

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6519962号
(P6519962)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月10日(2019.5.10)

(51) Int.Cl.	F I	
C 2 3 C 24/04 (2006.01)	C 2 3 C	24/04
F 1 6 C 33/12 (2006.01)	F 1 6 C	33/12 A
F 1 6 C 33/14 (2006.01)	F 1 6 C	33/14 Z
F O 1 L 3/02 (2006.01)	F O 1 L	3/02 H
F O 1 L 3/08 (2006.01)	F O 1 L	3/02 J
請求項の数 14 (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2017-532494 (P2017-532494)
 (86) (22) 出願日 平成28年7月21日(2016.7.21)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/071431
 (87) 国際公開番号 W02017/022505
 (87) 国際公開日 平成29年2月9日(2017.2.9)
 審査請求日 平成30年1月30日(2018.1.30)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-156149 (P2015-156149)
 (32) 優先日 平成27年8月6日(2015.8.6)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000003997
 日産自動車株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 (74) 代理人 100102141
 弁理士 的場 基憲
 (74) 代理人 100137316
 弁理士 鈴木 宏
 (72) 発明者 伊澤 佳典
 日本国神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 日産自動車株式会社内
 審査官 河口 展明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摺動部材及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基材と、

上記基材上に形成された皮膜層と、

上記基材と上記皮膜層との間の少なくとも一部に形成された金属間化合物層を含む中間層と、を備え、

上記皮膜層が、析出硬化型銅合金からなる複数の第1粒子を含む粒子集合体からなり、
上記皮膜層の断面における上記第1粒子の割合が50面積%以上である

ことを特徴とする摺動部材。

【請求項2】

上記析出硬化型銅合金が、添加元素として、ニッケル及びケイ素を含み、

上記粒子集合体が、上記複数の第1粒子の少なくとも一部の内部及び/又は表面にケイ化ニッケルからなる少なくとも1つの析出相を含む

ことを特徴とする請求項1に記載の摺動部材。

【請求項3】

上記基材及び上記皮膜層の少なくとも一方が、塑性変形部を有することを特徴とする請求項1又は2に記載の摺動部材。

【請求項4】

上記皮膜層の断面における気孔率が、3面積%以下であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つの項に記載の摺動部材。

【請求項 5】

上記粒子集合体が、鉄基合金粒子、コバルト基合金粒子、クロム基合金粒子、ニッケル基合金粒子及びモリブデン基合金粒子からなる群より選ばれた少なくとも1種の合金粒子からなる複数の第2粒子、並びにノ又はセラミックス粒子からなる複数の第2粒子を含むことを特徴とする請求項1～4のいずれか1つの項に記載の摺動部材。

【請求項 6】

請求項1～5のいずれか1つの項に記載の摺動部材を内燃機関の摺動部位に有することを特徴とする内燃機関の摺動部材。

【請求項 7】

非溶融の状態であり、かつ、析出硬化型銅合金からなる第1粉末、又は該第1粉末及び該第1粉末より硬質である第2粉末を含む混合粉末を、基材上に吹き付けて、皮膜層を該基材上に形成する工程を含み、

上記第1粉末又は上記混合粉末を上記基材上に吹き付ける際に、該第1粉末又は該混合粉末を、該基材上に、該第1粉末が該基材上に吹き付けられて、該基材及び上記皮膜層の少なくとも一方に塑性変形部を形成する速度で、吹き付けることを特徴とする摺動部材の製造方法。

【請求項 8】

上記第1粉末が、過飽和固溶体の状態であることを特徴とする請求項7に記載の摺動部材の製造方法。

【請求項 9】

上記第1粉末が、急冷凝固粉末であることを特徴とする請求項7又は8に記載の摺動部材の製造方法。

【請求項 10】

上記第1粉末又は上記混合粉末の吹き付け速度が、300～1200m/sであることを特徴とする請求項7～9のいずれか1つの項に記載の摺動部材の製造方法。

【請求項 11】

上記第1粉末又は上記混合粉末の吹き付け速度が、500～1000m/sであることを特徴とする請求項7～10のいずれか1つの項に記載の摺動部材の製造方法。

【請求項 12】

上記第1粉末又は上記混合粉末の吹き付け速度が、600～800m/sであることを特徴とする請求項7～11のいずれか1つの項に記載の摺動部材の製造方法。

【請求項 13】

上記第1粉末又は上記混合粉末の吹き付ける際に用いる作動ガスの温度が、400～800であることを特徴とする請求項7～12のいずれか1つの項に記載の摺動部材の製造方法。

