

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6704832号  
(P6704832)

(45) 発行日 令和2年6月3日(2020.6.3)

(24) 登録日 令和2年5月15日(2020.5.15)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>F 1 6 C 33/20 (2006.01)</b>	F 1 6 C 33/20 A
<b>F 1 6 C 3/02 (2006.01)</b>	F 1 6 C 3/02
<b>C O 8 L 101/00 (2006.01)</b>	C O 8 L 101/00
<b>C O 8 L 27/18 (2006.01)</b>	C O 8 L 27/18
<b>C O 8 K 3/04 (2006.01)</b>	C O 8 K 3/04

請求項の数 11 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-208917 (P2016-208917)	(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	平成28年10月25日(2016.10.25)	(74) 代理人	110000855 特許業務法人浅村特許事務所
(65) 公開番号	特開2018-71581 (P2018-71581A)	(72) 発明者	山内 貴文 愛知県犬山市大字前原字天道新田 大同メ タル株式会社内
(43) 公開日	平成30年5月10日(2018.5.10)	審査官	中島 亮
審査請求日	令和1年7月29日(2019.7.29)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摺動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸部材と、該軸部材を支承する摺動部材とを備える摺動装置であって、  
前記軸部材は、合成樹脂と、該合成樹脂中に分散された硬質粒子とからなり、前記硬質  
粒子の体積は、前記軸部材の体積の5～50体積%であり、

前記摺動部材は、裏金属と、該裏金属上に設けられた摺動層とを備え、

前記摺動層は、合成樹脂と、該合成樹脂中に分散された黒鉛粒子およびPTFE粒子と  
からなり、該黒鉛粒子の体積は、前記摺動層の体積の5～50体積%であり、前記PTFE  
粒子の体積は、前記摺動層の体積の0.2体積%以上1体積%未満であり、

前記黒鉛粒子は、長球状黒鉛粒子と薄板形状の鱗片状黒鉛粒子とからなり、前記黒鉛粒  
子の全体積に対する前記鱗片状黒鉛粒子の体積の割合が10～40体積%であり、

前記長球状黒鉛粒子の断面組織は、黒鉛結晶のAB面が粒子表面から中心方向に向けて  
粒子表面の丸みに沿って曲線状に複数積層しており、前記鱗片状黒鉛粒子の断面組織は、  
黒鉛結晶のAB面が前記薄板形状の厚さ方向に複数積層しており、

前記長球状黒鉛粒子の平均粒径が3～50μmであり、前記鱗片状黒鉛粒子の平均粒径  
が1～25μmであり、前記PTFE粒子の平均粒径が1～25μmである、摺動装置。

【請求項2】

前記PTFE粒子の平均アスペクト比が1.5～4.5である、請求項1に記載された  
摺動装置。

【請求項3】

10

20

前記長球状黒鉛粒子の平均アスペクト比が1.5～4.5である、請求項1または請求項2に記載された摺動装置。

【請求項4】

前記鱗片状黒鉛粒子の平均アスペクト比が5～10であり、

前記鱗片状黒鉛粒子の異方分散指数が3以上であり、該異方分散指数は、各鱗片状黒鉛粒子についての比 $X1/Y1$ の平均により表され、ここで

$X1$ は、前記摺動層の摺動面に対して垂直方向の断面組織での、前記鱗片状黒鉛粒子の前記摺動面に対して平行方向の長さであり、

$Y1$ は、前記摺動層の摺動面に対して垂直方向の断面組織での、前記鱗片状黒鉛粒子の前記摺動面に対して垂直方向の長さである、請求項1から請求項3までのいずれか1項に記載された摺動装置。

10

【請求項5】

前記摺動層の合成樹脂が、PAI、PI、PBI、PA、フェノール、エポキシ、POM、PEEK、PE、PPS、及びPEIから選ばれる1種または2種以上からなる、請求項1から請求項4までのいずれか1項に記載された摺動装置。

【請求項6】

前記摺動層が、MoS<sub>2</sub>、WS<sub>2</sub>、及びh-BNから選ばれる1種または2種以上の固体潤滑剤を1～20体積%をさらに含む、請求項1から請求項5までのいずれか1項に記載された摺動装置。

【請求項7】

前記摺動層が、CaF<sub>2</sub>、CaCO<sub>3</sub>、タルク、マイカ、ムライト、酸化鉄、リン酸カルシウム、及びMo<sub>2</sub>Cから選ばれる1種または2種以上の充填材を1～10体積%さらに含む、請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載された摺動装置。

20

【請求項8】

前記裏金層と前記摺動層との間に、多孔質金属層をさらに有する、請求項1から請求項7までのいずれか1項に記載された摺動装置。

【請求項9】

前記軸部材の前記合成樹脂が、PAI、PI、PBI、PA、フェノール、エポキシ、POM、PEEK、PE、PPSおよびPEIのうちから選ばれる1種または2種以上である請求項1から請求項8までのいずれか1項に記載された摺動装置。

30

【請求項10】

前記硬質粒子が、炭素繊維、ガラス繊維、BN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiC、SiO<sub>2</sub>、AlN、およびTiO<sub>2</sub>のうちから選ばれる1種または2種以上からなる請求項1から請求項9までのいずれか1項に記載された摺動装置。

【請求項11】

前記軸部材が、

CaF<sub>2</sub>、CaCO<sub>3</sub>、タルク、マイカ、ムライト、酸化鉄、リン酸カルシウムおよびMo<sub>2</sub>Cのうちから選ばれる1種または2種以上を1～10体積%、及び/または

MoS<sub>2</sub>、WS<sub>2</sub>、h-BNおよびPTFEから選ばれる1種または2種以上を5体積%以下

40

をさらに含む請求項1から請求項10までのいずれか1項に記載された摺動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、摺動装置に関するものであり、詳細には、合成樹脂製の軸部材と、裏金層上に合成樹脂および黒鉛からなる摺動層を備え、軸部材を支承する摺動部材とを有する摺動装置に係るものである。

【背景技術】

【0002】

互いに摺動接触する摺動面がともに樹脂組成物である二つの摺動部材を組合わせた構造

50

の摺動装置が用いられている。二つの摺動部材のうち、一方は、回転動作、あるいは、往復動作を行う軸部材であり、他方は、この軸部材を支承する摺動層を有する摺動部材である。軸部材としては、強度を高めるために、合成樹脂にカーボン繊維、ガラス繊維、金属粒子、セラミックス粒子等の硬質粒子を含有させたものが、従来より知られている（特許文献1、特許文献2参照）。

【0003】

他方、摺動部材としては、合成樹脂に固体潤滑剤として鱗片状の黒鉛を添加した樹脂組成物を有するものが、従来より用いられている（特許文献3）。天然黒鉛は、一般的に、その性状によって、鱗片状黒鉛、鱗状黒鉛、土壌黒鉛に分けられる。黒鉛化度は、鱗状黒鉛が100%と最も高く、次いで鱗片状黒鉛の99.9%であり、土壌黒鉛は28%と低い。従来、摺動部材用の固体潤滑剤としての黒鉛は、黒鉛化度が高い鱗状黒鉛または鱗片状黒鉛の天然黒鉛を機械的に粉碎した鱗片状粒子が用いられてきた。

10

【0004】

この鱗片形状の黒鉛は、炭素原子が規則正しく網目構造を形成して平面状に広がるAB面（六角網面平面、ベール面）が多数積層し、AB面に垂直なC軸方向に厚みを有する結晶である。積層したAB面相互間のファンデルワールス力による結合力がAB面の面内方向の結合력에比べてはるかに小さいため、AB面間でせん断が起きやすい。そのため、この黒鉛は、AB面の広がりに対して積層の厚みが薄いため、全体としては薄板状を呈している。なお、鱗片状黒鉛粒子は、外力を受けた場合にAB面間のせん断が起こることにより固体潤滑剤として機能すると考えられている。

20

【0005】

近年、鱗片状黒鉛粒子を含有する樹脂組成物を用いた摺動部材では、鱗片状黒鉛粒子の形状が薄板状であり脆いことに起因して、摺動面となる樹脂組成物の表面を機械加工した際に鱗片状黒鉛粒子が割れて脱落してしまい、摺動面の表面の粗さが悪くなり、その結果として耐焼付性が悪くなるという問題が生じている。この問題を解決するため、合成樹脂に球状化天然黒鉛粒子を含有させ、機械加工後の表面粗さを小さくできるとする摺動材料が、たとえば特許文献4に提案されている。

ここで、球状化黒鉛粒子は、天然の鱗片状黒鉛粒子を原材料とし、鱗片状黒鉛粒子に小さな負荷を繰り返し加えて、折り曲げることにより球状に造粒したものである（特許文献5、特許文献6参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2001-132757号公報

