

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6629754号
(P6629754)

(45) 発行日 令和2年1月15日 (2020.1.15)

(24) 登録日 令和1年12月13日 (2019.12.13)

(51) Int. Cl.	F 1
F 1 6 C 9/02 (2006.01)	F 1 6 C 9/02
F 1 6 C 17/02 (2006.01)	F 1 6 C 17/02 Z
F 1 6 C 17/04 (2006.01)	F 1 6 C 17/04 Z
F 1 6 C 33/20 (2006.01)	F 1 6 C 33/20 A
B 3 2 B 27/18 (2006.01)	B 3 2 B 27/18 Z

請求項の数 13 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2016-560894 (P2016-560894)	(73) 特許権者	506292974
(86) (22) 出願日	平成27年7月7日 (2015.7.7)		マーレ インターナショナル ゲゼルシャ フト ミット ベシュレンクテル ハフツ ング
(65) 公表番号	特表2017-531135 (P2017-531135A)		MAHLE International GmbH
(43) 公表日	平成29年10月19日 (2017.10.19)		ドイツ連邦共和国 シュトゥットガルト
(86) 国際出願番号	PCT/EP2015/065480		プラークシュトラーセ 26-46
(87) 国際公開番号	W02016/008770		Pragstrasse 26-46,
(87) 国際公開日	平成28年1月21日 (2016.1.21)		D-70376 Stuttgart,
審査請求日	平成30年1月16日 (2018.1.16)		Germany
(31) 優先権主張番号	1412732.8		
(32) 優先日	平成26年7月17日 (2014.7.17)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	英国 (GB)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摺動エンジン部品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基体上にプラスチックポリマーベースの複合層を有する摺動エンジン部品であって、
上記複合層は、プラスチックポリマーベース材料のマトリクスと、該マトリクスの全体
にわたって分散された官能グラフェンナノプレートレットとを含んでおり、

0.01～4重量%の上記官能グラフェンナノプレートレットを含んでいる
ことを特徴とする摺動エンジン部品。

【請求項 2】

請求項 1 において、

0.1～2重量%の上記官能グラフェンナノプレートレットを含んでいる
ことを特徴とする摺動エンジン部品。

【請求項 3】

基体上にプラスチックポリマーベースの複合層を有する摺動エンジン部品であって、
上記複合層は、プラスチックポリマーベース材料のマトリクスと、該マトリクスの全体
にわたって分散された官能グラフェンナノプレートレットとを含んでおり、

上記複合層は、平均で4層以下の上記官能グラフェンナノプレートレットで構成される
サブグループと、平均で少なくとも5層から10層の上記官能グラフェンナノプレート
レットで構成されるサブグループと、平均で少なくとも11層から20層の上記官能グラ
フェンナノプレートレットで構成されるサブグループとのうち少なくとも2つのサブグル
ープを含んでいる

ことを特徴とする摺動エンジン部品。

【請求項 4】

請求項 3において、

上記複合層は、上記 3 つのサブグループを全て含んでいる

ことを特徴とする摺動エンジン部品。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項において、

上記官能グラフェンナノプレートレットは、カルボキシ基で官能基化されたグラフェンナノプレートレットを含んでいる

ことを特徴とする摺動エンジン部品。

10

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

上記官能グラフェンナノプレートレットは、アミノ基で官能基化されたグラフェンナノプレートレットを含んでいる

ことを特徴とする摺動エンジン部品。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項において、

上記官能グラフェンナノプレートレットは、一部が官能基化されたグラフェンナノプレートレットを含んでいる

ことを特徴とする摺動エンジン部品。

20

【請求項 8】

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項において、

上記官能グラフェンナノプレートレットは、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の最大平面寸法を有している

ことを特徴とする摺動エンジン部品。

【請求項 9】

請求項 8において、

上記官能グラフェンナノプレートレットは、 50 nm 未満の厚みを有している

ことを特徴とする摺動エンジン部品。

【請求項 10】

請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項において、

上記プラスチックポリマー材料は、ポリアミドイミド樹脂、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、フルオロポリマー、およびポリベンゾイミダゾールからなる群から選択される