【請求項 14】

上記第1粉末又は上記混合粉末の吹き付ける際に用いる作動ガスの温度が、600～800であることを特徴とする請求項7～13のいずれか1つの項に記載の摺動部材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、摺動部材及びその製造方法に関する。さらに詳細には、本発明は、優れた高温耐摩耗性を有する摺動部材及びその製造方法に関する。この摺動部材は、例えば、高温環境下で使用される内燃機関の摺動部位に適用することが好適である。具体的には、シリンダヘッド及びバルブシートにおけるエンジンバルブの着座部、エンジンバルブにおけるバルブフェースやエンジンバルブにおけるバルブガイドとの摺動部位、軸受機構の軸受メタルに適用することが好適である。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

従来、特許文献 1 は、冷間で加工誘起変態を生じさせることにより基材の表面に硬質皮膜を形成することを可能とした硬質皮膜の形成方法を開示している。そして、この硬質皮膜の形成方法は、基材の表面に固相状態の金属粉末を圧縮性の気体を媒体として吹き付けて硬質の金属皮膜を形成する硬質皮膜の形成方法であって、該金属粉末は加工誘起変態が生じる金属材料で構成されており、該金属粉末を該加工誘起変態が生じる高速で該基材に叩きつけることにより、該金属粉末を扁平に塑性変形させながら該基材の表面に幾重にも堆積させ且つ堆積した該金属粉末に該加工誘起変態を生じさせて該基材に叩きつける前の該金属粉末より高い硬さの金属皮膜を該基材の表面に形成することを特徴とする。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】日本国特許第 5 2 0 2 0 2 4 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載された硬質皮膜は、高温耐摩耗性が不十分であるという問題点があった。

【0005】

本発明は、このような従来技術の有する課題に鑑みてなされたものである。そして、本発明は、優れた高温耐摩耗性を有する摺動部材、摺動部材の製造方法及び摺動部材を有する内燃機関の摺動部材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】

【0006】

本発明者は、上記目的を達成するため鋭意検討を重ねた。その結果、基材上の少なくとも一部に金属間化合物層を含む中間層を形成し、更に析出硬化型銅合金からなる複数の第 1 粒子を含む粒子集合体からなり、断面における第 1 粒子の割合が 50 面積%以上である皮膜層を形成することにより、上記目的が達成できることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0007】

すなわち、本発明の摺動部材は、基材と、該基材上に形成された皮膜層と、を備え、該皮膜層が、析出硬化型銅合金からなる複数の第 1 粒子を含む粒子集合体からなるものである。そして、この摺動部材は、上記基材と上記皮膜層との間の少なくとも一部に形成された金属間化合物層を含む中間層を備える。さらに、皮膜層の断面における第 1 粒子の割合が 50 面積%以上である。

【0008】

また、本発明の内燃機関の摺動部材は、上記本発明の摺動部材を内燃機関の摺動部位に有するものである。

【0009】

さらに、本発明の摺動部材の製造方法は、非溶融の状態であり、かつ、析出硬化型銅合金からなる第 1 粉末、又は該第 1 粉末及び該第 1 粉末より硬質である第 2 粉末を含む混合粉末を、上記基材上に吹き付けて、上記皮膜層を該基材上に形成する工程を含む。また、この摺動部材の製造方法は、上記第 1 粉末又は上記混合粉末を上記基材上に吹き付ける際に、該第 1 粉末又は該混合粉末を、該基材上に、該第 1 粉末が該基材上に吹き付けられて、該基材及び上記皮膜層の少なくとも一方に塑性変形部を形成する速度で、吹き付ける。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、優れた高温耐摩耗性を有する摺動部材、摺動部材の製造方法及び摺動部材を有する内燃機関の摺動部材を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

10

20

30

40

50

【図 1】図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る摺動部材を模式的に示す断面図である。

【図 2】図 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係る摺動部材を模式的に示す断面図である。

【図 3】図 3 は、図 2 に示す摺動部材の I I I 線で囲んだ部分の拡大図である。

【図 4】図 4 は、図 2 に示す摺動部材の I V 線で囲んだ部分の拡大図である。

【図 5】図 5 は、本発明の第 3 の実施形態に係る摺動部材を模式的に示す断面図である。

【図 6】図 6 は、本発明の第 4 の実施形態に係る摺動部材を模式的に示す断面図である。

【図 7】図 7 は、図 6 に示す摺動部材の V I I 線で囲んだ部分の拡大図である。

【図 8】図 8 は、摺動部材を内燃機関の摺動部位に有する内燃機関の摺動部材を模式的に示す断面図である。

【図 9】図 9 は、摺動部材を内燃機関の軸受機構の軸受メタルに有する内燃機関の軸受機構を模式的に示す断面図である。

10

【図 10】図 10 は、摩耗試験装置の概略を示す断面図である。

【図 11】図 11 は、実施例 4 の摺動部材における断面走査型電子顕微鏡 (SEM) 像である。

【図 12】図 12 は、実施例 4 の摺動部材におけるエネルギー分散型 X 線 (EDX) 分析の結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の一実施形態に係る摺動部材、内燃機関の摺動部材、シリンダヘッド、バルブシート、エンジンバルブ、内燃機関の軸受機構、摺動部材の製造方法について詳細に説明する。