【特許文献2】特開平5-179277号公報

【特許文献3】特開2005-89514号公報

【特許文献4】国際公開第2012074107号

【特許文献5】国際公開第2012/137770号

【特許文献6】特開2008-24588号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

互いに摺動する摺動面がともに樹脂組成物である軸部材と摺動部材を組合わせた構造の摺動装置は、摺動面間に油の供給がなされていない条件（以下、「無潤滑条件」という）で運転がなされる場合も多く、無潤滑条件では摺動部材の摺動面と軸部材の表面とが直接、接触した摺動が起こる。特許文献4のような天然黒鉛を球状化した黒鉛粒子を合成樹脂に含有させた樹脂組成物を用いた摺動部材は、無潤滑条件で硬質粒子を含有する樹脂組成物からなる軸部材を支承する摺動部に用いると、摺動部材の摺動面の表面に傷がつき、摩耗が起きやすくなり、さらに、摺動時に摺動面に露出する黒鉛粒子に割れが生じて摺動面からの脱落がおり摺動面の摩耗量が多くなることが判明した。

50

## 【 0 0 0 8 】

また、このような摺動面がともに樹脂組成物である軸部材と摺動部材を組合わせた構造の摺動装置では、通常、摺動が開始されてから摩擦係数が増加し始め、一定時間のうちに摩擦係数が一定値に安定する。ところが、特許文献3のような鱗片状の黒鉛粒子を合成樹脂に含有させた樹脂層を用いた摺動部材では、摺動時に摺動面から鱗片状の黒鉛粒子が脱落し、樹脂組成物である軸部材の表面に移着することがあり、このように軸部材の表面に過度に鱗片状黒鉛粒子が移着した場合には、摺動が開始されてから摩擦係数が安定するまでの時間が通常よりも長くなる、すなわち摺動性能が安定しないことが判明した。

## 【 0 0 0 9 】

したがって、本発明の目的は、摺動面がともに樹脂組成物である軸部材と摺動部材を組合わせた構造の摺動装置において、従来技術の上記欠点を克服して、無潤滑条件でも摺動部材の摺動層の耐摩耗性に優れ、摺動性能が早期に安定する摺動装置を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 0 】

本発明の一観点によれば、5～50体積%の硬質粒子が分散された合成樹脂からなる軸部材と、軸部材を支承（支持）する摺動部材とを備えた摺動装置が提供される。

この摺動部材は、裏金層と、この裏金層上に設けられた摺動層とを備え、この摺動層は、合成樹脂と、この合成樹脂に分散された黒鉛粒子とPTFE（ポリテトラフルオロエチレン）粒子からなる。この黒鉛粒子は、摺動層の5～50体積%を占め、PTFE粒子は、摺動層の0.2体積%以上、1体積%未満を占める。黒鉛粒子は、長球状黒鉛粒子と、薄板形状の鱗片状黒鉛粒子とからなり、黒鉛粒子の全体積に対する鱗片状黒鉛粒子の体積の割合は10～40%である。長球状黒鉛粒子の断面組織は、黒鉛結晶のAB面が粒子表面から中心方向に向けて粒子表面の丸みに沿って曲線状に複数積層している。鱗片状黒鉛粒子の断面組織は、黒鉛結晶のAB面が薄板形状の厚さ方向（黒鉛結晶のAB面に対して垂直方向であるC軸方向）に複数積層している。長球状黒鉛粒子の平均粒径は3～50 $\mu$ mであり、鱗片状黒鉛粒子の平均粒径は1～25 $\mu$ mである。PTFE粒子の平均粒径は1～25 $\mu$ mである。

## 【 0 0 1 1 】

本発明の摺動装置は、主に、摺動部材の摺動層中に分散する長球状黒鉛粒子が潤滑成分として作用する。

摺動層中に分散する長球状黒鉛粒子の断面（内部）組織は、黒鉛結晶のAB面（六角網面平面）が粒子表面から中心方向に向けて粒子表面の丸みに沿って曲線状に複数積層しているために、摺動層の摺動面に露出する長球状黒鉛粒子の表面は、黒鉛結晶のAB面で構成されることとなる。

上記の通り、黒鉛結晶は、AB面が多数積層し、AB面に垂直方向であるC軸方向に厚みを有する結晶であり、積層したAB面相互間の結合力（ファンデルワールス力）は、AB面の面内方向の結合력에比べてはるかに小さいため、AB面間でせん断が起きやすい。摺動面に黒鉛結晶のAB面からなる面が露出した場合、摺動面では軸部材の表面に対してAB面が接触するので、軸部材からの負荷が小さい場合でも、AB面間でせん断が容易に起こり、その結果、摺動面と軸部材の表面との摩擦力が小さくなり、摺動層の摩耗量が少なくなる。

## 【 0 0 1 2 】

また、本発明の摺動装置の摺動部材は、主に、摺動部材の摺動層中に分散する鱗片状黒鉛粒子の作用により、摺動部材の表面に傷が発生することが防がれる。

## 【 0 0 1 3 】

軸部材との摺動により、摺動部材の摺動面に露出する鱗片状黒鉛粒子は、摺動面から摩耗し脱落するが、鱗片状黒鉛粒子は、厚みが薄いので、摺動面と軸部材の表面との間の隙間に侵入する。隙間に侵入した鱗片状黒鉛粒子は、鱗片状黒鉛粒子の平板面（AB面）が、軸部材の表面に対して平行となるように軸部材に移着する。移着した鱗片状黒鉛粒子は

10

20

30

40

50

、軸部材の表面に対して、僅かに摺動部材の摺動面側に突出する。このような移着部が、軸部材の表面に多数形成される。軸部材の表面の鱗片状黒鉛粒子の移着部が、摺動部材の摺動面と接するので、本来の軸部材の表面に露出する硬質粒子が摺動部材の摺動面に露出する長球状黒鉛粒子と直接接触することが防がれるか、または、接触する頻度が緩和される。この結果、摺動部材の摺動面に傷が発生することが抑制される。

【0014】

合成樹脂と球状黒鉛粒子とからなる摺動層を有する従来の摺動部材を用いた摺動装置では、摺動部材の摩耗が起こりやすい。これは、軸部材の表面に露出する硬質粒子と摺動部材の摺動面とが、直接、接触した状態で摺動するので摺動部材の摺動面に傷がつき、摺動層の摩耗が起きやすくなるからである。

10

【0015】

長球状黒鉛粒子の平均粒径は3～50 $\mu\text{m}$ とすることが好ましい。摺動面に露出する長球状黒鉛粒子は、軸部材の表面からの負荷を支えるが、平均粒径が3 $\mu\text{m}$ 未満であると、摺動時に、摺動面に露出する長球状黒鉛粒子の一部が摺動面から脱落しやすくなり、摺動層が負荷を支える能力が低下することがある。長球状黒鉛粒子の平均粒径が50 $\mu\text{m}$ を超えると、摺動層の表面に傷が発生する場合がある。

【0016】

鱗片状黒鉛粒子の平均粒径は、1～25 $\mu\text{m}$ とすることが好ましい。鱗片状黒鉛粒子の平均粒径が1 $\mu\text{m}$ 未満であると、摺動層中に鱗片状黒鉛粒子どうしの凝集部が形成されやすく、摺動層の強度が低下する場合がある。鱗片状黒鉛粒子の平均粒径が25 $\mu\text{m}$ を超えると、摺動時に摺動層に加わる負荷により摺動層中の鱗片状黒鉛粒子にせん断が起こり、摺動層の強度が小さくなる場合がある。

20

【0017】

上記のとおり軸部材との摺動により、摺動部材の摺動面に露出する鱗片状黒鉛粒子は、軸部材の表面に移着するが、軸部材の表面に過度に鱗片状黒鉛粒子が移着した場合には、摺動が開始されてから摩擦係数が安定するまでの時間が長くなる、すなわち、摩擦係数が増加し始めて一定になるまでの時間が長くなることが判明した。

【0018】

本発明の摺動部材の摺動層は、PTFE粒子を、摺動層の体積に対して0.2体積%以上1体積%未満を含むことで、軸部材の表面への鱗片状黒鉛粒子の過度な移着が防がれる。

30

軸部材に鱗片状黒鉛粒子の移着部が過度に形成されると、摺動時に加わる負荷により移着した鱗片状黒鉛がせん断されて脱落が起きやすくなり、軸部材の表面への鱗片状黒鉛粒子の移着部の形成と脱落が繰り返されることにより摩擦係数が安定し難くなる。

本発明では、PTFEは相手材への粘着性が大きいため、摺動開始時に摺動層に加わる負荷によって、摺動層の表面に露出するPTFE粒子の摩耗粉がまず最初に軸部材に移着し始め、移着膜を形成する。その後、徐々に鱗片状黒鉛粒子が軸部材に移着するが、摺動初期に一定のPTFEの移着膜が軸部材にすでに形成されるために、鱗片状黒鉛粒子の軸部材への過度な移着が抑制されて、それにより短い時間で摩擦係数が安定すると考えられる。摺動層に含まれるPTFE粒子が0.2体積%未満であると、摺動初期の軸部材表面へのPTFEの移着膜の形成が不十分となり、鱗片状黒鉛粒子の軸部材への移着が抑制され

