擦を低減する表面処理層を金属層により構成する場合に、この金属層を、クロム以外の金属から構成する事もでき、又、任意の２種以上の金属から成る層とする事もできる。又、２種以上の金属から成る金属層を設ける場合に、化合物から成る複合層以外に、１種の金属のみから成る単体の金属層を設ける事が、炭素化合物層の内部応力を緩和する面から特に好ましい。

【００２４】

又、上記炭素化合物層の等価弾性定数は、スパッタ条件によって決まる。この為、例えば、バイアス電圧（負電位）の印加方法を変えたり、導入するガス（エタン、メタン、アセチレン等）の流量を制御する事により、上記炭素化合物層の等価弾性定数を調整できる。そして、本実施例の場合には、この様な方法により、炭素化合物層の等価弾性定数を、１１０ＧPa以上、２８０ＧPa以下とした。

【００２５】

尚、等価弾性定数は、エリオニクス社製の微小硬度計を用いて、押し込み荷重を５ｍＮとした条件で、荷重－除荷曲線から求める。この様にして求まる弾性定数の測定方法は、規格化されているものではない為、本明細書中ではこの弾性定数を、単なる「弾性定数」ではない「等価弾性定数」と定義する。更に、圧子の検定手法は、前述のバーコビッチ型圧子の検定手法と同様の手法を使用する事が好ましい。

【００２６】

この様に、炭素化合物層の等価弾性定数を１１０ＧPa以上とした本実施例の場合には、本実施例の様に、炭素化合物層を形成するニードル８、８の母材を、等価弾性定数がほぼ２１０ＧPaである鋼製とした場合に、これら母材と炭素化合物層との弾性定数の差を小さくでき、各ニードル８、８の応力集中を緩和する弾性変形が可能となる。又、炭素化合物層の硬さを高くできるので、摩耗をより生じにくくできる。この為、潤滑性を良好にでき、耐久性の更なる向上を図れる。又、本実施例の場合には、上記等価弾性定数を２８０ＧPa以下としている為、内部応力を小さくでき、脆性の問題を生じにくくできる。これに対して、上記等価弾性定数が１１０ＧPa未満である場合には、上記ニードル８、８の転動面の摩耗が大きくなり、耐久性が著しく低下する。又、この等価弾性定数が２８０ＧPaを越える場合には、炭素化合物層の内部応力が大きくなり、脆性の問題を生じる。更に、上記等価弾性定数を２８０ＧPa以下とした事により、上記各ニードル８、８の母材と炭素化合物層との弾性定数の差をより小さくでき、各ニードル８、８に応力集中を生じにくくして、耐久性をより向上できる。

【００２７】

次に、本発明の実施例３に就いて説明する。本実施例の場合には、タペットローラ軸受を構成する軸５の外周面に３μｍの厚さの炭素化合物層を形成すると共に、各ニードル８、８の転動面に２μｍの厚さの炭素化合物層を形成している。上記軸５と各ニードル８、８とのうち、軸５に形成する炭素化合物層は、前述した実施例１の場合と同様の方法により形成している。又、これら各ニードル８、８に形成する炭素化合物層は、上述した実施例２の場合と同様の方法により形成している。そして、本実施例の場合には、軸５及び各ニードル８、８に形成する炭素化合物層の等価弾性定数をＥとし、塑性変形硬さをＨとした場合に、Ｈ／Ｅ≧０．１５を満たしている。

【００２８】

尚、軸５及び各ニードル８、８に炭素化合物層を形成する際のバイアス電圧の印加方法や炭化水素系ガスの供給方法を変える事により、炭素成分層の炭素密度を変える事が可能である。例えば、－３００Ｖと－１００Ｖとの電圧を交互に印加する事により、塑性変形硬さが高いにも拘らず、等価弾性定数が小さい炭素化合物層を得る事ができる。又、電圧を印加する時間の比率を変化させると共に、異なるバイアス電圧を印加する際の、供給するガスの種類や流量を適宜選択する事で、上記Ｈ／Ｅの値を調整できる。本実施例の場合には、供給ガスとして窒素とメタンとを使用し、－３００Ｖの電圧を印加する際にメタンを２５ｍｌ／min 供給し、－１００Ｖの電圧を印加する際に窒素を１０ｍｌ／min 供給する事により、上記Ｈ／Ｅが０．１５以上である炭素化合物層を得た。