ことを特徴とする摺動エンジン部品。

30

【請求項 11】

請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項において、

摺動軸受は、半割軸受シェル、スラストワッシャ、または軸受ブッシュである

ことを特徴とする摺動エンジン部品。

【請求項 12】

請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の摺動エンジン部品を備えたエンジン。

【請求項 13】

請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の、内燃エンジン用の摺動エンジン部品を形成するための平坦シート要素。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラスチックポリマーベースの軸受「オーバーレイ」層を有する摺動エンジン部品、特に軸受シェル、ブッシュ、クランクシャフトの軸受面、カムシャフトの軸受面、コネクティングロッドの軸受面、スラストワッシャ、フランジ、軸受ブロックの軸受面、軸受キャップの軸受面のような滑り軸受アセンブリ、ならびに、ピストンリング、ピストンスカート、およびシリンダ壁やシリンダライナのようなピストンアセンブリ部品のた

50

めの摺動エンジン部品に関する。

【背景技術】

【0002】

内燃エンジンでは、軸受アセンブリは、典型的に、軸回りに回転可能なクランクシャフトを保持する一対の半割軸受をそれぞれ備えている。各半割軸受は中空の概して半円筒形状の軸受シェルであって、典型的に少なくとも一方がフランジ付き半割軸受であり、それにおいては軸受シェルに概して半円環状の各軸方向端で外方に（放射状に）延びるスラストワッシャが設けられる。他の軸受アセンブリでは、円環状または円形のスラストワッシャを用いることがまた知られている。

【0003】

軸受シェルの軸受面は一般に層構造を有しており、当該構造では強いバッキング材を有する基材が、使用において協働する動作部品、例えばクランクシャフトジャーナルに面する軸受面に好ましい摩擦特性を与える1つあるいはそれ以上の層で被覆されている。公知の軸受シェルでは、基材はライニング層で被覆されたバッキングを有しており、また当該基材はオーバーレイ層で被覆されている。

【0004】

強いバッキング材は銅であってもよく、また約1mmあるいはそれ以上の厚みを有していてもよい。公知のライニング層は銅ベース材料（例えば、銅-スズ青銅）またはアルミベース材料（例えば、アルミニウムまたはアルミ-スズ合金）であってもよく、それは（バッキング材または任意の中間層に直接的にして）基材に接着される。ライニング層の厚みは、概して約0.05～0.5mmの範囲にある（例えば、不純物を除いて8重量%のスズ、1重量%のニッケル、および残りは銅からなる300μm厚の銅ベース合金）。オーバーレイ層は、6～25μm厚のプラスチックポリマーベース複合層または合金層（例えば、スズベース合金オーバーレイ）であってもよい。

【0005】

例えば、特許文献1には銅ベースまたはアルミベースのライニング層上のオーバーレイ層としての使用のためのプラスチックポリマーベース複合材が開示されており、上記ライニング層は鋼製バッキング上に接着されている。開示されているオーバーレイ層はポリアミドイミドプラスチックポリマー材料のマトリクスを有しており、当該マトリクスの全体にわたって、不純物を除いて5～15体積%の金属粉体、1～15体積%のフルオロポリマー粒子、および残りのポリアミドイミド樹脂（例えば、12.5体積%のアルミニウム、5.7体積%のPTFE粒子、4.8体積%のシラン、0.1体積%未満の他の成分、および残りの（およそ77体積%の）ポリアミドイミド）が分散している（体積%比率は、ポリマーが硬化した後のオーバーレイ層の含有物に関して特定される）。

【0006】

特許文献1は、堆積に先立って、堆積混合物がN-メチル-2-ピロリドン（NMP）およびキシレンの溶媒系中のポリアミドイミドプラスチックポリマーを含んでおり、堆積混合物中に固体粒子が懸濁していることが記載されている。その代わりに、N-エチル-2-ピロリドン（NEP）およびキシレンの溶媒混合物を用いることも知られている。それぞれの場合において、堆積混合物中における粒子の安定性を高めるために、少量のキシレン（例えば、堆積混合物の1～2重量%）が使用される。そのようなプラスチックポリマーベースのオーバーレイ層は様々な方法によって堆積されてもよく、そうした方法はスプレー法、パッド印刷法（間接オフセット印刷工程、例えば当該工程ではシリコンパッドが摺動軸受基体上にプラスチックポリマー複合材の層を輸送する）、スクリーン印刷法を含み、または転送圧延工程によって堆積されてもよい。層は単一被覆として堆積されてもよいし、または複数の別個の層として積み上げられてもよい。それらの場合、硬化の前に、溶媒を除去して被覆の構造的完全性を高めるために、特に副層が流れるのを防止して別の被覆の堆積を可能とするように、被覆の堆積に続いて実行されるフラッシュオフ段階（flash off phase）を伴う。