40

【0019】

PTFE粒子の平均粒径は、1～25 $\mu\text{m}$ とすることが好ましい。PTFE粒子の平均粒径が1 $\mu\text{m}$ 未満であると、摺動時に、摺動面に露出するPTFE粒子の一部は、移着膜が形成される前に、摺動面から脱落しやすくなり、ひいては摺動面と軸部材の表面との間から脱落したPTFE粒子が排出されるために、PTFE粒子の移着膜の形成が不十分となる場合がある。PTFE粒子の平均粒径が25 $\mu\text{m}$ を超えると、摺動時に摺動層に加わる負荷により摺動層中のPTFE粒子にせん断が起こり、摺動層の強度が小さくなる場合

50

がある。

#### 【0020】

本発明の一具体例によれば、PTFE粒子の平均アスペクト比A1は1.5~4.5であることが好ましい。PTFE粒子の平均アスペクト比は、PTFE粒子の長軸と短軸との比の平均により表される。PTFE粒子の平均アスペクト比A1が1.5以上であると、平均アスペクト比A1が1.5未満である場合よりも、軸部材の表面に移着膜が形成され易くなる。これは、PTFE粒子の表面積が大きくなることにより、合成樹脂との密着性が大きくなるために摺動時に摺動面から脱落し難くなるからと考えられる。さらに、PTFE粒子の平均アスペクト比A1は2以上が好ましい。また、PTFE粒子の平均アスペクト比A1が4.5以下であると、4.5を超える場合よりも摺動層の強度が大きくなる。これは、摺動時の負荷により摺動面に露出するPTFE粒子にせん断が起り難くなるからである。粒子が同体積であれば、アスペクト比が大きい方が摺動面に露出する面積が大きくなりせん断が起き易くなる。

10

#### 【0021】

本発明の一具体例によれば、長球状黒鉛粒子の平均アスペクト比A2は1.5~4.5であることが好ましい。長球状黒鉛粒子の平均アスペクト比は、長球状黒鉛粒子の長軸と短軸との比の平均により表される。長球状黒鉛粒子の平均アスペクト比A2が1.5以上であると、平均アスペクト比A2が1.5未満である場合よりも、耐摩耗性がさらに向上する。これは、長球状黒鉛粒子の表面積が大きくなることにより、合成樹脂との長球状黒鉛粒子の接触面積が大きくなり、合成樹脂との密着性が大きくなるために摺動時に摺動面から脱落し難くなるからと考えられる。さらに、長球状黒鉛粒子の平均アスペクト比A2は2以上が好ましい。

20

#### 【0022】

長球状黒鉛粒子の原材料である球状化黒鉛粒子は、天然の鱗片状黒鉛粒子に小さな負荷を繰り返し加えて、折り曲げることにより球状に造粒したものである。造粒時に天然の鱗片状黒鉛粒子に大きな負荷をかけると、AB面間でせん断がおこり小さい鱗片状に粉碎されてしまうので、印加する負荷は小さくせざるを得ない。このため、球状化粒子の内部で、造粒前の鱗片状黒鉛粒子の表面どうしの接触が不十分となる箇所が生じ、鱗片状黒鉛粒子の表面間に空隙が形成されやすい(特許文献5の図5(C)や特許文献6の図3~図6参照)。

30

この球状化天然黒鉛粒子は、摺動部材の合成樹脂に球形状が維持された状態で分散させた場合、黒鉛粒子内には空隙が存在するために、摺動面の露出する黒鉛粒子が負荷を受けると黒鉛粒子に割れが生じ、摺動面から脱落し、軸部材表面との間の隙間に侵入して摺動部材の摺動面や軸部材表面に損傷が発生するという問題がある。

#### 【0023】

本発明の上記の平均アスペクト比A2を有する長球状黒鉛粒子は、後述するように原材料である球状黒鉛粒子に長球形状を付与する処理により形成されるが、この処理により、同時に、球状黒鉛粒子の内部の空隙をなくすることができる。長球状黒鉛粒子の平均アスペクト比A2が1.5であると、長球状黒鉛粒子の断面組織に空隙が少なくなり、さらに、平均アスペクト比A2が2以上であると、長球状黒鉛粒子の断面組織に空隙が(ほぼ)存在しなくなり、摺動面に露出する長球状黒鉛粒子が相手軸から負荷を受けても、長球状黒鉛粒子には割れが生じることがない。そのため、長球状黒鉛粒子が摺動面から脱落したり、または長球状黒鉛粒子の割れに伴う破片が発生して、軸部材の表面との間の隙間に侵入して摺動部材の摺動面や軸部材の表面に損傷が発生する問題がおこらない。

40

#### 【0024】

本発明の一具体例によれば、鱗片状黒鉛粒子は、平均アスペクト比A3が5~10である。鱗片状黒鉛粒子の平均アスペクト比は、鱗片状黒鉛粒子の長軸と短軸との比の平均により表される。

さらに、鱗片状黒鉛粒子は、異方分散指数Sが3以上であることが好ましい。この異方分散指数Sは、各鱗片状黒鉛粒子についての比 $X1/Y1$ の値の平均として定義される。

50

ここで、X1は、摺動層の摺動面に対して垂直方向の断面組織における鱗片状黒鉛粒子の摺動面に平行方向の長さであり、Y1は、摺動層の摺動面に対し垂直方向の断面組織における鱗片状黒鉛粒子の摺動面に垂直方向の長さである。

【0025】

摺動層内の鱗片状黒鉛粒子の平板面（AB面の広がる方向）が摺動面に略平行に配向するものの割合が大きいほど、この異方分散指数Sの値が大きくなる。上記したように摺動装置の摺動部材と軸部材との摺動により、摺動部材の摺動面に露出する鱗片状黒鉛粒子は摺動面から脱落する。鱗片状黒鉛粒子は、上記の通り平均アスペクト比A3が5～10の薄板形状を有し、さらに、異方分散指数Sが3以上であるために平板面が摺動面に略平行に配向するものの割合が大きい。そのため、脱落した直後から、鱗片状黒鉛粒子は、その平板面が、軸部材の表面に概ね平行になり、軸部材の表面に移着しやすくなる。鱗片状黒鉛粒子の異方分散指数Sは、4以上であることがさらに好ましい。

10

【0026】

本発明の一具体例によれば、摺動部材の摺動層に用いられる合成樹脂は、PAI（ポリアミドイミド）、PI（ポリイミド）、PBI（ポリベンゾイミダゾール）、PA（ポリアミド）、フェノール、エポキシ、POM（ポリアセタール）、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）、PE（ポリエチレン）、PPS（ポリフェニレンサルファイド）およびPEI（ポリエーテルイミド）のうちから選ばれる1種または2種以上からなることができる。

【0027】

本発明の一具体例によれば、摺動部材の摺動層は、MoS<sub>2</sub>、WS<sub>2</sub>、およびh-BNから選ばれる1種または2種以上の固体潤滑剤1～20体積%をさらに含むことができる。この固体潤滑剤を含有することにより、摺動層の摺動特性を高めることができる。

20

【0028】

本発明の一具体例によれば、摺動部材の摺動層は、CaF<sub>2</sub>、CaCO<sub>3</sub>、タルク、マイカ、ムライト、酸化鉄、リン酸カルシウムおよびMo<sub>2</sub>C（モリブデンカーバイト）のうちから選ばれる1種または2種以上の充填材を1～10体積%をさらに含むことができる。この充填材を含有することにより、摺動層の耐摩耗性を高めることが可能となる。

【0029】

本発明の一具体例によれば、摺動部材は、裏金属層と摺動層との間に多孔質金属層をさらに有することができる。裏金属層の表面に多孔質金属層を設けることにより、摺動層と裏金属層の接合強度を高めることができる。すなわち、多孔質金属層の空孔部に摺動層を構成する組成物が含浸されることによるアンカー効果により裏金属層と摺動層との接合力の強化が可能になる。

30

多孔質金属層は、Cu、Cu合金、Fe、Fe合金等の金属粉末を金属板や条等の表面上に焼結することにより形成することができる。多孔質金属層の空孔率は20～60%程度であればよい。多孔質金属層の厚さは0.05～0.5mm程度とすればよい。この場合、多孔質金属層の表面上に被覆される摺動層の厚さは0.05～0.4mm程度となるようにすればよい。ただし、ここで記載した寸法は一例であり、本発明がこの値の限定されるものではなく、異なる寸法に変更するも可能である。

40

【0030】

本発明の一具体例によれば、軸部材に用いられる合成樹脂は、PAI（ポリアミドイミド）、PI（ポリイミド）、PBI（ポリベンゾイミダゾール）、PA（ポリアミド）、PF（フェノール）、EP（エポキシ）、POM（ポリアセタール）、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）、PE（ポリエチレン）、PPS（ポリフェニレンサルファイド）およびPEI（ポリエーテルイミド）のうちから選ばれる1種または2種以上からなることができる。

【0031】

本発明の一具体例によれば、軸部材に用いられる硬質粒子は、CF（炭素繊維）、GF（ガラス繊維）、BN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiC、SiO<sub>2</sub>、AlN、およびTiO<sub>2</sub>のうち