【００２９】

この様に軸５及び各ニードル８、８に形成する炭素化合物層のＨ／Ｅを規制する本実施例の場合には、塑性変形硬さが大きくなり、等価弾性定数が小さくなる為、これら軸５及び各ニードル８、８の表面に、摩耗による傷が生成されにくくなる。又、各ニードル８、８の回転時のスキュー等によりこれら各ニードル８、８の端部に応力が集中する場合でも、摩耗を緩和する事が可能になる。

【００３０】

次に、本発明の効果を確認する為に行った第一～第三の実験に就いて説明する。これら各実験は、何れも図４～５に示す寿命試験機を使用して行った。両端部を軸受９、９により回転自在に支持されたシャフト１０の中間部外周面には、リング１１を圧入している。このリング１１がカムに相当する。このシャフト１０は、このシャフト１０の端部と図示しない電動モータの回転軸とに固定した１対のプーリ１２に掛け渡した図示しないベルトを介して回転駆動される。又、上記リング１１の外周面にローラ６を押圧している。このローラ６は、１対の支持壁部４、４に固定した軸５の周囲に、複数のニードル８、８を介して回転自在に支承している。これらローラ６と軸５と各ニードル８、８との材質は何れもＳＵＪ２（ＪＩＳ　Ｇ４８０５の高炭素クロム軸受鋼）であり、このうちのローラ６と各ニードル８、８との表面硬度はH_R Ｃ６１である。

【００３１】

試験時には、上記シャフト１０を３０００min^{-1} で回転させつつ上記ローラ６を、負荷用レバー１５により上記リング１１の外周面に、鋼球１６を介して、７５４．６Ｎ（＝７７kgf ）の荷重で押圧した。又、上記軸５の外周面とローラ６の内周面との間部分に、３μｌのエンジンオイル（ＳＥ級、１０Ｗ－３０）をマイクロシリンダで供給し、上記軸５の外周面及びローラ６の内周面と、上記各ニードル８、８の転動面との間を微量潤滑状態とした。そして、この様な条件の下で、軸受部の耐久寿命を測定した。この軸受部の耐久寿命は、上記電動モータの電流値が過電流値に達する迄の時間とした（この時間に達した時点で実験を打ち切り、それまでの経過時間を耐久寿命とした）。尚、上記軸５とローラ６、６とニードル８、８との寸法は、以下の通りとした。

【００３２】

軸５の外径　　：　８mm
ローラ６の外径　　：　３０mm
同幅　　：　１１．５mm
ニードル８、８の外径　：　２．５mm

同幅　　：　１１．５ｍｍ

【００３３】

上記第一～第三の実験のうち、第一の実験は、前述の実施例１により得られる効果を確認すべく行なったもので、上述の様な条件の下で、軸５として、この実施例１の構造を構成する軸５を使用した。即ち、この実施例１の炭素化合物層を、軸５の外周面に形成した。尚、ローラ６の内周面とニードル８、８の転動面とには、表面処理層を形成しなかった。又、この軸５の外周面に炭素化合物層を形成する際のバイアス電圧を制御する事により、この炭素化合物層の塑性変形硬さを、５～５８ＧPaの範囲で調整した。バイアス電圧を－５０～－２００Ｖの範囲で制御する事により、この範囲の塑性変形硬さを得られる。図６は、この様な条件で行なった第一の実験の結果を、軸５の外周面に形成した炭素化合物層の塑性変形硬さと、軸受部の耐久寿命との関係で示している。