20

【0013】

(第 1 の実施形態)

まず、本発明の第 1 の実施形態に係る摺動部材について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下の各実施形態で引用する図面の寸法比率は、説明の都合上誇張されており、実際の比率とは異なる場合がある。

【0014】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る摺動部材を模式的に示す断面図である。図 1 に示すように、本実施形態の摺動部材 1 は、基材 10 と、基材 10 上に形成された皮膜層 20 とを備えたものである。そして、この皮膜層 20 は、析出硬化型銅合金からなる複数の第 1 粒子 23 を含む粒子集合体 21 からなる。ここで、本実施形態においては、基材 10 が塑性変形部 10a を有し、皮膜層 20 が塑性変形部 20a を有する。また、本発明において、析出硬化型銅合金とは、析出硬化した後の銅合金のみを意味するのではなく、析出硬化する前の銅合金を含むことを意味する。そして、析出硬化型銅合金からなる複数の第 1 粒子において、全ての第 1 粒子が析出硬化した後の銅合金からなる粒子であることが好ましいが、これに限定されるものではない。例えば、析出硬化型銅合金からなる複数の第 1 粒子において、一部の第 1 粒子が析出硬化した後の銅合金からなる粒子であり、残部の第 1 粒子が析出硬化する前の銅合金からなる粒子であってもよい。また、例えば、析出硬化型銅合金からなる複数の第 1 粒子において、全ての第 1 粒子が析出硬化する前の銅合金からなる粒子であってもよい。なお、析出硬化型銅合金は、粒子分散強化型銅合金と呼ばれることもある。

30

40

【0015】

上述のように、基材と、基材上に形成された皮膜層とを備え、皮膜層が析出硬化型銅合金からなる複数の第 1 粒子を含む粒子集合体からなる摺動部材とすることにより、優れた高温耐摩耗性を有するものとなる。また、第 1 粒子として析出硬化型銅合金からなるものを適用しているため、高い熱伝導性を確保することができるという利点もある。なお、本発明においては、基材及び皮膜層の少なくとも一方が塑性変形部を有する構成は必ずしも必要ではないが、基材及び皮膜層の少なくとも一方が塑性変形部を有する構成を有する摺動部材とすることにより、より優れた高温耐摩耗性を有するものとすることができる。

【0016】

50

現時点においては、以下のような理由の少なくとも1つにより、その効果が得られていると考えている。

【0017】

詳しくは後述するが、析出硬化型銅合金からなる第1粉末を基材上に吹き付けると、第1粉末が基材に衝突したときに、例えば、基材がその表面に基材と皮膜層との密着性を阻害する酸化皮膜を有する場合に、その酸化皮膜が除去され、皮膜層との密着性に優れた新生界面が基材に露出形成されるためと考えられる。

【0018】

また、例えば、第1粉末が基材や基材に付着した第1粒子に衝突したときに、その運動エネルギーの一部が熱エネルギーに変換され、基材と第1粉末との間や第1粉末と第1粒子との間における溶着や原子拡散が進行するためとも考えられる。

10

【0019】

さらに、例えば、第1粉末が基材に衝突したときに、第1粉末が基材にめり込むことによるアンカー効果により、換言すれば、基材に扁平な凹部からなる塑性変形部が形成されることにより、基材と皮膜層との密着性が向上するためとも考えられる。

【0020】

また、例えば、第1粉末が基材や基材に付着した第1粒子に衝突したときに、第1粉末や第1粒子が扁平形状となることによって、換言すれば、皮膜層に扁平形状の第1粒子が堆積された構造を有する塑性変形部が形成されることにより、第1粒子と第1粒子の間における隙間が少なくなって、粒子集合体における第1粒子同士の密着性が向上するためとも考えられる。

20

【0021】

さらに、例えば、第1粉末が基材や基材に付着した第1粒子に衝突したときに、基材に扁平な凹部が形成される過程や、第1粉末や第1粒子が扁平形状となる過程において、換言すれば、基材や皮膜層に塑性変形部が形成される過程において、塑性変形による発熱により、基材と第1粉末との間や第1粉末と第1粒子の間における溶着や原子拡散が進行するためとも考えられる。