50

から選ばれる1種または2種以上からなることができる。軸部材は、これら硬質粒子を含有することにより、軸部材の強度（剛性）が高くなる。硬質粒子の平均粒径は、1～50 μmとすることができる。

【0032】

なお、軸部材は、 $CaF_2$ 、 $CaCO_3$ 、タルク、マイカ、ムライト、酸化鉄、リン酸カルシウムおよび $Mo_2C$ （モリブデンカーバイト）のうちから選ばれる1種または2種以上の充填材1～10体積%をさらに含むことができる。また、軸部材は、 $MoS_2$ 、 $WS_2$ 、 $h-BN$ およびPTFEから選ばれる1種または2種以上の固体潤滑剤および/または油5体積%以下をさらに含むことができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0033】

【図1】本発明の一例による摺動装置を示す図。

【図2】本発明の一例による摺動部材の断面を示す図。

【図3】本発明の一例による軸部材の断面を示す図。

【図4】PTFE長球状黒鉛粒子のアスペクト比（A1）を説明する図。

【図5】長球状黒鉛粒子のアスペクト比（A2）を説明する図。

【図6】鱗片状黒鉛粒子のアスペクト比（A3）および異方分散指数（S）を説明する図

。【図7】本発明の他の例による摺動部材の断面を示す図。

【図8】本発明の摺動装置の一具体的形態例を示す図。

20

【発明を実施するための形態】

【0034】

図1に本発明による摺動装置1の一例を概略的に示す。摺動装置1は、軸部材2および軸部材2を支承する摺動部材3を備える。摺動部材3は、裏金層4および摺動層5を有する。

本発明の摺動装置1の具体的形態として、円柱形状の軸部材2を円筒形状の摺動部材3が支承する摺動装置とすることができる（図8参照）。この場合は、円筒形状の摺動部材3の内面に摺動層5が形成される。しかし、本発明による摺動装置はこの形態に限定されずに、軸部材2および摺動部材3が平板である形態、その他いずれの形態であってもよい

30

【0035】

図2に本発明による摺動装置の摺動部材3の一例の断面を概略的に示す。摺動部材3は、裏金層4上に、摺動層5が設けられている。摺動層5は、5～50体積%の黒鉛粒子7と、0.2体積%以上1体積%未満PTFE粒子11とが合成樹脂6に分散している。黒鉛粒子7は、長球状形状の長球状黒鉛粒子71と薄片形状の鱗片状黒鉛粒子72とからなる。黒鉛粒子7の全体積に対する鱗片状黒鉛粒子72の体積割合は10～40%である。長球状黒鉛粒子71の断面（内部）組織は、黒鉛結晶のAB面が粒子表面から中心方向に向けて粒子表面の丸みに沿って曲線状に複数積層しており、長球状黒鉛粒子71の断面組織中には空隙が存在しない。鱗片状黒鉛粒子72の断面組織は、黒鉛結晶のAB面が薄片形状の厚さ方向（黒鉛結晶のAB面に対して垂直方向であるC軸方向）に複数積層している

40

。PTFE粒子11の平均粒径D1は1～25 μm、長球状黒鉛粒子の平均粒径D2は3～50 μm、鱗片状黒鉛粒子の平均粒径D3は1～25 μmである。

なお、摺動層5と裏金層4との間に多孔質金属層8を設けてもよい。多孔質金属層8を設けた摺動部材の一例の断面を図7に概略的に示す。

【0036】

本明細書で用いる「長球状」の語は、幾何学的に厳密な長球形を意味するものではなく、広い意味で、一方向に長く延びており（すなわち下記のアスペクト比を有する）、角ばって不定形な形状を有さないことを表わす。

また、長球状黒鉛粒子71の組織内に空隙がないことは、摺動層5の摺動面に垂直方向の断面において、複数個（例えば、20個）の黒鉛粒子を電子顕微鏡を用いて倍率200

50

0倍で電子像を撮影し、撮影画像中の長球状黒鉛71の粒子の断面組織内に空隙が形成されていないことを観察することにより確認できる。ただし、長球状黒鉛の粒子71の断面組織内に幅0.1μm以下の細線状の空隙の形成は許容されるが、この幅0.1μm以下の細線状の空隙は、その総面積が、長球状黒鉛粒子71の断面組織中での面積率が3%以下に限定される。

【0037】

摺動層5内に分散するPTFE粒子11の長軸と短軸との比の平均で表される平均アスペクト比A1は1.5~4.5であることが好ましく、2以上であることがより好ましい。

【0038】

摺動層5内に分散する長球状黒鉛粒子71の長軸と短軸との比の平均で表される平均アスペクト比A2は1.5~4.5であることが好ましい。

他方、鱗片状黒鉛粒子72の長軸と短軸との比の平均で表される平均アスペクト比A3は5~10であることが好ましい。

【0039】

さらに、鱗片状黒鉛粒子72は、異方分散指数Sが3以上となっていることが好ましい。異方分散指数Sは、摺動層の摺動面に対して垂直方向の断面組織での鱗片状黒鉛粒子72の摺動面に対して平行方向の長さをX1、摺動層の摺動面に対して垂直方向の断面組織での鱗片状黒鉛粒子72の摺動面に対して垂直方向の長さをY1としたとき(図6参照)、各鱗片状黒鉛粒子の比X1/Y1の値を全鱗片状黒鉛粒子について平均したものと表される。さらに、異方分散指数Sは4以上とすることが好ましい。

【0040】

上記に説明した摺動装置の摺動部材について、製造工程に沿って以下に詳細に説明する。

(1) 原材料黒鉛粒子の準備

長球状黒鉛粒子の原材料として、鱗片状天然黒鉛を造粒した球状黒鉛粒子を用いることができる。この球状黒鉛粒子は、黒鉛結晶のAB面が粒の表面から内部に向かって粒子表面の丸みに沿って曲線状に複数積層した組織となっており、粒子の内部には空隙が形成されている。この原材料の球状黒鉛粒子は、レーザー回折式粒度測定装置により測定される平均粒径が2~60μmで、円形度が0.92以上であるものを用いることが好ましい。

ここで、円形度は、次式で表される。  
円形度 = (投影粒子形状と同一の面積を有する円の周囲長) / (投影粒子形状の周囲長)  
投影粒子形状が真円をなす場合には円形度は1となる。投影粒子形状は、光学顕微鏡や走査型電子顕微鏡などを用いて得られた撮影画像から求めることができる。

原材料の球状黒鉛粒子の円形度が0.92未満のものを用いた場合、後述する混合工程での空隙を無くす処理の際に、黒鉛粒子の表面には不均質に負荷が加わりやすくなり、黒鉛粒子の表面が局部的に変形してせん断したり、内部に割れが生じて新たな空隙が形成されやすくなる。

【0041】

鱗片状黒鉛粒子の原材料としては、薄板形状を有する天然の鱗片状黒鉛粒子を用いる。この鱗片状黒鉛粒子は、レーザー回折式粒度測定装置により測定されるAB面に平行方向の平均粒径が1~30μmであり、また、粒子の平均厚さが0.2~3.5μmである粒子を用いることが好ましい。

【0042】

(2) 原材料PTFE粒子の準備

PTFE粒子の原材料として、レーザー回折式粒度測定装置により測定された平均粒径が2~30μmである長球状のPTFE粒子を用いることが好ましい。

【0043】

(3) 合成樹脂粒子の準備

原材料である合成樹脂粒子は、球状黒鉛粒子の平均粒径の50~150%の平均粒径を

10

20

30

40

50

有するものを用いることが好ましい。合成樹脂としては、P A I、P I、P B I、P A、フェノール、エポキシ、P O M、P E E K、P E、P P SおよびP E Iのうちから選ばれる1種または2種以上からなるものを用いることができる。

【0044】

(4) 混合

球状黒鉛粒子および鱗片状黒鉛粒子を、鱗片状黒鉛粒子の体積割合が全黒鉛粒子体積の10～40%となるように調整する。次に、この黒鉛成分が5～50体積%となりP T F E成分が0.2体積%以上1体積%未満となるように、球状黒鉛粒子および鱗片状黒鉛粒子と、P T F E粒子と、合成樹脂粒子との割合を調整する。この球状黒鉛粒子および鱗片状黒鉛粒子およびP T F E粒子並びに合成樹脂粒子を有機溶剤で希釈し、粘度が40000～110000 m P a · sとなる組成物を作製する。この希釈液をロールミルで混合することにより、混合時に、ほぼ球状であった球状黒鉛粒子に長球形状が付与され、同時に、球状黒鉛粒子の内部組織中の空隙が減少あるいは消滅する。

