

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7704541号
(P7704541)

(45)発行日 令和7年7月8日(2025.7.8)

(24)登録日 令和7年6月30日(2025.6.30)

(51)国際特許分類	F I
F 1 6 C 17/10 (2006.01)	F 1 6 C 17/10 B
F 1 6 C 33/16 (2006.01)	F 1 6 C 33/16
C 2 3 C 14/06 (2006.01)	C 2 3 C 14/06 F

請求項の数 16 (全14頁)

(21)出願番号	特願2021-22886(P2021-22886)	(73)特許権者	591001282 大同メタル工業株式会社 愛知県名古屋市中区栄二丁目3番1号 名古屋広小路ビルヂング13階
(22)出願日	令和3年2月16日(2021.2.16)	(74)代理人	100095577 弁理士 小西 富雅
(65)公開番号	特開2022-124951(P2022-124951 A)	(72)発明者	城谷 友保 愛知県犬山市大字前原字天道新田 大同 メタル工業株式会社内
(43)公開日	令和4年8月26日(2022.8.26)	(72)発明者	森 成良 愛知県犬山市大字前原字天道新田 大同 メタル工業株式会社内
審査請求日	令和5年12月6日(2023.12.6)	審査官	大山 広人
前置審査			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ボールソケット構造

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

相互に摺動するボール部とソケット部とを備えてなるボールソケット構造であって、前記ソケット部の摺動面がPVDコーティング層で構成され、前記ソケット部の摺動面は凹状球面であり、該摺動面の深さDsとその曲率半径Rsとの比の値(Ds/Rs)は0.05~0.70であり、前記ソケット部の摺動面の外周をエッジが除去されたR面に面取りされている、ボールソケット構造。

【請求項2】

相互に摺動するボール部とソケット部とを備えてなるボールソケット構造であって、前記ソケット部の摺動面がPVDコーティング層で構成され、前記ソケット部の摺動面は凹状球面であり、該摺動面の深さDsとその曲率半径Rsとの比の値(Ds/Rs)は0.05~0.70であり、前記ソケット部の摺動面の外周が面取りされ、前記摺動面の曲率半径Rsと前記面取りされた外周の面取り曲率半径Rcとの比の値(Rc/Rs)若しくは前記曲率半径Rsと面取りされたC面の深さDcとの比の値(Dc/Rs)は0.02以上であるボールソケット構造。

【請求項3】

相互に摺動するボール部とソケット部とを備えてなるボールソケット構造であって、前記ソケット部の摺動面がPVDコーティング層で構成され、

10

20

前記ソケット部の摺動面は凹状球面であり、該摺動面の深さ D_s とその曲率半径 R_s との比の値 (D_s / R_s) は $0.05 \sim 0.70$ であり、

前記ソケット部の中央部に貫通孔が形成され、

前記貫通孔の開口部周縁は面取りされている、ボールソケット構造。

【請求項 4】

相互に摺動するボール部とソケット部とを備えてなるボールソケット構造であって、

前記ソケット部の摺動面が PVD コーティング層で構成され、

前記ソケット部の摺動面は凹状球面であり、該摺動面の深さ D_s とその曲率半径 R_s との比の値 (D_s / R_s) は $0.05 \sim 0.70$ であり、

前記ソケット部の中央部に貫通孔が空洞に形成され、

前記貫通孔の開口部周縁は面取りされている、ボールソケット構造。

10

【請求項 5】

前記 PVD コーティング層はダイヤモンドライクカーボンからなる、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のボールソケット構造。

【請求項 6】

前記ソケット部の中央部の肉厚 T_s に対して、前記 PVD コーティング層の厚さが $0.0010 \sim 0.3000\%$ を占める請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のボールソケット構造。

【請求項 7】

前記ボール部の摺動面が PVD コーティング層で構成され、

前記ボール部の中央部の肉厚 T_b に対して、前記 PVD コーティング層の厚さが $0.0010 \sim 0.3000\%$ を占める請求項 1 ~ 6 の何れかに記載のボールソケット構造。

20

【請求項 8】

相互に摺動するボール部とソケット部とを備えてなるボールソケット構造の前記ソケット部の製造方法であって、

摺動面となる凹状球面を備え、該凹状球面の深さ D_s とその曲率半径 R_s との比の値 (D_s / R_s) が $0.05 \sim 0.70$ であり、前記ソケット部の摺動面の外周が面取りされ、前記摺動面の曲率半径 R_s と前記面取りされた外周の面取り曲率半径 R_c との比の値 (R_c / R_s) 若しくは前記曲率半径 R_s と面取りされた C 面の深さ D_c との比の値 (D_c / R_s) は 0.02 以上である、金属製のソケット部の基体を準備する準備ステップと、

前記基体の凹状球面をプラズマクリーニングする第 1 前処理ステップと、

前記プラズマクリーニングされた凹状球面へプライマ層を PVD 処理で積層する第 2 前処理ステップと、

前記プライマ層の上にダイヤモンドライクカーボンを PVD 処理で積層する積層ステップと、を備えてなるソケット部の製造方法。

30

【請求項 9】

相互に摺動するボール部とソケット部とを備えてなるボールソケット構造の前記ソケット部の製造方法であって、

摺動面となる凹状球面を備え、該凹状球面の深さ D_s とその曲率半径 R_s との比の値 (D_s / R_s) が $0.05 \sim 0.70$ であり、前記凹状球面の中央部にその開口部周縁が面取りされた貫通孔を備えた、金属製の前記ソケット部の基体を準備する準備ステップと、