【００３４】

図６に示した第一の実験結果から明らかな様に、軸５の外周面に形成した炭素化合物層の塑性変形硬さが１５ＧPa以上である、実施例１の場合には、軸５の外周面とローラ６の内周面との間の接触部を微量潤滑状態とした場合でも、耐久寿命を十分に長くできた。これに対して、本発明の範囲から外れる、上記塑性変形硬さが１５ＧPa未満の場合には、耐久時間が著しく減少した。又、この塑性変形硬さが４０ＧPa以上で、耐久寿命をより向上させる事ができ、特段の効果を得られた。この様に炭素化合物層の塑性変形硬さを高くする事により優れた効果を得られる理由は、固定の軸５の場合、負荷が加わる部分が常に同じになる為、境界潤滑に於いては、この塑性変形硬さを大きくする事が、互いに摩擦し合う部材同士の摩擦及び摩耗の低減に大きく影響する為である。

【００３５】

次に、前述の実施例２により得られる効果を確認すべく行なった第二の実験に就いて説明する。この第二の実験は、複数のニードル８、８として、前述の実施例２の構造を構成するニードル８、８を使用した。即ち、この実施例２の摩擦を低減する表面処理層である、炭素化合物層を、これら各ニードル８、８の転動面に形成した。尚、ローラ６の内周面と軸５の外周面とには、表面処理層を形成しなかった。又、この炭素化合物層を形成する際のバイアス電圧を制御する事により、この炭素化合物層の等価弾性定数を、７０～２８０ＧPaの範囲で調整した。バイアス電圧を、－５０～－２００Ｖの範囲で制御する事により、この範囲の等価弾性定数を得られる。図７は、この様な条件で行なった第二の実験の結果を、ニードル８、８の転動面に形成した炭素化合物層の等価弾性定数と、軸受部の耐久寿命との関係で示している。

【００３６】

図７に示した第二の実験結果から明らかな様に、ニードル８、８の転動面に形成した炭素化合物層の等価弾性定数が１１０ＧPa以上である、実施例２の場合には、耐久寿命を著しく向上させる事ができた。これに対して、本発明の範囲から外れる、上記等価弾性定数が１１０ＧPa未満の場合には、ニードル８、８の転動面の摩耗が大きくなり、耐久寿命が著しく減少した。

【００３７】

次に、前述の実施例３により得られる効果を確認すべく行なった第三の実験に就いて説明する。この第三の実験は、軸５及び複数のニードル８、８として、前述の実施例３の構造を構成する軸５と複数のニードル８、８とを使用した。これら軸５の外周面と各ニードル８、８の転動面とには、摩擦を低減する表面処理層である、炭素化合物層を形成した。又、この炭素化合物層を形成する際のバイアス電圧の印加方法を変え、供給するガスの種類及び流量を規制する事により、上記炭素化合物層の等価弾性定数Ｅに対する塑性変形硬さＨの比Ｈ／Ｅを、０．０２５～０．２の範囲で調整した。尚、現状でのＨ／Ｅの実現可能な上限値は０．２である。図８は、この様な条件で行なった第三の実験の結果を、Ｈ／Ｅと、軸受部の耐久寿命との関係で示している。

【００３８】

図８に示した第三の実験結果から明らかな様に、Ｈ／Ｅが０．１５以上（Ｈ／Ｅ≧０．

１５）である、実施例３の場合には、耐久寿命を著しく向上させる事ができた。これに対して、本発明の範囲から外れる、上記Ｈ／Ｅが０．１５未満の場合には、耐久寿命が著しく減少した。