10

【0045】

この理由は、以下のように考えられる。

従来の黒鉛粒子や他の充填材粒子を含有する樹脂組成物の希釈液の粘度は、通常は、最大でも15000 m P a · s程度になされていた。しかし、ここでは、希釈した組成物の粘度を40000～110000 m P a · sと通常よりも大きくする。このことにより、ロールミルによる混合時に、球状黒鉛粒子と樹脂粒子とが同時にロールミルのロール間のギャップ(間隙)を通過する頻度が高くなる。球状黒鉛粒子と樹脂粒子とが同時にロールギャップを通過するときに、球状黒鉛粒子に負荷が加わることにより黒鉛粒が変形するが、ロールから球状黒鉛粒子へ加わる負荷は、球状黒鉛粒子に接した樹脂粒子が変形することにより緩和されることで、球状黒鉛粒子の表面に局部的に過度な負荷が加わることが防がれ、黒鉛粒子をせん断させることなく変形させられる。黒鉛粒子は、合成樹脂の粒子とともにロールミルのロールギャップを通過する毎に徐々に変形し長球形状が付与され、同時に、粒子の内部の空隙が減少あるいは消失する。

20

組成物の粘度が110000 m P a · sを超えると、溶剤の濃度が低すぎて、樹脂粒子と長球状黒鉛粒子と鱗片状黒鉛粒子とを均質に分散させ難くなるため好ましくない。さらに、ロールミルでの混合時に、鱗片状黒鉛粒子に割れが発生する場合がある。

【0046】

ロールミルのロール間のギャップは、球状黒鉛粒子の平均粒径の150%～250%に相当する間隔に設定する。従来技術においては、摺動部材である黒鉛粒子や他の充填材粒子を含有する樹脂組成物をロールミルを用いて混合する場合、混合は、単に有機溶剤中に樹脂粒子と黒鉛粒子や他充填材粒子を均質分散させることを目的としており、ロールミルのロール間のギャップは、原材料である樹脂粒子や黒鉛粒子の粒径よりもかなり大きな間隔(例えば、黒鉛粒子の平均粒径の400%程度)になされていた。

30

【0047】

なお、球状黒鉛粒子のみを有機溶剤で希釈した組成物をロールミルに通しても、球状黒鉛粒子を変形させることはできない。この場合、球状黒鉛粒子にせん断や割れが発生してしまい変形は起こらない。これは、ロール間のギャップを球状黒鉛粒子が通過するとき、球状黒鉛粒子のロール表面との接触部や球状黒鉛粒子どうしの接触部に局部的に大きな負荷が加わりせん断や割れが生じるためと考えられる。

40

【0048】

上記した合成樹脂粒子の平均粒径が、球状黒鉛粒子の平均粒径の50～150%である関係は、ロール間のギャップを通過するときに黒鉛粒子に過度な負荷が加わりせん断が発生することを防ぐために好適である。摺動層中に固体潤滑剤や充填材をさらに含有させる場合、これら固体潤滑剤や充填材の粒子は、球状黒鉛粒子の平均粒径の50%以下の平均粒径を有するものを用いることが好ましい。

【0049】

上記した混合工程において、P T F E粒子は、原材料時の粒形状が維持される。

50

## 【 0 0 5 0 】

合成樹脂粒子、球状黒鉛粒子および鱗片状黒鉛粒子の混合方法は、上記実施形態で示したロールミルを用いた混合方法に限定されないで、他の混合機を用いたり、他の混合条件を調整することも可能である。

## 【 0 0 5 1 】

## ( 5 ) 裏金

裏金層としては、Fe合金、Cu、Cu合金等の金属板を用いることができる。裏金層表面、すなわち摺動層との界面となる側に多孔質金属層を形成してもよいが、多孔質金属層は裏金層と同じ組成を有することも、異なる組成または材料を用いることも可能である。

10

## 【 0 0 5 2 】

## ( 6 ) 被覆工程

混合後の組成物は、裏金層の一方の表面、あるいは裏金層上の多孔質金属層に塗布され、組成物を塗布した裏金は、組成物の厚さを均一とするため、所定の一定の間隙を有するロール間に通される。

混合後の組成物の粘度は、摺動部材の摺動層中での鱗片状黒鉛粒子の長軸方向の異方(配向)分散にも密接に関係し、この鱗片状黒鉛粒子の異方分散は、この被覆工程での条件設定が重要であることが判明した。

## 【 0 0 5 3 】

混合工程で組成物の粘度が大きい(有機溶剤の割合が少ない)場合、組成物を塗布した裏金層がロール間を通過するときに、組成物中の鱗片状黒鉛粒子が(その平板面が摺動面に対して平行な方向を向くように)流動しにくくなるからである。

20

他方、組成物の粘度が $110000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以下であると、被覆工程で長球状の黒鉛粒子が有機溶剤とともに流動しやすいので、この鱗片状黒鉛粒子は、その平板面の向く方向が、摺動部材の摺動層中において配向すなわち異方に分散する。具体的には、組成物の粘度が $110000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以下であると、摺動層に分散する鱗片状黒鉛粒子は、異方分散指数 $S$ が2.5以上となる。さらに組成物の粘度が $100000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以下であると異方分散指数が3以上、 $80000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以下であると異方分散指数が4以上となる。

## 【 0 0 5 4 】

## ( 7 ) 乾燥・焼成工程

組成物を被覆した裏金層(あるいは、裏金層および多孔質多孔質金属層)は、組成物中の有機溶剤を乾燥させるための加熱、組成物中の樹脂を焼成するための加熱を施して摺動部材が得られる。これらの加熱条件は、使用した樹脂に対して一般に用いられる条件を採用できる。

30

## 【 0 0 5 5 】

## ( 8 ) 測定

長球状黒鉛粒子の平均粒径 $D_2$ は、摺動部材の摺動面に垂直方向の断面を、電子顕微鏡を用いて電子像を200倍で撮影し、長球状黒鉛粒子の平均粒径を測定した。具体的には、長球状黒鉛粒子の平均粒径は、得られた電子像を一般的な画像解析手法(解析ソフト: Image-Pro Plus (Version 4.5); (株)プラネترون製)を用いて、各長球状黒鉛粒子の面積を測定し、それを円と想定した場合の平均直径に換算して求める。

40

## 【 0 0 5 6 】

鱗片状黒鉛粒子の平均粒径 $D_3$ も、上記の手法で得られた電子像を上記の像解析手法を用いて、各鱗片状黒鉛粒子の面積を測定し、それを円と想定した場合の平均直径に換算して求める。ただし、電子像の撮影倍率は、200倍に限定されないで、他の倍率に変更することができる。

## 【 0 0 5 7 】

PTFE粒子の平均粒径 $D_1$ も、上記の手法で得られた電子像を上記の像解析手法を用

50

いて、各 P T F E 粒子の面積を測定し、それを円と想定した場合の平均直径に換算して求める。ただし、電子像の撮影倍率は、200倍に限定されないで、他の倍率に変更することができる。

**【0058】**

P T F E 粒子のアスペクト比  $A_1$  は、上記の手法で得られた電子像を、上記の像解析手法を用い、各 P T F E 粒子の長軸の長さ  $L_1$  と短軸の長さ  $S_1$  の比（長軸の長さ  $L_1$  / 短軸の長さ  $S_1$ ）の平均として求める（図4参照）。なお、P T F E 粒子の長軸の長さ  $L_1$  は、上記電子像中の P T F E 粒子の長さが最大となる位置での長さを示し、P T F E 粒子の短軸の長さ  $S_1$  は、この長軸の長さ  $L_1$  の方向に直交する方向での長さが最大となる位置での長さを示す。

10

**【0059】**

長球状黒鉛粒子のアスペクト比  $A_2$  は、上記の手法で得られた電子像を、上記の像解析手法を用い、各長球状黒鉛粒子の長軸の長さ  $L_2$  と短軸の長さ  $S_2$  の比（長軸の長さ  $L_2$  / 短軸の長さ  $S_2$ ）の平均として求める（図5参照）。なお、長球状黒鉛粒子の長軸の長さ  $L_2$  は、上記電子像中の長球状黒鉛粒子の長さが最大となる位置での長さを示し、長球状黒鉛粒子の短軸の長さ  $S_2$  は、この長軸の長さ  $L_2$  の方向に直交する方向での長さが最大となる位置での長さを示す。

**【0060】**

鱗片状黒鉛粒子のアスペクト比  $A_3$  は、上記の手法で得られた電子像を、上記の像解析手法を用い、各鱗片状黒鉛粒子の長軸の長さ  $L_3$  と短軸の長さ  $S_3$  の比（長軸の長さ  $L_3$  / 短軸の長さ  $S_3$ ）の平均として求める（図6参照）。なお、鱗片状黒鉛粒子の長軸の長さ  $L_3$  は、上記電子像中の鱗片状黒鉛粒子の長さが最大となる位置での長さを示し、鱗片状黒鉛粒子の短軸の長さ  $S_3$  は、この長軸の長さ  $L_3$  の方向に直交する方向での長さが最大となる位置での長さを示す。

20

**【0061】**

長球状黒鉛粒子は、断面組織が、黒鉛結晶の A B 面が粒子表面から中心方向に向けて粒子表面の丸みに沿って曲線状に複数積層している組織となっていることは、摺動部材の摺動面に垂直方向の断面において、複数個（例えば20個）の長球状黒鉛粒子を電子顕微鏡を用いて倍率2000倍で電子像を撮影し、撮影画像中の長球状黒鉛粒子の断面組織が、粒子表面から中心方向に向けて粒子表面の丸みに沿った層状部が形成されていることが観