【0007】

10

20

30

40

50

オーバーレイ層の堆積が完了した後は、ポリマー層全体が、ポリマーマトリクスの架橋結合を含むようにポリマーベース層を固まらせるために加熱することにより、熱硬化される。オーバーレイ層は数分～数時間（例えば、10分～2時間）の継続時間にわたって140～280℃におかれると硬化し得る。特許文献1は例示的な最終硬化として30分間にわたって190℃におくことを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】国際特許公開第2010/066396号明細書

【発明の概要】

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

第1の側面によると、基体上にプラスチックポリマーベースの複合層を有する摺動エンジン部品が提供され、当該複合層は、プラスチックポリマーベース材料のマトリクスと、このマトリクスの全体にわたって分散された官能グラフェンナノプレートレットとを含んでいる。

【0010】

第2の側面によると、第1の側面に係る摺動エンジン部品を備えたエンジンが提供される。

【0011】

20

第3の側面によると、第1の側面に係る、内燃エンジン用の摺動エンジン部品を形成するための平坦シート要素が提供される。

【0012】

非常に薄い場合、官能グラフェンナノプレートレットはマトリクスとの結合のための特に大きな表面積（単位質量あたり）を有し、そして結合特性がまたグラフェンナノプレートレットの官能基化によって実質的に強められる。したがって、有利には、官能グラフェンナノプレートレットは特に強められた複合層の構造的補強を提供する。さらに、使用において、官能グラフェンナノプレートレットの平板状は、複合層における割れ（例えば、軸受面から広がる引張疲労亀裂）の広がりに対する強い抵抗をもたらし、割れの拡大は当該拡大の方向を横切るグラフェンナノプレートレットによって遮られる。またさらに、そのように薄い場合、官能グラフェンナノプレートレットの所定の質量は、特に多くの官能グラフェンナノプレートレットを複合層中にもたらし、軸受アセンブリ内での使用において協働可動部品と直接的に接触した場合に、高められた潤滑特性を提供する。加えて、官能グラフェンナノプレートレットは堆積混合物中において容易に分散され得、当該堆積混合物は複合層を形成するべく硬化される前に基体上に堆積される。

30

【0013】

官能グラフェンナノプレートレットは、カルボキシ基で官能基化されたグラフェンナノプレートレットを含んでいてもよい。有利には、カルボキシ基は、プラスチックポリマーベース材料（例えば、ポリアミドイミド樹脂）のマトリクス中のアミノ基に結合することによって複合層を補強する。

40

【0014】

官能グラフェンナノプレートレットは、アミノ基で官能基化されたグラフェンナノプレートレットを含んでいてもよい。有利には、アミノ基は、プラスチックポリマーベース材料（例えば、ポリアミドイミド樹脂）のマトリクス中のカルボキシ基に結合することによって複合層を補強する。有利には、官能グラフェンナノプレートレットのアミノ基は小さく、低い立体的障害のためにそれらはマトリクス中のカルボキシ基に対する強い結合を提供し得る。

【0015】

官能グラフェンナノプレートレットは、カルボキシ基およびアミノ基の両方によって官能基化されたグラフェンナノプレートレットを含んでいてもよい。有利には、官能グラフ

50

エンナノプレートレットのカルボキシ基は別の官能グラフェンナノプレートレットのアミノ基と結合するように誘引され、さらに複合層を補強する。

【0016】

官能グラフェンナノプレートレットは、一部が官能基化されたグラフェンナノプレートレットを含んでいてもよい。

【0017】

摺動エンジン部品は、0.01～4重量%の官能グラフェンナノプレートレットを含んでいてもよい。

【0018】

摺動エンジン部品は、0.1～2重量%の官能グラフェンナノプレートレットを含んでいてもよい。摺動エンジン部品は、0.1～0.5重量%の官能グラフェンナノプレートレットを含んでいてもよい。