【0022】

但し、上記の理由以外の理由により上述のような効果が得られていたとしても、本発明の範囲に含まれることは言うまでもない。

30

【0023】

ここで、各構成についてさらに詳細に説明する。

【0024】

上記基材10としては、特に限定されるものではないが、詳しくは後述する摺動部材の製造方法、つまり、皮膜層の形成方法に適用し得る金属であることが好ましい。もちろん、摺動部材が適用される高温環境下で使用可能なものとすることは言うまでもない。

【0025】

金属としては、例えば、従来公知のアルミニウムや鉄、チタン、銅などの合金を適用することが好ましい。

【0026】

そして、アルミニウム合金としては、例えば、日本工業規格で規定されているAC2A、AC8A、ADC12などを適用することが好ましい。また、鉄合金としては、例えば、日本工業規格で規定されているSUS304、鉄系焼結合金などを適用することが好ましい。さらに、銅合金としては、例えば、ペリリウム銅や銅合金系焼結合金などを適用することが好ましい。

40

【0027】

また、上記皮膜層20としては、析出硬化型銅合金からなる複数の第1粒子を含む粒子集合体からなるものであれば、特に限定されるものではない。

【0028】

例えば、皮膜層の厚みは適用される部位の温度や摺動環境により適宜調整すればよく、

50

特に限定されるものではないが、例えば、0.05～5.0mmとすることが好ましく、0.1～2.0mmとすることがより好ましい。0.05mm未満であると、皮膜層自体の剛性が不足するため、特に基材強度が低い場合に塑性変形を起こすことがある。また、10mm超であると、成膜時に発生する残留応力と界面密着力の関係により皮膜の剥離が生じる可能性がある。

【0029】

例えば、皮膜層の気孔率が大きいと強度が不足し、高温耐摩耗性を低下させる可能性があるという観点から、皮膜層の気孔率は可能な限り小さいことが好ましい。そして、より優れた熱伝導性を有する摺動部材とすることができるという観点から、皮膜層の断面における気孔率は3面積%以下であることが好ましく、特に0面積%であることが好ましい。10
なお、現時点においては、気孔率を0.1面積%まで低減することが可能となっているため、高温耐摩耗性や熱伝導性、さらには生産性などの観点から、0.1～3面積%とすることが好ましい。但し、このような範囲に何ら制限されるものではなく、本発明の作用効果を発現できるものであれば、この範囲を外れていてもよいことは言うまでもない。また、皮膜層の断面における気孔率は、例えば、皮膜層における断面の走査型電子顕微鏡(SEM)像などの観察、及び断面走査型電子顕微鏡(SEM)像の2値化などの画像処理によって、算出することができる。

【0030】

また、析出硬化型銅合金としては、特に限定されるものではないが、例えば、ニッケル及びケイ素を含む析出硬化型銅合金、換言すれば、いわゆるコルソン合金と呼ばれるものを適用することが好ましい。しかしながら、これに限定されるものでなく、例えば、クロムを含む析出硬化型銅合金、換言すれば、いわゆるクロム銅と呼ばれるものや、ジルコニウムを含む析出硬化型銅合金、換言すれば、いわゆるジルコニウム銅と呼ばれるものを適用することもできる。さらに、例えば、ニッケル、ケイ素及びクロムを含む析出硬化型銅合金、ニッケル、ケイ素及びジルコニウムを含む析出硬化型銅合金、ニッケル、ケイ素、クロム及びジルコニウムを含む析出硬化型合金、クロム及びジルコニウムを含む析出硬化型銅合金などを適用することもできる。20

【0031】

例えば、ニッケル及びケイ素を含む析出硬化型銅合金においては、より優れた熱伝導性を有するものとなり得るという観点から、ニッケルの含有量が1～21質量%であることが好ましく、ケイ素の含有量が0.2～8質量%であることが好ましい。また、例えば、クロムを含む析出硬化型銅合金においては、より優れた熱伝導性を有するものとなり得るという観点から、クロムの含有量が0.02～1質量%であることが好ましい。さらに、例えば、ニッケル及びケイ素を含む析出硬化型銅合金においては、ケイ化ニッケル(Ni₂Si)を析出させるという観点から、ニッケルとケイ素の含有量の比(Ni:Si)が質量比で3.5～4.5:1の範囲内にあることが好ましい。但し、このような範囲に何ら制限されるものではなく、本発明の作用効果を発現できるものであれば、この範囲を外れていてもよいことは言うまでもない。また、上記の析出硬化型銅合金に、他の元素を添加してもよいことは言うまでもない。30

【0032】

(第2の実施形態)