前記基体の凹状球面をプラズマクリーニングする第 1 前処理ステップと、

前記プラズマクリーニングされた凹状球面へプライマ層を PVD 処理で積層する第 2 前処理ステップと、

前記プライマ層の上にダイヤモンドライクカーボンを PVD 処理で積層する積層ステップと、を備えてなるソケット部の製造方法。

40

【請求項 10】

前記積層ステップにおいて、前記ソケット部の中央部の肉厚 T_s に対して、前記ダイヤモンドライクカーボンの層の厚さを $0.0010 \sim 0.3000\%$ とする、請求項 8 又は 9 に記載の製造方法。

【請求項 11】

50

請求項 8 ~ 10 のいずれかに記載の製造方法により製造されたソケット部を準備するステップと、

ボール部を準備するステップと、

前記ボール部と前記ソケット部とを組み付ける組付けステップと、を備えるボールソケット構造の製造方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 ~ 7 の何れかに記載のボールソケット構造を備えるティルティングパッド軸受。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載のティルティングパッド軸受を備えるジャーナル軸受。

【請求項 1 4】

請求項 1 2 に記載のティルティングパッド軸受を備えるスラスト軸受。

【請求項 1 5】

相互に摺動するボール部とソケット部とを備えてなるボールソケット構造の前記ソケット部の製造方法であって、

摺動面となる凹状球面を備え、該凹状球面の深さ D_s とその曲率半径 R_s との比の値 (D_s / R_s) が $0.05 \sim 0.70$ であり、前記ソケット部の摺動面の外周が面取りされ、前記摺動面の曲率半径 R_s と前記面取りされた外周の面取り曲率半径 R_c との比の値 (R_c / R_s) 若しくは前記曲率半径 R_s と面取りされた C 面の深さ D_c との比の値 (D_c / R_s) は 0.02 以上である、金属製の前記ソケット部の基体を準備する準備ステップと、

前記凹状球面へ PVD 処理を実行して固体摺動層を積層する積層ステップと、
を備えてなるソケット部の製造方法。

【請求項 1 6】

相互に摺動するボール部とソケット部とを備えてなるボールソケット構造の前記ソケット部の製造方法であって、

摺動面となる凹状球面を備え、該凹状球面の深さ D_s とその曲率半径 R_s との比の値 (D_s / R_s) が $0.05 \sim 0.70$ であり、前記凹状球面の中央部にその開口部周縁が面取りされた貫通孔を備えた、金属製の前記ソケット部の基体を準備する準備ステップと、

前記凹状球面へ PVD 処理を実行して固体摺動層を積層する積層ステップと、
を備えてなるソケット部の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はボールソケット構造の改良に関する。

【背景技術】

【0002】

ジャーナル軸受に用いられるティルティングパッド軸受においてボールソケット構造が採用されることがある。そのソケット部がジャーナル軸受の筐体に固定され、ソケット部に対して摺動するボール部にパッドが配置され、このパッドがティルト可能となる。かかる構成のティルティングパッド軸受では、ボール部の摺動面とソケット部の摺動面とはともに軸受用の金属で構成されることが一般的であった。

ボール部の摺動面とソケット部の摺動面がともに金属製であるため、両者の間に潤滑油を供給する必要がある。そこで、少なくとも一方の摺動面に潤滑油を捕集する凹部（ポイント形状、溝形状）を形成していた（特許文献 1 参照）。かかる凹部を設けることにより次の作用が奏される。両摺動面の摺動に伴い、凹部に捕集された潤滑油が両摺動面間に引き込まれ、もって両摺動面間の摺動性が維持される。これにより、ボール部に配置されたパッドに良好なティルト機能が確保される。

本発明に関連する技術を開示する特許文献 2、3 も参照されたい。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

【文献】特開 2 0 1 8 - 0 0 4 0 7 3 号公報

【文献】特表平 1 0 - 5 0 3 8 2 7 号公報、第 1 8 頁

【文献】特開 2 0 1 0 - 1 1 6 9 5 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

本発明者らの検討によれば、ボール部の摺動面やソケット部の摺動面に潤滑油捕集用の凹部を設けることには次の課題があった。

凹部を形成した領域は、ボール部の摺動面とソケット部の摺動面との摺動に寄与しない。換言すれば、凹部を設けることで、両摺動面の有効面積が凹部の無いものに比べて小さくなり、摩擦係数増加の原因となる。

ジャーナル軸受において軸の周方向に配置されるパッドに要求されるティルト角は僅かであり（例えば 0 . 1 度程度）、その結果、ソケット部の摺動面に対するボール部の摺動面の摺動量も僅かとなる。このように摺動量が僅かであると、潤滑油捕集用の凹部から両摺動面間へ引き込まれる潤滑油の量が不十分になるおそれがあり、摩擦係数増加の原因となりかねない。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

この発明はかかる課題を解決するものであり、第 1 局面は次のように規定される。

相互に摺動するボール部とソケット部とを備えてなるボールソケット構造であって、

前記ソケット部の摺動面が P V D コーティング層で構成され、

前記ソケット部の摺動面は凹状球面であり、該摺動面の深さ D_s とその曲率半径 R_s との比の値 (D_s / R_s) = 0 . 0 5 ~ 0 . 7 0 である、ボールソケット構造。

【 0 0 0 6 】

このように規定される第 1 局面の軸受では、図 1 A に示すように、ソケット部 4 3 における摺動面 4 3 a の深さ D_s とその率曲率半径 R_s との比の値 (D_s / R_s) を 0 . 0 5 ~ 0 . 7 0 とした。即ち、摺動面 4 3 a を比較的浅い凹状球面とした。これにより、金属製のソケット部 4 3 を陰極としてこれに蒸発源及びプラズマによって発生した粒子を衝突させる際、当該粒子が摺動面 4 3 a の全域に均等に衝突しやすくなる。