10

【0019】

官能グラフェンナノプレートレットは、20 μm 以下の最大平面寸法を有していてもよい。官能グラフェンナノプレートレットは、10 μm 以下の最大平面寸法を有していてもよい。官能グラフェンナノプレートレットは、1 μm の最小平面寸法を有していてもよい。

【0020】

官能グラフェンナノプレートレットは、50 nm未満の厚みを有していてもよい。

【0021】

20

官能グラフェンナノプレートレットは、平均で20層以下であってもよい。

【0022】

官能グラフェンナノプレートレットは、平均で4層以下であってもよい。有利には、4層以下の官能グラフェンナノプレートレットは、複合層の強度の大幅な向上を提供する。

【0023】

官能グラフェンナノプレートレットは、平均で少なくとも5層から10層であってもよい。5層から10層の官能グラフェンナノプレートレットは、少数の層の官能グラフェンナノプレートレットによって提供される複合層の強度向上と、多数の層によって提供される、協働可動部品（例えば、クランクシャフトジャーナル）との直接的な接触の場合における複合層の潤滑性能の向上との間における有利なバランスを提供する。

30

【0024】

官能グラフェンナノプレートレットは、平均で少なくとも11層から20層であってもよい。有利には、少なくとも11層の官能グラフェンナノプレートレットは、協働可動部品（例えば、クランクシャフトジャーナル）との直接的な接触の場合における複合層の潤滑性能の大幅な向上を提供する。

【0025】

複合層は、平均で4層以下のサブグループ、平均で少なくとも5層から10層のサブグループ、および平均で少なくとも11層から20層のサブグループからなる群から選択される複数のサブグループから選択される官能グラフェンナノプレートレットを含んでいてもよい。

40

【0026】

プラスチックポリマーベース材料は、ポリアミドイミド樹脂、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、フルオロポリマー、およびポリベンゾイミダゾール（PBI）からなる群から選択されてもよい。

【0027】

複合層は、6～25 μm の厚みを有していてもよい。

【0028】

摺動エンジン部品は、軸受シェル、ブッシュ、クランクシャフトの軸受面、カムシャフトの軸受面、コネクティングロッドの軸受面、スラストワッシャ、フランジ、軸受ブロックの軸受面、軸受キャップの軸受面、ピストンリング、ピストンスカート、シリンダ壁、

50

およびシリンダライナからなる群から選択される摺動軸受アセンブリ部品であってもよい。

【0029】

複合層は、複合混合物として基体上に堆積される。プラスチックポリマーベース樹脂材料およびカーボンナノ構造体の堆積混合物はさらに溶媒系を含んでいてもよく、当該溶媒系は堆積混合物の形成を促進する。溶媒系は、基体を被覆するための混合物の特定の所望の粘度を実現するために様々な比率で使用されてもよい。溶媒系は、N-メチル-2-ピロリドンおよびN-エチル-2-ピロリドンからなる群から選択される少なくとも一種の溶媒、および必要に応じて水および／または少量のキシレンを含んでいてもよい。本発明では、ポリアミドイミドポリマーが完全に溶媒系に溶けている必要はなく、一部が溶けていてもよいし、全く溶けていなくてもよい。そのような場合、ポリアミドイミドポリマーは懸濁物質として存在するだろうが、これはあまり好ましくない。堆積混合物はしたがって溶液、懸濁液、もしくはエマルジョン、またはこれらの形態のうち任意の2つ以上のものの混合物であってもよい。

10

【0030】

複合層は、フルオロポリマー、二硫化モリブデン、グラファイト、または六方晶窒化ホウ素からなる群から選択される乾燥潤滑粒子を含んでいてもよい。

【0031】

複合層は、キシレン（すなわち、o-キシレン、p-キシレン、m-キシレンまたはそれらのうち任意の2つ以上の混合物）を含んでいてもよい。

20

【0032】

複合層は、また、シラン材料の添加物を含んでいてもよい。シラン材料は、ポリイミドアミドマトリクスの安定性を促進すること、および、ポリイミド樹脂材料の基体に対する接着を促進することが発見された。適当なシラン材料は、γ-アミノプロピルトリエトキシシラン（例えば、3-アミノプロピルトリエトキシシラン）であってもよい。適当な代替的なシラン材料は、ビス-（γ-トリメトキシシリルプロピル）アミンを含んでいてもよい。