次に、本発明の第2の実施形態に係る摺動部材について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、上記の実施形態において説明したものと同等のものについては、それらと同一の符号を付して説明を省略する。40

【0033】

図2は、本発明の第2の実施形態に係る摺動部材を模式的に示す断面図である。また、図3は、図2に示す摺動部材のIII線で囲んだ部分の拡大図である。さらに、図4は、図2に示す摺動部材のIV線で囲んだ部分の拡大図である。図2～図4に示すように、本実施形態の摺動部材2は、粒子集合体21が、複数の第1粒子24の少なくとも一部の内面又は表面24aに少なくとも1つの析出相25を含む構成が、上記の第1の実施形態と50

相違している。なお、図2～図4においては、複数の第1粒子の内部及び表面24aの一方又は双方に析出相25を含む場合を示している。また、第1粒子24における析出硬化型銅合金は、添加元素として、ニッケル及びケイ素を含むものである。この場合、析出相は、代表的には、ケイ化ニッケル(Ni_2Si)からなるものである。なお、図示しないが、複数の第1粒子の一部の内部及び表面の一方又は双方に析出相を含む場合も本発明の範囲に含まれることは言うまでもない。

【0034】

上述のように、基材と、基材上に形成された皮膜層とを備え、皮膜層が析出硬化型銅合金からなる複数の第1粒子を含む粒子集合体からなり、粒子集合体が複数の第1粒子の少なくとも一部の内面及び表面の一方又は双方に少なくとも1つの析出相を含む摺動部材とすることにより、より優れた高温耐摩耗性を有するものとなる。また、第1粒子として析出硬化型銅合金からなるものを適用しているため、高い熱伝導性を確保することができるという利点もある。なお、本発明においては、基材及び皮膜層の少なくとも一方が塑性変形部を有する構成は必ずしも必要ではないが、基材及び皮膜層の少なくとも一方が塑性変形部を有する構成を有する摺動部材とすることにより、より優れた高温耐摩耗性を有するものとすることができる。

10

【0035】

現時点においては、以下のような理由により、その効果が得られていると考えている。

【0036】

詳しくは後述するが、析出硬化型銅合金からなる第1粉末を基材上に吹き付けると、例えば、第1粉末が基材や基材に付着した第1粒子に衝突したときに、その運動エネルギーの一部が熱エネルギーに変換され、第1粉末及び第1粒子の少なくとも一方の析出硬化型銅合金における析出硬化が促進されるためと考えられる。

20

【0037】

但し、上記の理由以外の理由により上述のような効果が得られていたとしても、本発明の範囲に含まれることは言うまでもない。

【0038】

(第3の実施形態)

次に、本発明の第3の実施形態に係る摺動部材について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、上記の実施形態において説明したものと同等のものについては、それらと同一の符号を付して説明を省略する。

30

【0039】

図5は、本発明の第3の実施形態に係る摺動部材を模式的に示す断面図である。図5に示すように、本実施形態の摺動部材3は、基材10と皮膜層20との間の全体に亘って形成された所定の間層30を備えた構成が、上記の第2の実施形態と相違している。ここで、所定の間層30は、拡散層若しくは金属間化合物層又は拡散層及び金属間化合物層を含むものである。また、中間層が拡散層を含むものである場合には、中間層が拡散層である場合を含む。さらに、中間層が金属間化合物層を含むものである場合には、中間層が金属間化合物層である場合を含む。

【0040】

上述のように、基材と、基材上に形成された皮膜層と、基材と皮膜層との間の少なくとも一部に形成された拡散層及び金属間化合物層の少なくとも一方を含む中間層とを備え、皮膜層が析出硬化型銅合金からなる複数の第1粒子を含む粒子集合体からなる摺動部材とすることにより、より優れた高温耐摩耗性を有するものとなる。また、第1粒子として析出硬化型銅合金からなるものを適用しているため、高い熱伝導性を確保することができるという利点もある。なお、本発明においては、基材及び皮膜層の少なくとも一方が塑性変形部を有する構成は必ずしも必要ではないが、基材及び皮膜層の少なくとも一方が塑性変形部を有する構成を有する摺動部材とすることにより、より優れた高温耐摩耗性を有するものとすることができる。また、基材と皮膜層との間の全体に亘って拡散層及び金属間化合物層の少なくとも一方を含む中間層が形成されている構成を有する摺動部材とすること

40

50

により、より優れた高温耐摩耗性を有するものとすることができる。

【0041】

現時点においては、以下のような理由により、その効果が得られていると考えている。

【0042】

詳しくは後述するが、析出硬化型銅合金からなる第1粉末を基材上に吹き付けると、例えば、第1粉末が基材に衝突したときに、その運動エネルギーの一部が熱エネルギーに変換され、基材と第1粉末及び第1粒子の少なくとも一方との間でそれぞれに含まれる成分元素の拡散が生じて、基材と皮膜層との間に拡散層及び金属間化合物層の少なくとも一方を含む中間層が形成されるためと考えられる。