【００３９】

尚、本発明の対象であるタペットローラ軸受は、軸が固定され、ローラが回転する構造である。そして、軸に対しローラを、複数の転動体を介して支持する場合には、これら軸の外径と各転動体の直径とローラの内径との関係から、軸の外周面と転動体の転動面との接触部に作用する面圧が、この転動面とローラの内周面との接触部に作用する面圧よりも大きくなる。又、軸は静止しており、転動体は自転しながら公転するので、軸と転動体とローラとのうち、軸に作用する応力繰り返し数が最も多くなる。この為、これら軸と転動体とローラとのうち、１種類の部材のみに摩擦を低減する表面処理層を形成する場合には、軸の外周面にこの表面処理層を形成する事が耐久寿命の向上を有効に図る面から好ましい。又、軸と共に転動体にもこの表面処理層を形成すれば、この耐久寿命の更なる向上を図れる。更に、ローラにもこの表面処理層を形成すれば、この耐久寿命の更なる向上を図れる。

【００４０】

又、軸及び転動体は、網状の回転容器に入れて、自転させながら公転させる事により、軸の外周面及び転動体の転動面に、量産性に優れた方法により均一な摩耗低減層を有する表面処理層を形成できる。例えば、図９に示す様に、複数の軸５、５を、回転容器であるステンレス網製のバレル容器１７に入れた状態で、このバレル容器１７の両端部に結合した軸部１８、１８を図示しない固定の部分に回転自在に支持し、これら軸部１８、１８を所定の方向に所定の速度で回転させる事により、上記各軸５、５を、自転させながら公転させる。この様な方法により、これら各軸５、５の外周面に、量産性に優れた方法により均一な摩耗低減層を有する表面処理槽を形成し易くできる。

【図面の簡単な説明】

【００４１】

【図１】タペットローラ軸受の部分切断平面図。

【図２】図１のＡ－Ａ断面図。

【図３】本発明の実施例１の軸に形成する炭素化合物層の部分拡大断面図。

【図４】一部を省略して示す、寿命試験機の断面図。

【図５】図４のＢ部拡大断面図。

【図６】第一の実験結果を、炭素化合物層の塑性変形硬さと軸受部の耐久寿命との関係で示す線図。

【図７】第二の実験結果を、炭素化合物層の等価弾性定数と軸受部の耐久寿命との関係で示す線図。

【図８】第三の実験結果を、比Ｈ／Ｅと軸受部の耐久寿命との関係で示す線図。

【図９】軸の外周面に、量産性に優れた方法により均一な摩耗低減層を有する表面処理層を形成する方法の１例を示す略図。

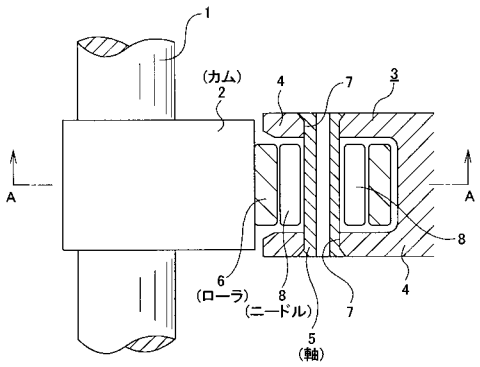
【符号の説明】

【００４２】

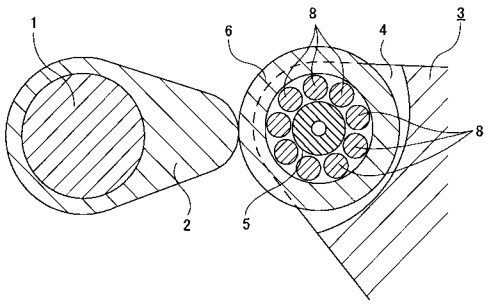
１　カムシャフト
２　カム
３　ロッカーアーム
４　支持壁部
５　軸
６　ローラ
７　通孔
８　ニードル
９　軸受
１０　シャフト