【0033】

複合層は、アルミ粉体、炭化ケイ素、炭化タングステン、立方晶窒化ホウ素、および炭酸カルシウムからなる群から選択される硬質粒子を含んでいてもよい。硬質粒子は、アルミ薄片を含んでいてもよい。

30

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1A】図1Aは、本発明に係る摺動エンジン部品の実施形態である軸受シェルを示す図である。

【図1B】図1Bは、図1Aの軸受シェルの部分断面図である。

【図2】図2は、本発明に係るオーバーレイ層における使用のための例示的な官能グラフェンナノプレートレットの走査型電子顕微鏡写真である。

【発明を実施するための形態】

【0035】

以下、本発明の実施形態について添付の図面を参照して詳細に説明する。

40

【0036】

図1Aは、中空の半円筒状の軸受シェルの形態における軸受シェル100（例えば、例示的な摺動エンジン部品）を概略的に示しており、当該軸受シェルはまた一般に「半割軸受」として言及され、また図1Bは、軸受シェルの部分断面図を示している。

【0037】

半割軸受100は、鋼製の強いバックリング102を含む基体上にプラスチックポリマーベースのオーバーレイ層（複合層）106を有している。基体は、必要に応じて、バックリング102とオーバーレイ層106との間に別の層を有していてもよい。図示の例では、任意のライニング層104が示されており、当該ライニング層104は銅ベース材料（例

50

えば、銅－スズ青銅）、アルミベース材料（例えば、アルミニウムまたはアルミ－スズ合金）、または別のポリマーベース層であってもよく、当該ライニング層104は鋼製のバックリング102に接着されている。

【0038】

バックリング102は、軸受シェル100が例えば主軸受ハウジングまたはコネクティングロッド大端部に組み付けられる場合における、当該軸受シェル100の強度および耐変形性を与える。使用では、組み立てられた軸受において、軸受シェル100のオーバーレイ層106とジャーナル軸とは、潤滑油の介在膜を介して相互協働する。オーバーレイ層106は、特に、軸受面と軸ジャーナルとの間の小さな位置ずれを吸収するのに適して（順応性）、また潤滑油供給部を循環する塵粒子を受容して付着させ、そのため細片によるジャーナル面の摩耗または傷つきを防止することができる（塵付着性）。オーバーレイ層106は、また、介在油膜の破壊が生じた場合に、軸受100と軸ジャーナルとの間の適当な摩擦特性を提供する。

10

【0039】

オーバーレイ層106はプラスチックポリマー材料のマトリクスを含む複合層であり、当該オーバーレイ層106の全体にわたって官能グラフェンナノプレートレット108が分散されている。オーバーレイ層106は、また、（必要に応じて）プラスチックポリマー材料のマトリクスの全体に分散された別の粒子（図示せず）、例えば固体潤滑剤や硬質粒子を含んでいてもよい。図示の例では、オーバーレイ層106のプラスチックポリマーマトリクス材料はポリアミドイミド樹脂である。

20

【0040】

官能グラフェンナノプレートレット108は、平均して1～約20の数の原子層を有するグラフェンの小さなシートである。官能グラフェンナノプレートレットは、マトリクス材料に接着するための特に大きな表面積を有して、それにより複合オーバーレイ層を補強している。使用において、官能グラフェンナノプレートレットは、有利には、軸受面106Aにおいて生じ得る複合オーバーレイ層を通る疲労割れの広がり抵抗する。

【0041】

各官能グラフェンナノプレートレット108における原子層の数は、それらの含有物によって提供される性能利益に影響する。比較的小さな数の原子層（例えば、5層まで）を有する官能グラフェンナノプレートレットは、特に複合層の強度の向上をもたらす。比較的大きな数の原子層（例えば、11～20層）を有する官能グラフェンナノプレートレットは、特に複合層の潤滑特性を向上させる。中間的な数の原子層（例えば、6～10層）は、複合層の強度と潤滑特性との有利なバランスを提供し得る。