30

察されることで確認できた。

原材料として球状化天然黒鉛粒子を用い、この黒鉛粒子を、上記の混合工程で黒鉛粒子の内部組織中の空隙を無くす処理を施しても、長球状黒鉛粒子の一部は、上記の観察方法により内部に、幅（組織中の黒鉛結晶の A B 面に垂直方向の幅）が  $0.1 \mu\text{m}$  以下の細線状の空隙が、空隙の総面積が長球状黒鉛粒子の断面組織中での面積率で3%以下で形成される場合があったが、このような細線状の空隙を有する長球状黒鉛粒子であれば、完全に空隙の無い長球状黒鉛粒子と同等の摺動性能を有する。

**【0062】**

鱗片状黒鉛粒子は、断面組織が、黒鉛結晶の A B 面が薄板形状の厚さ方向（黒鉛結晶の A B 面に対して垂直方向である C 軸方向）に複数積層している組織となっていることは、摺動部材の摺動面に垂直方向の断面において、複数個（例えば20個）の鱗片状黒鉛粒子を電子顕微鏡を用いて倍率2000倍で電子像を撮影し、撮影画像中の鱗片状黒鉛粒子の断面組織が、薄板形状の厚さ方向に複数積層している層状部が形成されていることが観察されることにより確認できた。

40

**【0063】**

鱗片状黒鉛粒子  $\gamma_2$  の異方分散指数  $S$  は、摺動部材の摺動面に対して垂直方向の断面を電子顕微鏡を用いて電子像を200倍で撮影した画像を、上記画像解析手法を用い、摺動層中の各鱗片状黒鉛粒子  $\gamma_2$  の摺動面に対して平行方向の長さ  $X_1$  と、摺動面に対して垂直方向の長さ  $Y_1$  を測定し、それら各長さの比  $X_1 / Y_1$  の平均値を算出して求めた（図6参照）。

50

## 【0064】

図3に本発明による摺動装置1の軸部材2の一例の断面を概略的に示す。軸部材2は、合成樹脂9に硬質粒子10が分散されている。軸部材の製造工程は、合成樹脂と硬質粒子を混合後ペレット化を行い、射出成型にて円柱状や平板状等の所定の形状に成型できる。

## 【0065】

軸部材2の合成樹脂9は、PAI（ポリアミドイミド）、PI（ポリイミド）、PBI（ポリベンゾイミダゾール）、PA（ポリアミド）、PF（フェノール）、EP（エポキシ）、POM（ポリアセタール）、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）、PE（ポリエチレン）、PPS（ポリフェニレンサルファイド）およびPEI（ポリエーテルイミド）のうちから選ばれる1種または2種以上からなることができる。

10

## 【0066】

軸部材2は、合成樹脂9と、この合成樹脂9に分散された硬質粒子10からなり、硬質粒子10は、摺動層5の5～50体積%を占めるようにすることができる。

軸部材2の硬質粒子10は、CF（炭素繊維）、GF（ガラス繊維）、BN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiC、SiO<sub>2</sub>、AlN、およびTiO<sub>2</sub>のうちから選ばれる1種または2種以上からなることができる。硬質粒子10の平均粒径は、1～50μm程度とすることができる。

## 【0067】

なお、軸部材2は、CaF<sub>2</sub>、CaCO<sub>3</sub>、タルク、マイカ、ムライト、酸化鉄、リン酸カルシウムおよびMo<sub>2</sub>C（モリブデンカーバイト）のうちから選ばれる1種または2種以上の充填材1～10体積%をさらに含むことができる。また、軸部材2は、MoS<sub>2</sub>、WS<sub>2</sub>、h-BNおよびPTFEから選ばれる1種または2種以上の固体潤滑剤および/または油5体積%以下をさらに含むことができる。

20

## 【実施例】

## 【0068】

本発明による軸受装置の実施例1～10および比較例11～22を以下に示すとおり作製した。実施例1～10および比較例11～22の軸部材及び摺動部材の摺動層の組成は、表1に示すとおりである。

## 【0069】

実施例1～10および比較例11～22の軸部材は、表1に示す樹脂（EP、PF）と硬質粒子（CF（カーボン繊維）、SiO<sub>2</sub>粒子）を混合し、ペレット化し、このペレットを射出成型機を用い平板形状に成形した。

30

## 【0070】

【表 1】

区分	軸部材 組成(体積%)				摺動部材 組成(体積%)				PTFE				黒鉛				組成物		評価		摩擦係数	
	合成樹脂		硬質粒子		合成樹脂		潤滑剤		PTFE粒子		長球状黒鉛粒子		鱗片状黒鉛粒子		粘度 (mPa·s)	摺動面の損傷の有無	5000回 (K1)	20000回 (K2)	差 (K3)			
	EP	PF	CF	SiO2	PAI	PI	MoS2	CaCO3	D1(μm)	アスペクト比(A1)	D2(μm)	アスペクト比(A2)	D3(μm)	平均粒径						アスペクト比(A3)	指数(S)	割合(体積%)
1	95	—	5	—	94.8	—	—	—	25	1.3	50	1.3	25	12.5	11.6	40	40000	無	0.4479	0.4891	0.0412	
2	75	—	25	—	74.6	—	—	—	10	1.4	25	1.4	15	7.6	5.8	25	40000	無	0.4390	0.4781	0.0391	
3	75	—	25	—	49.7	—	—	—	1	1.4	3	1.4	1	11.2	9.7	10	40000	無	0.4329	0.4711	0.0382	
4	75	—	25	—	74.3	—	—	—	10	1.7	25	1.5	10	5.1	4.6	25	45000	無	0.4422	0.4671	0.0249	
5	75	—	25	—	84.1	—	—	—	10	2.5	25	2.0	20	9.9	7.8	20	55000	無	0.4487	0.4718	0.0231	
6	—	75	25	—	79.4	—	15	5	15	2.7	25	2.7	15	7.3	4.6	20	70000	無	0.4420	0.4632	0.0212	
7	—	75	25	—	69.5	—	—	—	20	3.1	25	3.3	15	7.6	4.0	25	80000	無	0.4344	0.4580	0.0236	
8	—	75	—	25	69.4	—	—	—	15	4.1	25	4.0	15	7.7	3.6	30	90000	無	0.4308	0.4532	0.0224	
9	—	75	—	25	74.3	—	—	—	10	3.5	25	4.5	15	7.6	3.1	25	100000	無	0.4348	0.4576	0.0228	
10	—	50	—	50	74.6	—	—	—	15	4.6	25	4.7	15	4.0	2.6	25	110000	無	0.4555	0.4944	0.0389	
11	—	75	—	25	74.9	—	—	—	15	1.3	25	1.4	15	5.4	6.1	10	40000	無	0.4345	0.5412	0.1067	
12	—	75	—	25	73	—	—	—	15	1.2	25	1.4	15	5.1	5.2	25	40000	無	0.4566	0.3289	-0.1277	
13	—	75	—	25	79.7	—	—	—	0.5	1.3	25	1.3	20	6.2	4.9	15	40000	無	0.4421	0.5393	0.0972	
14	—	75	—	25	79.7	—	—	—	30	1.4	25	1.2	20	5.7	5.4	15	40000	無	0.4378	0.4813	0.0435	
15	—	75	—	25	80.0	—	—	—	—	—	25	2.0	25	7.6	6.4	20	40000	無	0.4361	0.5583	0.1222	
16	75	—	25	—	74.6	—	—	—	10	4.7	25	1.1	—	—	—	0	15000	有	0.4312	0.4735	0.0423	
17	75	—	25	—	74.6	—	—	—	10	1.3	—	—	15	7.7	6.2	100	15000	有	0.4422	0.4856	0.0434	
18	75	—	25	—	49.8	—	—	—	10	4.6	3	1.4	1	10.9	9.5	5	40000	有	0.4612	0.5029	0.0417	
19	75	—	25	—	94.5	—	—	—	10	1.4	50	1.3	25	12.3	11.4	45	40000	無	0.4359	0.4814	0.0455	
20	75	—	25	—	96.7	—	—	—	10	1.4	25	1.4	15	7.6	5.9	25	40000	無	0.4319	0.4738	0.0419	
21	75	—	25	—	39.6	—	—	—	15	4.7	25	1.4	15	7.7	5.6	25	40000	無	0.4511	0.4917	0.0406	
22	75	—	25	—	49.4	—	—	—	10	1.3	25	1.4	—	—	—	0	40000	有	0.4616	0.5025	0.0409	

実施例

比較例

10

20

30

40

摺動部材の原材料として用いた球状黒鉛粒子は、鱗片状天然黒鉛を球状に造粒したもので、粒子の内部組織は黒鉛結晶のA B面が粒の表面から内部に向かって粒子表面の丸みに沿って曲線状に複数積層した組織となっており、粒の内部には約10%程度の空隙が形成されていた。