１１　リング
１２　プーリ
１５　負荷用レバー
１６　鋼球
１７　バレル容器
１８　軸部

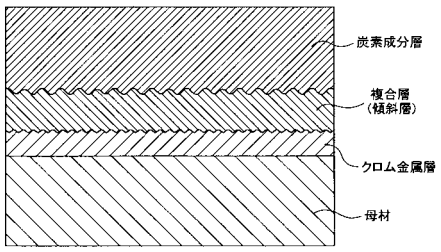
【図１】



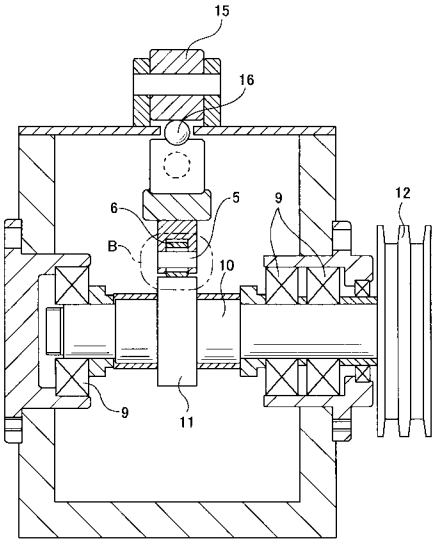
【図２】



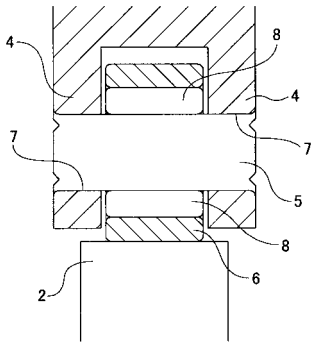
【図３】



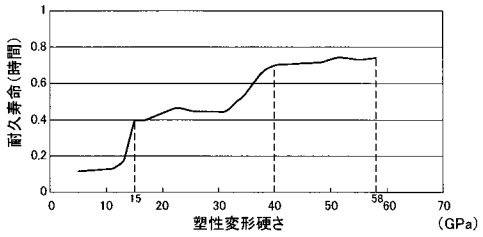
【図４】


15
16
6
5
9
12
B
10
9
11

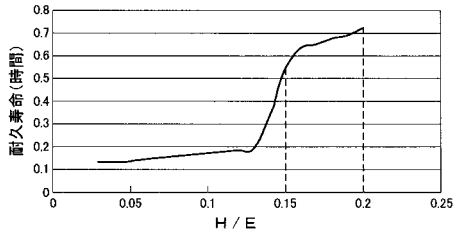
【図５】


4
8
4
7
7
5
8
6
2

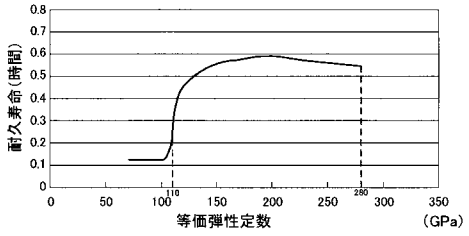
【図６】


耐久寿命(時間)
塑性変形硬さ
(GPa)
15
58

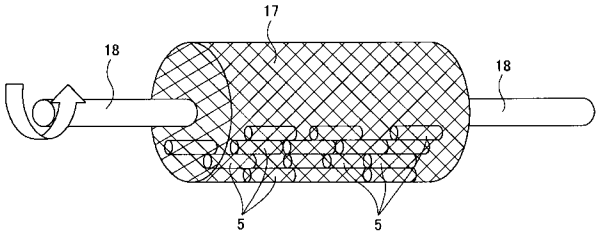
【図８】


耐久寿命(時間)
H / E

【図７】


耐久寿命(時間)
等価弾性定数
(GPa)
110
280

【図９】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.[7]	F I	テーマコード（参考）
Ｆ１６Ｈ 53/06	Ｆ１６Ｃ 3/02	
	Ｆ１６Ｃ 33/34	
	Ｆ１６Ｈ 53/06	

Ｆターム(参考) 3J030 EA14 EA22 EC04 EC07
3J033 AA01 AB03 AC01 BA09 BA15
3J101 AA14 AA42 AA52 AA62 BA10 BA70 DA20 EA03 FA31 FA32
GA21
4K044 AA02 AB10 BA02 BA06 BA18 BB03 BB04 CA13