【0043】

但し、上記の理由以外の理由により上述のような効果が得られていたとしても、本発明の範囲に含まれることは言うまでもない。

【0044】

ここで、上記中間層30についてさらに詳細に説明する。中間層は、拡散層若しくは金属間化合物層又は拡散層及び金属間化合物層を含むものである。拡散層としては、組成について傾斜構造を有するものを好適例として挙げることができる。しかしながら、拡散層は、組成について傾斜構造を有するものに限定されるものではない。また、特に限定されるものではないが、金属間化合物層を含む中間層としては、金属間化合物層が組成に関して傾斜構造を有する拡散層で挟まれた構造を有するものを好適例として挙げることができる。中間層は、例えば、基材に含まれる成分元素と第1粒子に含まれる成分元素とで構成されている。具体的には、基材としてアルミニウム合金を適用した場合には、アルミニウムと銅を含む合金からなる中間層が形成される。しかしながら、これに限定されるものではなく、例えば、基材として、ステンレス鋼(SUS)を適用した場合には、ステンレス鋼(SUS)の成分元素と銅を含む合金からなる中間層が形成される。

【0045】

(第4の実施形態)

次に、本発明の第4の実施形態に係る摺動部材について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、上記の実施形態において説明したものと同等のものについては、それらと同一の符号を付して説明を省略する。

【0046】

図6は、本発明の第4の実施形態に係る摺動部材を模式的に示す断面図である。また、図7は、図6に示す摺動部材のVII線で囲んだ部分の拡大図である。図6及び図7に示すように、本実施形態の摺動部材4は、粒子集合体21が、鉄基合金粒子、コバルト基合金粒子、クロム基合金粒子、ニッケル基合金粒子、モリブデン基合金粒子などの合金粒子からなるか又はセラミックス粒子からなる複数の第2粒子27を含む構成が、上記の第3の実施形態と相違している。なお、第2粒子27の内部には析出相25が含まれないことは言うまでもない。

【0047】

上述のように、基材と、基材上に形成された皮膜層と、を備え、皮膜層が析出硬化型銅合金からなる複数の第1粒子を含む粒子集合体からなり、粒子集合体が、鉄基合金粒子、コバルト基合金粒子、クロム基合金粒子、ニッケル基合金粒子、モリブデン基合金粒子などの合金粒子からなるか又はセラミックス粒子からなる複数の第2粒子を含む摺動部材とすることにより、より優れた高温耐摩耗性を有するものとなる。また、第1粒子として析出硬化型銅合金からなるものを適用しているため、高い熱伝導性を確保することができるという利点もある。なお、本発明においては、基材及び皮膜層の少なくとも一方が塑性変形部を有する構成は必ずしも必要ではないが、基材及び皮膜層の少なくとも一方が塑性変形部を有する構成を有する摺動部材とすることにより、より優れた高温耐摩耗性を有するものとすることができる。また、粒子集合体が、第1粒子の表面に少なくとも1つの所定の析出相を含む構成を有する摺動部材とすることにより、より優れた高温耐摩耗性を有するものとすることができる。さらに、基材と皮膜層との間の少なくとも一部に中間層が形

10

20

30

40

50

成されている構成を有する摺動部材とすることにより、より優れた高温耐摩耗性を有するものとするができる。

【0048】

現時点においては、以下のような理由の少なくとも1つにより、その効果が得られていると考えている。

【0049】

詳しくは後述するが、析出硬化型銅合金からなる第1粉末や第2粉末を基材上に吹き付けると、第2粉末が基材に衝突したときに、例えば、基材がその表面に基材と皮膜層との密着性を阻害する酸化皮膜を有する場合に、その酸化皮膜が除去され、皮膜層との密着性に優れた新生界面が基材に露出形成されるためとも考えられる。このような現象は、第2粉末を構成する粒子が第1粉末を構成する粒子より硬い硬質粒子である場合に、特に起こりやすい。

10

【0050】

また、例えば、第2粉末が基材に衝突したときに、第2粉末が基材にめり込むことによるアンカー効果により、換言すれば、基材に扁平な凹部からなる塑性変形部が形成されることにより、基材と皮膜層との密着性が向上するためとも考えられる。このような現象は、第2粉末を構成する粒子が第1粉末を構成する粒子より硬い硬質粒子である場合に、特に起こりやすい。