30

【0042】

ナノプレートレットは、50nm未満の平均厚さを有する。

【0043】

ナノプレートレットの最大平面寸法（すなわち、ナノプレートレットの面内最大寸法）は20μm、好ましくは10μmであり、当該寸法は有利には複合オーバーレイ層における特に高められた強度をもたらす。ナノプレートレットの最小平面寸法は1μmであり、当該寸法は有利には特に高められた分散性能を有し、凝集の影響をより受けにくい官能グラフェンナノプレートレットを提供する。

40

【0044】

官能グラフェンナノプレートレットの添加は、有利には、複合層の性能を向上させる。官能グラフェンナノプレートレットは、潤滑機能を付与することによって軸受面に露出する箇所における向上された焼付き特性を提供する。さらに、官能グラフェンナノプレートレットは複合層の熱伝導率を高め、複合層を通じた向上された熱放散を可能とする。また、官能グラフェンナノプレートレットは疲労特性を改善し、複合オーバーレイ層における破断の拡大を妨げ、かつ複合オーバーレイ層の材料摩耗を低減する。

【0045】

グラフェンナノプレートレットは、カルボキシ基および／またはアミノ基で官能基化さ

50

れている。グラフェンナノプレートレットの官能基化は、プラスチックポリマーベース材料の堆積に先立って、プレートレット間の吸引力を低減することによって堆積混合物におけるプレートレットの分散性を高める。有利には、堆積混合物におけるグラフェンナノプレートレットの凝集を低減することは、堆積層におけるプレートレットの分布の均一性を高める。

【0046】

官能グラフェンナノプレートレット108は、一部が官能基化されている（すなわち、各プレートレットの外面上における活性サイトの部分のみが官能基により占められている）。有利には、部分的な官能基化は良好な分散性能をもたらす、一方でまたマトリクス材料に対する良好な接着性能をもたらす。

10

【0047】

オーバーレイ層106は0.01～4重量%、好ましくは0.1～2重量%または0.1～0.5重量%の官能グラフェンナノプレートレットを含んでいる（重量%比率は形成された層が硬化した後で、その含有物に関して特定される）。

【0048】

有利には、官能グラフェンナノプレートレットを含むプラスチックポリマーベース複合層は、使用において、従来技術の層と比較して向上された耐疲労性および耐摩耗性を提供し、一方でまた軸受を潤滑する油内を運ばれてくる任意の粒子に対する良好な付着可能性を許容する。軸受面において露出した官能グラフェンナノプレートレットは自由面の潤滑特性を高め、例えば軸受に潤滑油が完全に供給されていないとき、それはエンジンが始動して潤滑油が作動圧力まで高まる前に生じ得るものであるが、万一ジャーナル軸が軸受面に接触した場合に、複合層の摩擦を低減する。

20

【0049】

図2は、オーバーレイ層106内での使用のための例示的な官能グラフェンナノプレートレット108の走査型電子顕微鏡写真を示している。

【0050】

官能基化に先立って、グラフェンは、 sp^2 混成軌道の炭素が六方晶格子状に充填された炭素原子の1つ以上の一原子厚みの平面層を有し、三方晶平面構造における3つの隣り合う炭素原子の各々と結合している。いったん官能基化されると、層は、典型的に、特に当該層の官能基化された領域において非平面的になる（例えば、一定間隔をおいて分布した官能基によって、層はしわになったり波形になったりし得る）。典型的に、官能基化された格子内の炭素原子は sp^3 混成軌道のものとなり、3つの隣り合う炭素原子と結合し、かつさらに官能基（例えば、アミノ基またはカルボキシ基）と結合し、よって非平面的な四面体構造をとる。

30

【0051】

官能グラフェンナノプレートレットはプラズマ官能基化プロセスによって形成されてもよく、当該プロセスではナノプレートレットの平面および／または端部の活性サイトに官能基が取り込まれ、ナノプレートレットの外側における利用可能な活性サイトの完全なまたは部分的な飽和をもたらす。

【0052】

カルボキシ基および／またはアミノ基で官能基化されたナノプレートレットは、特に、ポリアミドイミド樹脂マトリクスとの化学的結合に適しており、複合オーバーレイ層の特に高められた補強を提供する。