【 0 0 0 7 】

なお、比の値 (D_s / R_s) が 0 . 7 0 を超えると、ソケット部 4 3 の摺動面 4 3 a が深くなりすぎて、摺動面 4 3 a の深い位置において十分なエネルギーをもって粒子が衝突できなくなるおそれがある。他方、比の値 (D_s / R_s) が 0 . 0 5 を下回ると、摺動面 4 3 a が浅くなりすぎるので好ましくない。即ち、摺動面 4 3 a が浅くなると、ボール部 4 1 を回転させてボール部 4 1 に支持されるパッド 2 0 (図 4 参照) を有効にティルトさせるには、摺動面 4 3 a に広い面積が必要になり、ボールソケット構造が大型化する。

加工容易性の観点から、(D_s / R_s) の更に好ましい比の値は 0 . 3 ~ 0 . 6 である。最も更に好ましい比の値は 0 . 4 ~ 0 . 6 である。

【 0 0 0 8 】

ここに、P V D (物理気相成長法 この明細書で同じ) 処理を実行する際、第 1 前処理ステップとして被成長面へプラズマクリーニングを施すことが一般的であるが、摺動面 4 3 a が浅く形成されているので $A_r +$ 等のプラズマが凹状球面の全域に均等に衝突する。よって、凹状球面の全面が確実かつ均一にクリーニングされ、その後、P V D 処理により積層されるコーティング層 4 3 3 が均一に密着する (図 1 B 参照) 。つまり、P V D コーティング層 4 3 3 とソケット部の基体 4 3 1 の間に十分な密着性を確保できる。

勿論、P V D 処理により積層されるコーティング層 4 3 3 の材料の粒子も均等に凹状球面へ衝突し、そこに積層されるので、P V D コーティング層 4 3 3 の膜厚や密度も均一になる。

P V D コーティング層の材料は、軸受摺動面の固体摺動層を構成するものとして、高い

10

20

30

40

50

潤滑性、耐摩耗性などの特性を備えるものとする。かかる材料として、実施例で例示する DLC や CrN の他、CrC、SiC、SiN、TiN、TiC などを挙げることができる。

【0009】

このようにして、ソケット部 43 の摺動面 43a を PVD コーティング層 433 で構成することで、潤滑油を捕集する凹部を何ら設けることなく、ボール部 41 の摺動面 41a との間の摩擦係数を低減することができる。ここに、ソケット部 43 の摺動面 43a の全面に PVD コーティング層 433 を形成することが好ましいが、ソケット部 43 の摺動面 43a においてボール部 41 が接触する部分のみに当該 PVD コーティング層 433 を形成してもよい。

10

この PVD コーティング層 433 はその膜厚や密度が均一であるので、その薄膜化及び高耐久性化を達成できる。

【0010】

この発明の第 2 局面は次のように規定される。即ち、

第 1 局面で規定されたボールソケット構造において、前記ソケット部の摺動面の外周が面取りされている。

このように規定される第 2 局面のボールソケット構造によれば、図 2A に示すように、ソケット部 43 の摺動面 43a の外周が面取りされているので、粒子の衝突を受ける陰極としてのソケット部 43 からエッジが除去される。ここに摺動面 43a の外周とは、凹状球面における最大径の部位を指す。このように面取りすることによって、当該部位の電界が安定して粒子の衝突が安定かつ均一となる。これにより、摺動面 43a の全面において PVD コーティング層 433 の膜厚や密度がより均一となる。

20

【0011】

面取りした部位の面取り曲率半径 R_c は、摺動面 43a の曲率半径 R_s との対比において比の値 (R_c / R_s) 若しくは曲率半径 R_s と面取りされた C 面の深さ D_c との比の値 (D_c / R_s) を 0.02 以上とすることが好ましい (第 3 局面)。これらの比の値を 0.02 以上とすることでエッジ効果による電界の乱れを抑制できる。比の値 (R_c / R_s 若しくは D_c / R_s) が 0.02 未満となると、面取りした部位の面取り曲率半径が小さくなりすぎてエッジ効果が生じ、その近傍の電界を乱すおそれがある。

面取り曲率半径 R_c とは、面取り部位の C 面を外側に膨らんだ断面半球状に形成したときの、断面の曲率半径を指す。

30

面取りの形状は電界の乱れを抑制できるものであれば上記のような曲面に限定されない。例えば、図 2B に示すように平面状の C 面の角度 A_c を 60 度以下としてもよい。

【0012】

この発明の第 4 局面は次のように規定される。即ち、第 1 ~ 第 3 のいずれかの局面に規定のボールソケット構造において、前記ソケット部の中央部に貫通孔が形成されている。

ここで、ソケット部の中央部とは、摺動面において最も深い部位を指す。

このように規定される第 4 局面のボールソケット構造によれば、図 3 に示すように、ソケット部 43 の摺動面 41a において最も深い位置に貫通孔 48 が形成されるので、当該貫通孔 48 の開口部 48c の周辺に強い電界を発生させられる。これにより、電界の強さが弱くなりがちな摺動面 43a の深い位置での電界の強度を補償できる。

40

更には、図 4 に示すように、貫通孔 48 の開口部 48c の周縁を面取りして、当該開口部 48c の周縁の電界を安定させることが好ましい (第 5 の局面)。面取りの程度は摺動面 43a の外周と同等とすることができる。

【0013】

この発明の第 6 局面は次のように規定される、即ち、第 1 ~ 第 5 局面に規定のボールソケット構造において、前記 PVD コーティング層はダイヤモンドライクカーボン (この明細書で、DLC と略することある) からなる。