【0072】

また、摺動部材の原材料として用いた鱗片状黒鉛粒子は、平面状に広がるA B面が多数積層しA B面に垂直方向であるC軸方向に厚みを有する組織となっており、A B面の広がりに対して積層の厚みが薄いため、粒子の形状は薄板状を呈している。この鱗片状黒鉛粒子は、断面組織内には空隙がない。

【0073】

また、摺動部材の原材料として用いたP T F E粒子は、長球状に造粒したP T F E粒子であり、懸濁重合法により生成したP T F E粒子、乳化重合法により生成したP T F E粒子及び再生P T F E粒子のいずれを用いても良い。

【0074】

また、摺動部材の原材料として用いた合成樹脂(P A I、P I)粒子は、摺動部材の原材料が球状黒鉛粒子の場合は、球状黒鉛粒子の平均粒径に対して合成樹脂の平均粒径が125%であるものを用いた。摺動部材の原材料が鱗片状黒鉛粒子である比較例17では、原材料の合成樹脂の粒径は、鱗片状黒鉛粒子の平均粒径に対して125%であるものを用いた。実施例5、6の摺動部材の原材料として用いた固体潤滑剤(M o S<sub>2</sub>)は粒子の平均粒径が、原材料である球状黒鉛粒子の平均粒径に対して30%のものを用い、実施例6の充填材(C a C o<sub>3</sub>)の粒子は、粒子の平均粒径が球状黒鉛粒子の平均粒径に対して25%のものを用いた。

【0075】

上記の摺動部材の原材料を用いた表1に示す摺動部材の組成物を有機溶剤で希釈し、表1の「粘度(m P a · s)」欄に示す粘度の組成物を準備し、次に、ロールミルを用いて組成物の混合と球状黒鉛粒子の内部空隙を消滅させる処理(処理時間1時間)を同時に行った。なお、ロールミルのロール間のギャップは、実施例1~10および比較例11~16、18~22は、摺動部材の原材料として用いた球状黒鉛粒子の平均径に対する比率が200%となるようにし、比較例17は、摺動部材の原材料として用いた鱗片状黒鉛粒子の平均径に対する比率が400%となるようにした。

【0076】

次に混合後の摺動部材の組成物をF e合金製の裏金属の一方の表面に塗布したのち、ロールにて組成物が所定の厚さとなるように被覆した。なお、実施例1~9及び比較例11~22の裏金属はF e合金を用い、実施例10は表面にC u合金の多孔質焼結部を有するF e合金を用いた。

次に、摺動部材の組成物中の溶剤を乾燥する加熱、摺動部材の組成物の合成樹脂の焼成する加熱を施して摺動部材を作製した。作製された実施例1~10および比較例11~22の摺動部材の摺動層の厚さは0.3mmであり、裏金属の厚さは1.7mmであった。

【0077】

作製された実施例の摺動部材は、上記に説明した測定方法による摺動層中に分散するP T F E粒子の平均粒径の測定を行い、その結果を表1の「平均粒径D1」欄に示した。また、上記に説明したP T F E粒子の平均アスペクト比(A1)の測定を行い、その結果を表1の「アスペクト比(A1)」欄に示した。比較例11~14、16~22は、実施例と同様の方法で平均粒径、平均アスペクト比(A1)を測定した結果を表1に示した。

【0078】

作製された実施例の摺動部材は、上記に説明した測定方法による摺動層中に分散する長球状黒鉛粒子の平均粒径の測定を行い、その結果を表1の「平均粒径D2」欄に示した。また、上記に説明した長球状黒鉛粒子の平均アスペクト比(A2)の測定を行い、その結果を表1の「アスペクト比(A2)」欄に示した。比較例11~16、18~22は、実施例と同様の方法で平均粒径、平均アスペクト比(A2)を測定した結果を表1に示した。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 9 】

作製された実施例の摺動部材は、上記に説明した測定方法による摺動層中に分散する鱗片状黒鉛粒子の平均粒径の測定を行い、その結果を表1の「平均粒径D3」欄に示した。また、上記に説明した鱗片状黒鉛粒子72の平均アスペクト比(A3)、異方分散指数(S)の測定を行い、その結果を表1の「アスペクト比(A3)」欄、「異方分散指数(S)」欄に示した。比較例11～15、17～22は、実施例と同様の方法で平均粒径、平均アスペクト比(A3)、「異方分散指数(S)」を測定した結果を表1に示した。

## 【 0 0 8 0 】

各実施例および各比較例の摺動部材を平板形状に形成し、また軸部材を平板形状に成型し(図1参照)、表2に示す条件で摺動試験を行った。各実施例および各比較例の摺動試験後の摺動層の摩耗量を表1の「摩耗量」欄に示す。また、各実施例および各比較例は、摺動試験後の摺動部材の摺動面(摺動層の表面)の複数箇所を、粗さ測定器を用いて表面の傷の発生の有無を評価した。摺動面に深さが2μm以上の傷が測定された場合には「有」、測定されなかった場合には「無」とし、表1の「摺動面の傷有無」欄に示した。また、各実施例および各比較例は、摺動性能の安定性を評価するためにサイクル数が5000回の時の摩擦係数(K1)と試験終了時(サイクル数20000回)時の摩擦係数(K2)を測定し、摩擦係数(K2)と摩擦係数(K1)の差(K3 = K2 - K1)を求めた。これらの結果は、表1の「摩擦係数(K1)」欄、「摩擦係数(K2)」欄、「摩擦係数差(K3)」欄に示す。

## 【 0 0 8 1 】

## 【表2】

試験機	往復摺動試験機
負荷	180MPa
周波数	0.5Hz
サイクル数	20000回
ストローク	2mm
試験温度	23°C
潤滑	無し

## 【 0 0 8 2 】

表1に示す結果から分かるとおり、実施例1～10は、比較例11～13、15に対して、摺動試験終了時の摩擦係数K2と途中の摩擦係数K1との差K3が小さくなった。さらに、実施例4～9は、PTFE粒子の平均アスペクト比A1が1.5～4.5となり、特に摩擦係数の差が小さくなった。PTFE粒子のアスペクト比が1.5以上(4.5以下)である実施例4～9は、アスペクト比が1.5未満である実施例1～3よりも摩擦係数の差が小さくなる結果となったが、これは上記で説明したように、PTFE粒子の表面積が大きくなったために、脱落が抑制されて、移着膜が安定して軸部材に形成されたためと考えられる。

## 【 0 0 8 3 】

これに対し、比較例11や比較例15のように、摺動層に含まれるPTFE粒子の割合が少ない場合、あるいは全く含まれない場合、上記に説明したように軸部材に形成されるPTFEの移着膜が不十分であることにより、黒鉛粒子の移着が進行して過度となり摩擦係数が安定しなくなることで、摩擦係数の差が大きくなったと考えられる。

## 【 0 0 8 4 】

比較例12は、摺動層に含まれるPTFE粒子の割合が2体積%と多いために、摺動初期に過度のPTFE粒子の移着膜が形成されることで、摩擦係数が下がり続けたために、摩擦係数の差が大きくなったと考えられる。

## 【 0 0 8 5 】

比較例13は、摺動層に含まれるPTFE粒子の平均粒径が0.5μmと小さいために、摺動面に露出するPTFE粒子の一部が、移着膜が形成される前に摺動面から脱落しやすくなり、摺動面と軸部材の表面の両面間から脱落PTFE粒子が排出されるために、移着

膜の形成が不十分となり、摩擦係数の差が大きくなったと考えられる。

【0086】

また、実施例1～10は、比較例14、16～22に対して、摺動試験後の摺動層の摩耗量が少なくなった。さらに、実施例4～9は、長球状黒鉛粒子71の平均アスペクト比A1が1.5～4.5となり、且つ、鱗片状黒鉛粒子72の平均アスペクト比A3が5以上であり、且つ異方分散指数Sが3以上となり、特に、摩耗量が少なくなった。長球状黒鉛粒子のアスペクト比A2が1.5以上である実施例4～9は、アスペクト比A1が1.5未満である実施例1～3よりも摩耗量が少なくなる結果となったが、これは、上記で説明したように長球状黒鉛粒子の表面積が大きくなることにより、合成樹脂との接触面積が増大して合成樹脂による保持が大きくなったためと考えられる。

10

【0087】

さらに、実施例1～10は、摺動試験後の摺動部材の摺動面に傷の発生がなかったが、これも摩耗量が少なくなる結果に関係する。実施例1～10が摺動部材の摺動面の傷発生を抑制する理由は、既に説明したとおり、摺動層が、長球状黒鉛粒子および鱗片状黒鉛粒子を含むことによる。

【0088】

これに対し、比較例16や比較例22のように、摺動層が長球状黒鉛粒子のみを含む場合、軸部材の表面に露出する硬質粒子と摺動面が、直接、接触し摺動が起こり摺動部材の摺動面に傷が発生する。摺動部材の摺動面に傷が発生すると、摺動層の摩耗が起きやすくなり、摩耗量が多くなる。