40

【0053】

プラスチックポリマーベースの複合層は、また、シラン材料を追加的に含んでいてもよい。シラン材料は、ポリアミドイミドマトリクスの安定性を促進すること、濡れおよびよってポリアミドイミド樹脂材料の基体および粒子への接着を促進すること、ならびに硬化中におけるポリアミドイミドマトリクスの架橋結合を促進することが発見された。適当なシラン材料は γ -アミノプロピルトリエトキシシラン（例えば、3-アミノプロピルトリエトキシシラン）であってもよく、また堆積混合物に対する3～6体積%の範囲における

50

添加がなされていてもよい。適当な代替的なシラン材料は、ビスー（ γ -トリメトキシシリルプロピル）アミンを含んでいてもよい。

【0054】

プラスチックポリマーベースのオーバーレイ層は、さらに乾燥潤滑粒子を含んでいてもよい。乾燥潤滑粒子は、その材料摩擦特性への有益な効果およびその自己潤滑効果のために、プラスチックポリマーベース層に含まれていてもよい。乾燥潤滑粒子は、フルオロポリマー、二硫化モリブデン、グラファイト、またはh-BN（六方晶窒化ホウ素）であってもよい。乾燥潤滑粒子の粒子サイズは、望ましくは、1～5 μm の範囲にあり、好ましくは2～4 μm の範囲の大きさである（例えば、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）またはフッ化エチレンプロピレン（FEP））。オーバーレイ層がフルオロポリマー粒子を含む懸濁液から堆積される場合、溶媒系は、好ましくはまた、1～2重量%のキシレンを含んでおり、当該キシレンは堆積混合物中に懸濁されたフルオロポリマー粒子を安定させる。

10

【0055】

耐摩耗性を高めるために、複合層はさらに、アルミ粉体（例えば、アルミ薄片）、炭化ケイ素、炭化タングステン、c-BN（立方晶窒化ホウ素）、および炭酸カルシウムからなる群から選択された硬質粒子を含んでいてもよい。

【0056】

複合オーバーレイ層106は、溶媒系に溶かされたプラスチックポリマー材料を含む堆積混合物を堆積させることにより形成され、当該溶媒系には官能グラフェンナノプレートレット（および任意の他の粒子）が懸濁されている。図示の例では、溶媒系は、N-エチル-2-ピロリドン（NEP）および／またはN-メチル-2-ピロリドン（NMP）、少量のキシレン溶媒、および必要に応じて水を含んでいる。溶媒系は、基体上に被覆するための堆積混合物の特定の望ましい粘度を実現するために、プラスチックポリマーおよび官能グラフェンナノプレートレット（および任意の他の懸濁された固体粒子）に対して様々な比率で使用されてもよい。堆積に先立って、官能グラフェンナノプレートレット（および任意の他の懸濁された固体粒子）は、好ましくは、堆積混合物の攪拌によって懸濁状態に維持される。溶媒系は混合物の形成および堆積を容易にし、また混合物中における溶媒のポリマー（および任意の粒子）に対する比率は堆積特性を最適化するように選択される。

20

30

【0057】

オーバーレイ層は、スプレーガンからのスプレー被覆によって基体上に堆積される。その代わりに、プラスチックポリマーベースの複合層は、スクリーン印刷法（すなわち、マスクを通して）、パッド印刷工程（すなわち、間接オフセット印刷工程、例えば当該工程ではシリコンパッドが、プラスチックポリマー複合材料のパターン化層を摺動軸受基体上に輸送する）、または転送圧延工程によって堆積されてもよい。

【0058】

オーバーレイ層は単一の堆積ステップで堆積されてもよいが、より大きな厚みのために、オーバーレイ層は代替的に連続した副層の堆積によって積み上げられてもよく、連続した堆積の間には副層から溶媒を除去するためにフラッシュオフ段階が設けられる。

40

【0059】

堆積されたプラスチックポリマーベースの複合層の硬化は、プラスチックポリマー内の分子の分子の架橋結合を含んでいる。硬化はまた、オーバーレイ層から、フラッシュオフされた副層における残余の溶媒を含む実質的に全ての溶媒を除去する。