【0051】

さらに、特に限定されるものではないが、第1粉末を構成する粒子より硬い粒子で構成される第2粉末を用いた場合には、それらの境界面における第1粒子24の表面24a近傍(図7参照。ここで、第1粒子の表面近傍とは、例えば、図中矢印Xで示すように表面24aから内部に向かって1 μ m程度までの領域である。)において析出相25が析出し易い。これは、第1粉末が第2粒子に衝突したときに、その運動エネルギーの一部が熱エネルギーに変換されたり、第1粉末の一部が塑性変形部を形成したりする過程で発生する熱により、第1粒子の析出硬化型銅合金の一部における析出硬化がより促進されるためと考えられる。

20

【0052】

但し、上記の理由以外の理由により上述のような効果が得られていたとしても、本発明の範囲に含まれることは言うまでもない。

30

【0053】

ここで、上記第2粒子27についてさらに詳細に説明する。第2粒子としては、特に限定されるものではないが、基材より硬質であることが好ましく、析出硬化型銅合金より硬質であることが好ましい。また、第2粒子としては、例えば、鉄基合金粒子、コバルト基合金粒子、クロム基合金粒子、ニッケル基合金粒子、モリブデン基合金粒子などの合金粒子やセラミックス粒子を適用することが好ましい。さらに、これらの粒子は、1種を単独で又は2種以上を適宜組み合わせる用いることができる。

【0054】

鉄基合金としては、例えば、日本工業規格で規定されているSUS440Cなどを挙げることができる。また、コバルト基合金としては、例えば、TRIBALLOY(登録商標)T-400、T-800などを挙げることができる。さらに、クロム基合金としては、例えば、フェロクロムなどを挙げることができる。また、ニッケル基合金としては、例えば、TRIBALLOY(登録商標)T-700などを挙げることができる。さらに、モリブデン基合金としては、例えば、フェロモリブデンなどを挙げることができる。また、セラミックスとしては、例えば、WC/Co、Al₂O₃などを挙げることができる。その中で、高温耐摩耗性に優れたコバルト基合金を適用することが好ましく、具体的には、TRIBALLOY(登録商標)T-400、T-800などを適用することが好ましい。

40

【0055】

また、特に限定されるものではないが、皮膜層の断面における第2粒子の割合は、高温耐摩耗性及び熱伝導性をより優れたものとするという観点からは、1~50面積%とする

50

ことが好ましく、1～25面積%とすることがより好ましく、1～18面積%とすることがさらに好ましく、5～18面積%とすることが特に好ましい。但し、このような範囲に何ら制限されるものではなく、本発明の作用効果を発現できるものであれば、この範囲を外れていてもよいことは言うまでもない。また、断面で観察し、算出した面積%を体積%に読み替えることが可能であり、体積%を各粒子の密度で換算することにより重量%に読み替えることが可能であることは言うまでもない。

【0056】

なお、上述のように、高温耐摩耗性及び熱伝導性をより優れたものとするという観点からは、皮膜層の断面における第2粒子の割合は、1～50面積%とすることが好ましいが、高い熱伝導性が必ずしも必要でない一方で、優れた耐摩耗性が必要がある場合には、皮膜層の断面における第2粒子の割合は、50～99面積%としても構わない。また、第1粒子及び第2粒子以外の第3粒子を含んでいてもよい。

【0057】

(第5の実施形態)

次に、本発明の第5の実施形態に係る内燃機関の摺動部材について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、上記の実施形態において説明したものと同等のものについては、それらと同一の符号を付して説明を省略する。

【0058】

図8は、摺動部材を内燃機関の摺動部位に有する内燃機関の摺動部材を模式的に示す断面図である。より具体的には、エンジンバルブを含む動弁機構を模式的に示す断面図である。図8に示すように、カムロブ40が回転すると、バルブリフタ41がバルブスプリング42を圧縮しつつ押し下げられると同時に、エンジンバルブ43がステムシール44を有するバルブガイド45に案内されて押し下げられ、シリンダヘッド46におけるエンジンバルブ43の着座部46Aからエンジンバルブ43が離間して、排気ポート47と図示しない燃焼室とが連通する(エンジンバルブの開き状態)。その後、カムロブ40がさらに回転すると、バルブスプリング42の反発力により、バルブリフタ41、リテーナ48及びコッタ49とともにエンジンバルブ43が押し上げられ、着座部46Aにエンジンバルブ43が接触して排気ポート47と図示しない燃焼室とを遮断する(エンジンバルブの閉じ状態)。このようなエンジンバルブ43開閉をカムロブ40の回転と同期して行う。そして、このようにエンジンバルブ43のバルブステム43Aはシリンダヘッド46側に圧入されたバルブガイド45の中を通過して、オイル潤滑されながら組み込まれている。また、図示しない燃焼室の開閉弁部分にあたるエンジンバルブ43のバルブフェース43Bは動作時にシリンダヘッド46におけるエンジンバルブ43の着座部46Aと接触又は非接触状態となる。なお、図8においては、排気ポート47側を示したが、本発明の摺動部材は、図示しない吸気ポート側に適用することもできる。