このように規定される第 6 局面のボールソケット構造によれば、PVD コーティング層 433 を DLC 製としたので、DLC の特性である高耐久性が得られる。

50

【 0 0 1 4 】

この発明の第7局面は次のように規定される。即ち、第1～第6局面に規定のボールソケット構造において、前記ソケット部の中央部の肉厚 T_s に対して、前記PVDコーティング層の厚さが0.001～0.300%を占める。

ここにソケット部43の中央部とは、既述の通り、摺動面43aにおいて最も深い部位を指す。換言すれば、当該中央部はソケット部43において最も肉厚が薄い部位となる。そこで、第7局面で規定するように、ソケット部43の中央部の肉厚 T_s に対してPVDコーティング層433の厚さが0.001～0.300%を占めるように設計することで、ソケット部43に必要な機械的強度を確保するとともに、PVDコーティング層433にも必要な膜厚が確保される。

10

【 0 0 1 5 】

ここに、ソケット部43の中央部においてPVDコーティング層433の厚さの占める割合が0.001%未満であると、PVDコーティング層433が薄くなりすぎてその膜厚寿命が下がる。他方、PVDコーティング層433の厚さの占める割合が0.300%を超えるものとなると、PVDコーティング層433が無用に厚くなる一方でソケット部43の中央部の基体の割合が減って、剛性が減る。その結果、その機械的強度が低下になる。

ソケット部43の中央部においてPVDコーティング層433の厚さの占める更に好ましい割合は、0.010～0.100%である。最も好ましい割合は0.020～0.050%である。これにより、PVDコーティング層433の肉厚調整が容易になる。

【 0 0 1 6 】

この発明の第8局面は次のように規定される。即ち、第1～第7のいずれかの局面に規定のボールソケット構造において、前記ボール部の摺動面がPVDコーティング層で構成され、

20

前記ボール部の中央部の肉厚 T_b に対して、前記PVDコーティング層の厚さが0.001～0.300%を占める。

このように規定される第8局面によれば、図1Bに示すように、ボール部41の摺動面41aにもPVDコーティング層413が積層されるので、ソケット部43の摺動面43aのPVDコーティング層433と相俟って、ボールソケット構造の摩擦係数を低減できる。

ボール部41の中央部の肉厚 T_b に対してPVDコーティング層413の厚さが0.001～0.300%を占めるように設計することで、ボール部41に必要な機械的強度を確保するとともに、そのPVDコーティング層413にも必要な膜厚を確保できる。

30

【 0 0 1 7 】

ここに、ボール部41の中央部とは、無負荷状態のときのソケット部43の中央部に対向するボール部41の部位を指す。ここに、ボール部41の中央においてPVDコーティング層413の厚さの占める割合が0.001%未満であると、PVDコーティング層413が薄くなりすぎてその耐久性が不足するおそれがある。他方、PVDコーティング層413の厚さの占める割合が0.300%を超えるものとなると、PVDコーティング層413が無用に厚くなる一方でボール部41の中央部が薄くなりすぎてその機械的強度が不十分になるおそれがある。

40

ボール部41の中央部においてPVDコーティング層413の厚さの占める更に好ましい割合は、0.010～0.030%である。最も好ましい割合は0.010～0.025%である。

【 0 0 1 8 】

この発明の第9局面は次のように規定される。即ち、

相互に摺動するボール部とソケット部とを備えてなるボールソケット構造の前記ソケット部の製造方法であって、

摺動面となる凹状球面を備え、該凹状球面の深さ D_s とその曲率半径 R_s との比の値(D_s/R_s)が0.05～0.70である、金属製のソケット部の基体を準備する準備ステップと、

50

前記基体の凹状球面をプラズマクリーニングする第1前処理ステップと、
 前記プラズマクリーニングされた凹状球面へプライマ層をPVD処理で積層する第2前
 処理ステップと、
 前記プライマ層の上にダイヤモンドライクカーボンをPVD処理で積層する積層ステッ
 プと、を備えてなるソケット部の製造方法。

【0019】

上記第9局面に規定の製造方法によれば、ソケット部43の基体431の凹状球面の深
 さ D_s とその曲率半径 R_s との比の値(D_s/R_s)を0.05~0.70とした。即ち
 、基体431の凹状球面を浅い形状とした。これにより、金属製のソケット部43の基体
 431を陰極としてこれに蒸発源及びプラズマによって発生した粒子を衝突させる際、当
 該粒子が凹状球面の全域に均等に衝突しやすくなる。

10

PVD処理を実行する際、第1前処理ステップとして被成長面へプラズマクリーニング
 を施すことが一般的である。ここに、第9局面に規定の製造方法によれば、ソケット部4
 3の基体431の凹状球面が浅く形成されているのでプラズマで生成された Ar^+ 等の粒
 子が凹状球面の全域に均等に衝突する。よって、被成長面である基体431の凹状球面の
 全面が確実に均等にクリーニングされる。

【0020】

その後実行されるプライマ層の積層時(第2前処理ステップ)にも、プライマ層を構成
 する粒子がプラズマクリーニングされた凹状球面へ均等に衝突するので、当該凹状球面の
 全面においてプライマ層はその膜厚及び密度が均一になる。かかるプライマ層の材料とし
 て、Ti、Cr、W、Ni、NiCr、Si、Zr、Ta、Mo等が挙げられる

20

更にその後実行されるダイヤモンドライクカーボン層の積層時(積層ステップ)にも、
 ダイヤモンドライクカーボン層を構成する粒子が凹状球面のプライマ層へ均等に衝突する
 ので、当該プライマ層の全面においてダイヤモンドライクカーボン層はその膜厚及び密度
 において均一になる。