【0060】

硬化されたプラスチックポリマーオーバーレイ層106は4～12 μm の厚みを有していてもよく、より厚い層は連続的な副層から形成される。例えば、8～12 μm 厚のオーバーレイ層106は、2層または3層の副層の堆積によって積み上げられ得る。

【0061】

図面には半割軸受シェルが図示されているが、本発明は、半円環状、円環状または円形

50

のスラストワッシャおよびブッシュを含む、他の摺動エンジン部品にも等しく適用できる。

【0062】

添付の図面は概略的なものであって、その縮尺は正確なものではない。

【0063】

本明細書の記述および請求項において、「備える」という語や「有する」という語およびこれらの変形は、「包含するがこれに限定されるものではない」という意味であり、これらの語は他の部分、付加物、要素、整数またはステップを除外することを意図してはいない（そして除外しない）。本明細書の記述および請求項において、特に断りのない限り単数形は複数形を包含する。

10

【0064】

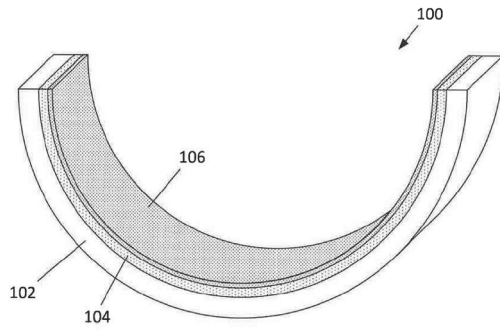
発明の特定の側面、実施形態または例示と併せて記載された特徴、整数、特性、化合物、化学成分または化学基は、矛盾しない限り、本明細書に記載されたいずれの側面、実施形態または例示にも適用可能であると理解される。本明細書（添付の請求項、要約書および図面を含む）で開示された全ての特徴と開示されたどの方法あるいは工程の全てのステップとの少なくとも一方は、そのような特徴およびステップの少なくとも一方が相互に矛盾する組合せを除いて、どのような組合せにおいても組み合わせられる。本発明は、いずれの上記実施形態の細部にまで限定されるものではない。本発明は、本明細書（添付の請求項、要約書および図面を含む）に開示された任意の新しい一つのまたは組み合わせられた特徴にまでおよび、あるいは、開示された任意の一つのまたは組み合わせられた任意の方法または工程のステップにまでおよぶ。

20

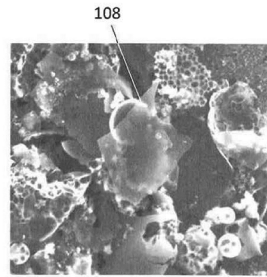
【0065】

読者の注意は、このアプリケーションに関連して本明細書と同時にあるいは本明細書よりも前に提出された全ての論文や文書、および本明細書と共に公衆の閲覧に付された全ての論文や文書に向けられる。そのような論文や文書の内容は参照により本明細書中に包含される。

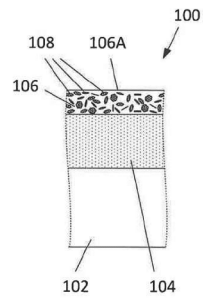
【図 1 A】



【図 2】



【図 1 B】



フロントページの続き

(73)特許権者 511128228

マーレ エンジン システムズ ユーケイ リミテッド

MAHLE Engine Systems UK Ltd.

イギリス国 ウォリックシャー, ラグビー, セントラルパーク ドライブ 2

(74)代理人 110001427

特許業務法人前田特許事務所

(72)発明者 レイン イアン

イギリス国 ウォリックシャー, ラグビー, ホルブルック アヴェニュー 29

(72)発明者 ラサム デイヴィッド

イギリス国 ハートフォードシャー, ヒッチン, セント ジョンズ ロード 30

(72)発明者 ゴージズ ロジャー

イギリス国 ウェスト ミッドランズ, バーミンガム, ハンプトン コート ロード 47

審査官 中島 亮

(56)参考文献 特開2012-215206 (JP, A)

独国特許出願公開第102012215668 (DE, A1)

国際公開第2013/026827 (WO, A1)

特開2013-203905 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B32B 1/00-43/00

F16C 3/00- 9/06

F16C 17/00-17/26

F16C 33/00-33/28