20

【0089】

なお、実施例1～4では、長球状黒鉛粒子の一部において、断面組織内に幅0.1μm以下で黒鉛結晶の層状組織に沿った細線状の空隙が、この空隙を有する長球状黒鉛粒子の断面組織の全面積に対する面積率で3%以下確認されたものを含んだが、これら実施例では、摺動試験後の摺動面からの長球状黒鉛粒子の脱落や、摺動部材の摺動面には傷の発生がなかった。

【0090】

比較例14は、摺動層に含まれるPTFE粒子の粒子径が30μmと大きいため、摺動層に加わる負荷により摺動層中のPTFE粒子にせん断が起こり、摺動層の強度が小さくなり摩耗量が多くなったと考えられる。

30

【0091】

比較例16および比較例22は上記したように、軸部材の表面に露出する硬質粒子と摺動部材の摺動面が直接接触して摺動し、摺動部材の摺動面に傷が発生する。さらに、比較例11は、摺動部材の原材料である黒鉛粒子として内部に空隙を有する球状化黒鉛粒子を用いたが、黒鉛粒子を含む組成物を有機溶剤で粘度が15000mPa・sとなるよう希釈したため、組成物中の有機溶剤の割合が多く、混合工程でロールミルのロール間のギャップを球状化黒鉛粒子が通るときに同時に合成樹脂の粒子が通過する頻度が低い。このため、混合工程で原材料である球状化黒鉛粒子の変形量が少なくなり、その結果、摺動層の分散する長球状黒鉛粒子は、平均アスペクト比(A2)が小さくなり、断面組織内には、原材料である球状化黒鉛粒子の内部に形成されていた空隙が、ほぼそのまま残った。

40

このため、比較例11の摺動部材は、摺動試験において、摺動層の表面に露出する黒鉛粒子が、軸部材からの負荷を受けると、長球状黒鉛粒子に割れが生じたり、内部空隙が潰されて座屈が起こり、粒の表面積が小さくなり、長球状黒鉛粒子の合成樹脂による保持が十分でなくなることにより、長球状黒鉛粒子のせん断片が摺動面から脱落し、軸部材表面との間の空隙に侵入して摺動面の摩耗が促進されたと考えられる。

【0092】

比較例17は、表1に示すように実施例とは異なり、摺動層は鱗片状黒鉛粒子のみを含む。比較例17において摺動層の摩耗量が増加した理由は以下のように考えられる。

比較例17は、摺動層は、鱗片状黒鉛粒子のみを含むので、実施例に比べて摺動面に露出する鱗片状黒鉛粒子の量が多い。このため、比較例17は、摺動時に、摺動面から軸部

50

材表面と摺動面との間の隙間に脱落する鱗片状黒鉛粒子の量が多くなりすぎて、摺動層の表面に傷が発生し、摩耗量が多くなった。

さらに、比較例 17 は、摺動面に多量の鱗片状黒鉛粒子が露出するので、摺動面に露出する鱗片状黒鉛粒子のうちで脱落するものの量が多くなり、脱落した鱗片状黒鉛粒子の存在により、摺動層の摩耗量が増加した。

【 0 0 9 3 】

比較例 18 では、摺動層は、長球状黒鉛粒子と鱗片状黒鉛粒子の両方を含むが、摺動層が含む黒鉛粒子の全体積に対する鱗片状黒鉛粒子の体積割合が 5 % と低すぎるため、摺動時の鱗片状黒鉛粒子の軸部材の表面への移着部の形成が不十分となり、摺動部材の摺動面に傷が発生した。このため、摺動層の摩耗量が多くなった。

10

【 0 0 9 4 】

比較例 19 では、摺動層は、長球状黒鉛粒子と鱗片状黒鉛粒子の両方を含むが、摺動層が含む黒鉛粒子の全体積に対する鱗片状黒鉛粒子の体積割合が 45 % と大きすぎるため、摺動時に、摺動面に露出する鱗片状黒鉛粒子に割れが生じて脱落する量が多くなり、脱落した鱗片状黒鉛粒子によって、摺動層の摩耗量が増加したと考えられる。

【 0 0 9 5 】

比較例 20 は、摺動層に含まれる長球状黒鉛粒子と鱗片状黒鉛粒子とからなる黒鉛粒子の量が 3 体積 % と少ないため、摺動層と軸部材の表面との摩擦力を低くする効果が不十分となり、摺動層の摩耗量が多くなったと考えられる。

20

【 0 0 9 6 】

比較例 21 は、摺動層に含まれる長球状黒鉛粒子と鱗片状黒鉛粒子とからなる黒鉛粒子の量が 60 体積 % と多いため、摺動層の強度が低くなり、摺動層の摩耗量が多くなったと考えられる。

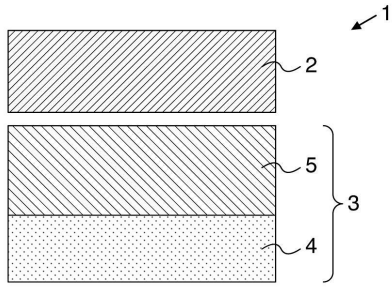
【 符号の説明 】

【 0 0 9 7 】

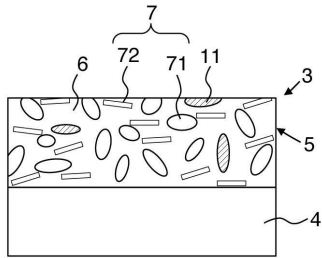
- 1 : 摺動装置
- 2 : 軸部材
- 3 : 摺動部材
- 4 : 裏金層
- 5 : 摺動層
- 6 : 摺動部材の合成樹脂
- 7 : 黒鉛粒子
- 7 1 : 長球状黒鉛粒子
- 7 2 : 鱗片状黒鉛粒子
- 8 : 多孔質金属層
- 9 : 軸部材の合成樹脂
- 1 0 : 硬質粒子
- 1 1 : P T F E 粒子

30

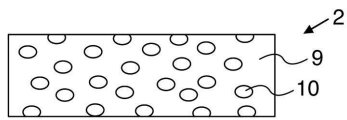
【図1】



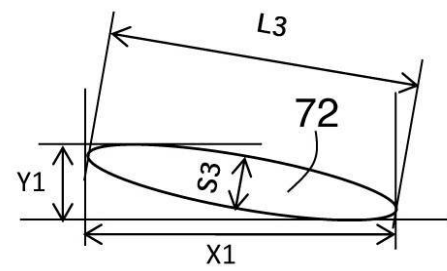
【図2】



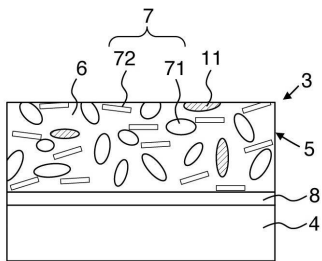
【図3】



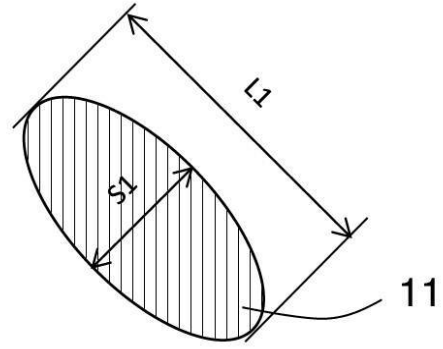
【図6】



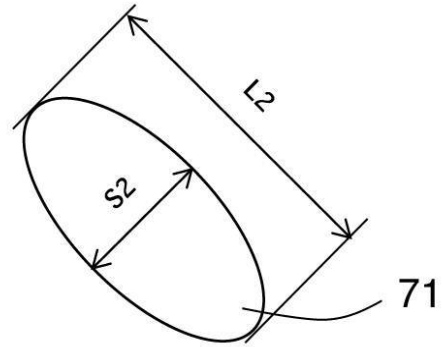
【図7】



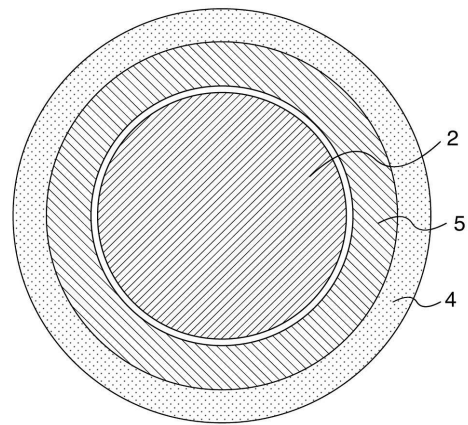
【図4】



【図5】



【図8】



---

フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
C 0 8 K 7/00 (2006.01) C 0 8 K 7/00

(56) 参考文献 特開 2 0 1 3 - 0 8 3 3 0 1 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 1 4 / 1 8 1 5 6 2 ( W O , A 1 )  
特開 2 0 1 0 - 2 1 6 6 3 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 9 - 0 9 2 1 5 6 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 1 2 / 0 7 4 1 0 7 ( W O , A 1 )

(58) 調査した分野 (Int.Cl. , DB 名)  
F 1 6 C 1 7 / 0 0 - 1 7 / 2 6  
F 1 6 C 3 3 / 0 0 - 3 3 / 2 8