【0021】

この発明の第10局面の製造方法は次のように規定される。即ち、
 第9局面に規定の製造方法において、前記準備ステップにおいて、前記基体の凹状球面
 の外周が面取りされている。

このように規定される第10局面の製造方法によれば、基体431の凹状球面の外周が
 面取りされているので、そこでの電界が安定して、基体431を陰極としたときに、粒子
 の衝突が安定かつ均一となる。これにより、第1前処理ステップ、第2前処理ステップ及
 び積層ステップがそれぞれ、凹状球面の全面において安定して実行される。

30

なお、第11局面で規定するように、面取り曲率半径 R_c は、摺動面43aの曲率半径
 R_s との対比において比の値(R_c/R_s)若しくは曲率半径 R_s と面取りされたC面の
 深さ D_c との比の値(D_c/R_s)を0.02以上とすることが好ましい。比の値(R_c
 $/R_s$ 若しくは D_c/R_s)を0.02以上とすることでエッジ効果による電界の乱れを
 抑制できる。

【0022】

この発明の第12局面は次のように規定される。即ち、第9~11のいずれかの局面に
 規定の製造方法であって、前記準備ステップにおいて、前記凹状球面の中央部に貫通孔4
 8が形成されている。

40

このように規定される第12局面の製造方法によれば、基体431において最も深い位
 置に貫通孔48が形成されるので、基体431を陰極としたときに強い電界が貫通孔48
 の開口部48cの周辺に発生する。これにより、凹状球面の深い位置においても粒子が安
 定して衝突できる。

更には、第13局面で規定するように、貫通孔48の開口部48cの周縁を面取りして
 、当該開口部48cの周縁の電界を安定させることが好ましい。

【0023】

この発明の第14局面は次のように規定される。即ち、第9~13のいずれかの局面に

50

規定の製造方法であって、前記積層ステップにおいて、前記ソケット部の中央部の肉厚 T_s に対して、前記 DLC の層の厚さを $0.001 \sim 0.300\%$ とする。

このように規定される第 14 局面の製造方法によれば、ソケット部 43 の中央部の肉厚 T_s に対して PVD コーティング層 433 の厚さが $0.001 \sim 0.300\%$ を占めるように設計することで、ソケット部 43 に必要な機械的強度を確保するとともに、PVD コーティング層 433 にも必要な膜厚を確保する。

【0024】

この発明の第 15 局面は次のように規定される。即ち、第 9 ~ 14 のいずれかに規定の製造方法により製造されたソケット部を準備するステップと、

ボール部を準備するステップと、

前記ボール部と前記ソケット部とを組み付ける組付けステップと、を備えるボールソケット構造の製造方法。

このようにして製造されたボールソケット構造では、ソケット部 43 にダイヤモンドライクカーボン製の PVD コーティング層 433 が備えられる。よって、ボール部 41 の摺動面 41a とソケット部 43 の摺動面 43a との間の摩擦係数を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1】図 1A はこの発明の実施の形態のボールソケット構造の分解断面図であり、図 1B は PVD コーティング層を強調した B - B 矢視線断面図である。

【図 2】図 2 はソケット部の摺動面の外周（面取りされた部位）を示す部分拡大図であり、図 2A は断面球面状の面取りを示し、図 2B は平面状の面取りを示す。

【図 3】図 3 はソケット部の摺動面に中央部に形成された貫通孔を示す部分拡大図である。

【図 4】図 4 はボールソケット構造を備えるティルティングパッド軸受 40 を示す断面図である。

【図 5】図 5 は図 4 のティルティングパッド軸受 40 を備えるジャーナル軸受 1 の横断面図である。

【図 6】図 6 は同じくジャーナル軸受 1 の縦断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、この発明の実施形態のボールソケット構造を説明する。

実施形態のボールソケット構造はティルティングパッド軸受 40 を構成する（図 4 参照）。

このティルティングパッド軸受 40 は、図 5、6 に示すように、ジャーナル軸受 1 に組付けられる。

このジャーナル軸受 1 は半割筒形の筐体 11, 11 とその内周面に配置された 4 つのパッド 20 を備えてなる。符号の 3 は回転軸であり、符号 50 は給油部である。

パッド 20 は筐体 11 に対して図 4 のティルティングパッド軸受 40 及び第 2 ティルティングパッド軸受 30 を介して配置される。第 2 ティルティングパッド軸受 30 はパッド 20 に配置されたライナと筐体 11 に配置された球面ピボットとから構成される。

実施形態のボールソケット構造はティルティングパッドのスラスト軸受に適用することもできる。

【0027】

ティルティングパッド軸受 40 は、ボール部 41 及びソケット部 43 を備える。

ボール部 41 は、基体 411 と PVD コーティング層 413 とを備える（図 1B 参照）。

基体 411 は曲率半径 R_s の球の一部からなり、凸状球面と平面状の取付け部 41b とを備える。その中心には貫通孔 47 が穿設されている。基体 411 の材料は、パッド 20 にかかる力を受けて変形ないし破壊されない剛性があれば特に限定されないが、例えば高クロム炭素鋼など汎用的な軸受用鋼材を用いることができる。

取付け部 41b はアンカー部材 42 と摺動状態にあり、このアンカー部材 42 はパッド 20 へ埋め込まれている。

10

20

30

40

50

かかる基体 4 1 1 の凸状球面に P V D コーティング層 4 1 3 が積層される。このように P V D コーティングされた基体 4 1 1 の凸状球面がボール部 4 1 の摺動面 4 1 a となり、当該摺動面 4 1 a は P V D コーティング層 4 1 3 から構成されたこととなる。

【 0 0 2 8 】

この P V D コーティング層 4 1 3 は基体 4 1 1 の材料より高い潤滑性を備える。換言すれば、P V D コーティング層 4 1 3 の形成材料は基体 4 1 1 を構成する高クロム炭素鋼などより低い摩擦係数を備える。これより、ボール部 4 1 の摺動面 4 1 a の摩耗、ひいてはソケット部 4 3 の摺動面 4 3 a の摩耗が抑制される。

【 0 0 2 9 】

ソケット部 4 3 は、基体 4 3 1 と P V D コーティング層 4 3 3 とを備える（図 1 B 参照）。

10

基体 4 3 1 には凹状球面が形成され、この凹状球面はボール部 4 1 の摺動面 4 1 a（凸状球面）と同一の曲率半径 R_s を備える。基体 4 3 1 の材料は、パッド 2 0 にかかる力を受けて変形ないし破壊されない剛性があれば特に限定されないが、例えば高クロム炭素鋼など汎用的な軸受用鋼材を用いることができる。

かかる基体 4 3 1 の凹状球面に P V D コーティング層 4 3 3 が積層される。このように P V D コーティングされた基体 4 3 1 の凹状球面がソケット部 4 3 の摺動面 4 3 a となり、当該摺動面 4 3 a は P V D コーティング層 4 3 3 から構成されたこととなる。

【 0 0 3 0 】

ソケット部 4 3 にはその中心に貫通孔 4 8 が穿設される。この貫通孔 4 8 はボール部 4 1 の貫通孔 4 7 へ連通する。アンカー部材 4 2 はパッド 2 0 へ嵌め込んで固定される。計測器を貫通孔 4 8、4 7 に挿入することでパッド 2 0 の移動量を測定できる。この移動量からジャーナル軸受 1 における軸 3 と軸受の直径とのクリアランスの計測が可能である。

20

相互に摺動するボール部 4 1 の取付け部 4 1 b とアンカー部材 4 2 の少なくとも一方の面に固体潤滑層（例えば、DLC コーティング層）を積層してもよい。

ボール部 4 1 の摺動面及び / 又はソケット部 4 3 の摺動面に潤滑油捕集用の凹部を設けることができる。

【 0 0 3 1 】

以下、P V D コーティング層 4 1 3 及び 4 3 3 について説明する。

高クロム炭素鋼製の基体へ P V D 処理によりコーティング層を形成するには、基体における被処理面（被コーティング層成長面）をプラズマクリーニングする必要がある。

30

そのため、P V D 処理としてスパッタ法を選択するときは、スパッタ装置の陰極にボール部 4 1 の基体 4 1 1 やソケット部 4 3 の基体 4 3 1 をセットして、それらの凸状球面及び凹状球面にプラズマにより発生されたアルゴン粒子を衝突させる。その後、コーティング材料源をスパッタ装置にセットして、コーティング材料を被処理面へ蒸着する。この場合の被処理面はボール部 4 1 の基体 4 1 1 の凸状球面及びソケット部 4 3 の基体 4 3 1 の凹状球面である。

P V D 処理として、スパッタ法以外の方法、例えば汎用的なイオンプレーティングを採用する場合も同様な手順となる。

【 0 0 3 2 】

40

かかる P V D 処理を実行する際、陰極にセットされた基体における被処理面を均一にプラズマクリーニングしたり、コーティング材料を均一に蒸着したりするときには、被処理面の全面にわたってその上にある電界の強さが均一であることが前提となる。

ここに、ボール部 4 1 の基体 4 1 1 の被処理面となる凸状球面ではその電界は均一となりやすい。よって、汎用的な P V D 処理を適用して均一なコーティング層の積層が可能である。

【 0 0 3 3 】

しかしながら、ソケット部 4 3 の基体 4 3 1 の被処理面となる凹状球面では、その表面から垂直に放出される電気力線が相互に干渉するので、凹状球面上の電界の強さが相殺されたり、不均一になったりする。特に、凹状球面の底部における電界の乱れが大きい。そ

50

の結果、底部へコーティング材料を蒸着することができなかつたり、できたとしても密着性が悪くなつたりする。

よって、その摺動面 4 3 a が P V D コーティング層で構成されたソケット部は存在しなかつた。

本発明者らは、凹状球面の底部においても他の部位と同じ強さの電界を持たせるべく鋭意検討を進めたところ次の知見を得た。即ち、ソケット部 4 3 の凹状球面を次のように設計すると、ソケット部 4 3 の基体 4 3 1 の凹状球面の底部においても電界の強さが安定して、その底部まで P V D コーティング層 4 3 3 を均一にかつ基体 4 3 1 に対して強い密着力をもって、積層可能となる。

【 0 0 3 4 】

その設計条件は、ソケット部 4 3 の基体の凹状球面の深さ D_s とその曲率半径 R_s との比の値 (D_s / R_s) を $0.05 \sim 0.70$ とする。

このように凹状球面を浅いものとすることにより、凹状球面から放出される電気力線の干渉を抑制し、凹状球面の底部における電界の乱れを小さくして、凹状球面の底部に衝突する粒子に十分なエネルギーを与えられる。

【 0 0 3 5 】

本発明者らの検討によれば、凹状球面の外周を下記の条件で面取りすることにより、上記の比の値 ($D_s / R_s = 0.05 \sim 0.70$) とあいまって、摺動面 4 3 a を構成する P V D コーティング層 4 3 3 が均一となり、かつ基体 4 3 1 に対する密着性も向上することが分かつた。被処理面である凹状球面の外周からエッジを取り除くことにより、いわゆるエッジ効果に起因する電界の乱れを抑制できるからである。

即ち、凹状球面の曲率半径 R_s と面取りされた外周の面取り曲率半径 R_c との比の値 (R_c / R_s) を 0.02 以上とする (図 2 A 参照)。

若しくは、曲率半径 R_s と面取りされた C 面の深さ D_c との比の値 (D_c / R_s) を 0.02 以上としてもよい (図 2 B 参照)。この場合、面取り角 A_c は 60 度以下となる。

【 0 0 3 6 】

基体 4 3 1 の凹状球面の底部に貫通孔 4 8 を設けると、貫通孔 4 8 の空間へ電気力線が拡散するので、貫通孔 4 8 の開口部 4 8 c の周縁において凹状球面の電界を強くすることができる。よって、凹状球面の底部に衝突する粒子へより強いエネルギーを与えられる。

この貫通孔 4 8 の開口部 4 8 c の周縁も、凹状球面の外周と同様に、面取りすることが好ましい (図 3 参照)。

上記の説明では、P V D コーティング層のないソケット部の基体を基準に各要素の曲率半径に関するパラメータ (R_s , R_c) の説明をしたが、曲率半径の比の値に関していえば P V D コーティング層の有無はほとんど無視できる。したがって、ボールソケット構造なる物の発明では、P V D コーティング層を備えたソケット部においても同じ値のパラメータで説明される。

【実施例】

【 0 0 3 7 】

以下、この発明の実施例及び比較例について説明する。

実施例及び比較例のボール部 4 1 及びソケット部 4 3 の各基体は高クロム炭素鋼のバルクから削り出して形成した。

実施例及び比較例においてボール部 4 1 及びソケット部 4 3 のスペックは次の通りであった。

ボール部 4 1 の中央部の肉厚： $T_b = 6 \sim 30$ mm

ソケット部 4 3 の中央部の肉厚： $T_s = 5 \sim 10$ mm

P V D コーティング層 4 3 3 の厚さ： $0.1 \sim 10$ μ m

ソケット部 4 3 の凹状球面からなる摺動面 4 3 a の深さ $D_s = 5 \sim 25$ mm

摺動面 4 3 a の曲率半径 R_s ： $10 \sim 45$ mm

摺動面 4 3 a の外周の面取り曲率半径 $R_c = 1 \sim 5$ mm (深さ D_c も同じ)

ボール部 4 1 の P V D コーティング層 4 1 3 の厚さはソケット部 4 3 のそれと同じ。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

実施例及び比較例では、上記各要素のスペックを変化させて基体を作成し、そこにPVDコーティング層を積層した。

基体411の凹状球面に対するプラズマクリーニングの条件は次の通りであった。

バイアス電圧：500V、圧力：0.2Pa、ガス：Ar、時間：40分。

クリーニング後に凹状球面の全面にプライマ層としてCr層を次の条件で蒸着させた。

ターゲットCr、出力：1.8kw、バイアス電圧：100V、圧力：0.5Pa、ガス：Ar、時間：23分。

プライマ層の上にコーティング層をスパッタにより次の条件で蒸着させた。

DLCについては、ターゲット：グラファイト、出力：2.8kw、バイアス電圧：100V、圧力：0.5Pa、ガス：Ar：CH₄ = 1：1、時間：300分。

CrNについては、ターゲット：Cr、出力：1.8kw、バイアス電圧：100V、圧力：0.5Pa、ガス：Ar：N₂ = 1：1、時間：300分。

【 0 0 3 9 】

実施例及び比較例のボールソケット構造のボール部41にパッド20を連結して図4のティルティングパッド軸受40を構成した。パッド20の材質はホワイトメタル、PEEK、PTFE等のバイメタル材(具体的には、摺動層としてホワイトメタル、PEEK、PTFE等を使用し、裏金として鋼等を使用したバイメタル)である。

かかるティルティングパッド軸受40を備えた図5、6に示すジャーナル軸受1を構成した。軸3の径は170mmである。

かかるジャーナル軸受1の筐体11を固定して、軸3を8000rpm、軸受面圧3MPaの条件で回転させた。

実施例及び比較例の条件及び結果を表1に示す。

【 0 0 4 0 】

【表1】

	Ds/Rs	Rc/Rs or Dc/ Rs	PVDコーティング層の材料	ソケット部におけるPVDコーティング層の厚さ(%)	ボール部におけるPVDコーティング層の厚さ(%)	摩擦係数	剥離率(%)
実施例1	0.70	0.015	CrN	0.4000	0.4000	0.19	30
実施例2	0.05	0.015	CrN	0.0005	0.4000	0.19	30
実施例3	0.40	0.015	CrN	0.3000	0.4000	0.13	10
実施例4	0.40	0.015	CrN	0.0050	0.4000	0.13	10
実施例5	0.40	0.030	CrN	0.2500	0.4000	0.13	0(剥離無)
実施例6	0.40	0.030	DLC	0.2500	0.0004	0.08	0(剥離無)
実施例7	0.40	0.030	DLC	0.2500	0.3000	0.05	0(剥離無)
実施例8	0.40	0.030	DLC	0.2500	0.0010	0.05	0(剥離無)
実施例9	0.40	0.030	DLC	0.0250	0.0150	0.05	0(剥離無)
比較例1	0.04	0.015	CrN	0.4000	0.4000	0.20	60
比較例2	0.80	0.015	CrN	0.4000	0.4000	0.20	60

【 0 0 4 1 】

表1において、摩擦係数は軸心の偏心率から算出した。

剥離率(%)は軸3を2時間回転させた後のソケット部43の摺動面43aにおけるPVDコーティング層が剥離した面積の比率である。この剥離率は、摺動面43aを平面的に撮影し、得られた画像を画像処理して得られる。

【 0 0 4 2 】

表1の実施例1及び2と比較例1及び2との摩擦係数及び剥離率の比較結果より、ソケット部の凹状球面である摺動面の深さDsと当該摺動面の曲率半径Rsとの比の値(Ds/Rs)は0.05~0.70とすることが好ましいことがわかる。

実施例4と実施例5における摩擦係数と剥離率の比較結果より、ソケット部の摺動面の

外周を面取りし、その面取り曲率半径 R_c と摺動面の曲率半径 R_s との比の値 (R_c / R_s or D_c / R_s) を 0.02 以上とすることが好ましいことがわかる。

【0043】

実施例 1 及び 2 と実施例 3 及び 4 との摩擦係数及び剥離率の比較結果より、ソケット部の中央部における PVD コーティング層の厚さ (%) は 0.0010 ~ 0.3000 とすることが好ましいことがわかる。

実施例 6 と実施例 7 ~ 9 との摩擦係数の比較結果より、ボール部の中央部における PVD コーティング層の厚さ (%) は 0.0010 ~ 0.3000 とすることが好ましいことがわかる。

【0044】

この発明は、上記発明の実施の形態及び実施例の説明に何ら限定されるものではない。特許請求の範囲の記載を逸脱せず、当業者が容易に想到できる範囲で種々の変形態様もこの発明に含まれる。

【符号の説明】

【0045】

1 ジャーナル軸受

3 軸

20 パッド

40 ティルティングパッド軸受

41 ボール部

41a ボール部の摺動面

43 ソケット部

43a ソケット部の摺動面

47 貫通孔

48 貫通孔

48c 開口部

411 基体

413 PVD コーティング層

431 基体

433 コーティング層

433 PVD コーティング層

10

20

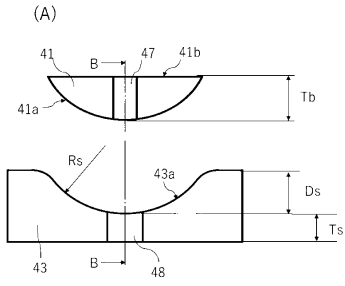
30

40

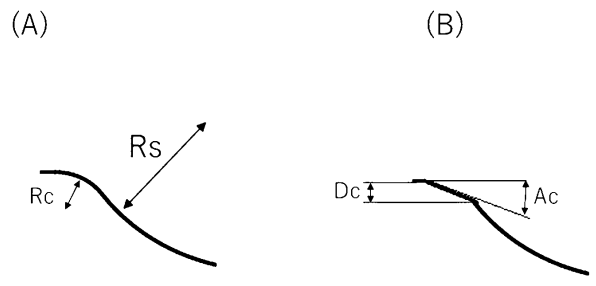
50

【図面】

【図 1】

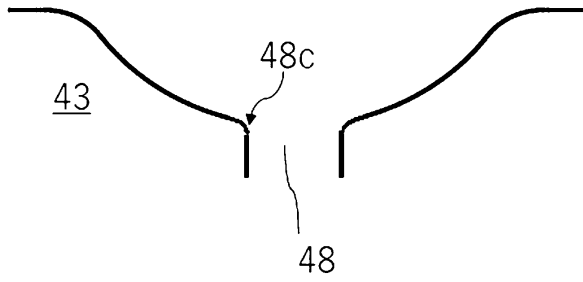


【図 2】

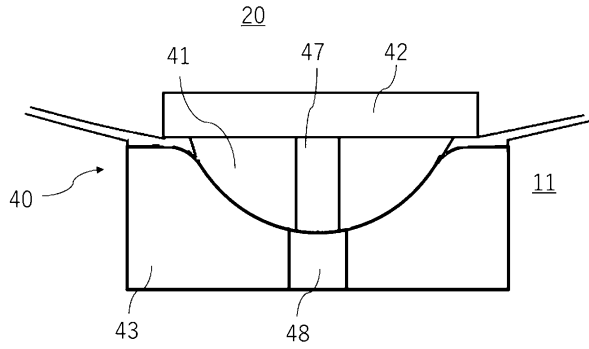


10

【図 3】

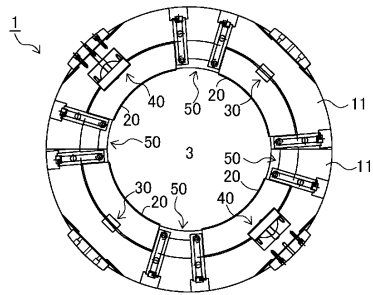


【図 4】

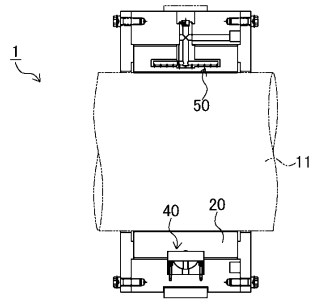


20

【図 5】



【図 6】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2018 - 194171 (JP, A)
特開 2009 - 079652 (JP, A)
特表 2017 - 508937 (JP, A)
国際公開第 2018 / 116532 (WO, A1)
特開 2007 - 232092 (JP, A)
米国特許出願公開第 2020 / 0408243 (US, A1)
中国特許出願公開第 111421236 (CN, A)
特開 2001 - 132742 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | |
|--------|---------|
| F 16 C | 17 / 10 |
| F 16 C | 33 / 16 |
| C 23 C | 14 / 06 |