【0059】

そして、シリンダヘッド及びエンジンバルブの摺動部位であるシリンダヘッドにおけるエンジンバルブの着座部46Aの摺動面46aに、上述した皮膜層が形成された摺動部材、例えば、上述した第1の実施形態～第4の実施形態における摺動部材(1, 2, 3, 4)が適用されている。このような構成とすることにより、優れた高温耐摩耗性を有するものとなる。また、第1粒子として析出硬化型銅合金からなるものを適用しているため、高い熱伝導性を確保することができるという利点もある。さらに、本発明の摺動部材を基材であるシリンダヘッド上に適用することにより、排気ポートや吸気ポートの形状自由化やエンジンバルブの径拡大を図ることが可能となり、燃費や出力、トルクなどを向上させることが可能となる。

【0060】

また、例えば、図示しないが、バルブステムの摺動面及び相手材であるバルブガイドの摺動面の一方若しくは双方に、並びに/又は、バルブステム軸端の摺動面、バルブフェースの摺動面及び圧入型のバルブシートの摺動面からなる群より選ばれた少なくとも1ヶ所に、上述した皮膜層が形成された摺動部材、例えば、上述した第1の実施形態～第4の実

10

20

30

40

50

施形態における摺動部材を適用することもできる。このような構成とすることにより、優れた高温耐摩耗性を有するものとなる。また、第1粒子として析出硬化型銅合金からなるものを適用しているため、高い熱伝導性を確保することができるという利点もある。

【0061】

つまり、本実施形態のシリンダヘッドは、上記実施形態の摺動部材をエンジンバルブの着座部に有するものであることが好ましい。また、本実施形態の他のシリンダヘッドは、上記実施形態の摺動部材を有するバルブシートを備えたシリンダヘッドであって、該摺動部材を該バルブシートのエンジンバルブの着座部に有するものであることが好ましい。さらに、本実施形態のバルブシートは、上記実施形態の摺動部材をエンジンバルブの着座部に有するものであることが好ましい。また、本実施形態のエンジンバルブは、上記実施形態の摺動部材をバルブフェースに有するものであることが好ましい。さらに、本実施形態の他のエンジンバルブは、上記実施形態の摺動部材をバルブガイドとの摺動部位に有するものであることが好ましい。

【0062】

(第6の実施形態)

次に、本発明の第6の実施形態に係る摺動部材について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、上記の実施形態において説明したものと同等のものについては、それらと同一の符号を付して説明を省略する。

【0063】

図9は、摺動部材を内燃機関の軸受機構の軸受メタルに有する内燃機関の軸受機構を模式的に示す断面図である。より具体的には、コンロッドの摺動部材である軸受メタルを模式的に示す断面図である。図9に示すように、コンロッド60の図示しないクランク側の大端部60Aは上下に2分されている。そして、大端部60Aには、クランクピン61を受けるための2分された軸受メタル62が配設されている。

【0064】

そして、軸受メタル62として、その摺動面62aに、上述した皮膜層が形成された摺動部材、例えば、上述した第1の実施形態～第4の実施形態における摺動部材(1, 2, 3, 4)が適用されている。このような構成とすることにより、優れた高温耐摩耗性を有するものとなる。また、第1粒子として析出硬化型銅合金からなるものを適用しているため、高い熱伝導性を確保することができるという利点もある。

【0065】

また、例えば、図示しないが、コンロッドの図示しないピストン側の小端部におけるピストンピンを受けるための2分された軸受メタルの摺動面に、上述した皮膜層が形成された摺動部材、例えば、上述した第1の実施形態～第4の実施形態における摺動部材を適用することもできる。このような構成とすることにより、優れた高温耐摩耗性を有するものとなる。また、第1粒子として析出硬化型銅合金からなるものを適用しているため、高い熱伝導性を確保することができるという利点もある。

【0066】

つまり、本実施形態の内燃機関の軸受機構は、上記実施形態の摺動部材を内燃機関の軸受機構の軸受メタルに有するものであることが好ましい。

【0067】

(第7の実施形態)

次に、本発明の第7の実施形態に係る摺動部材の製造方法について詳細に説明する。本実施形態の摺動部材の製造方法は、本発明の摺動部材、例えば、上述した第1の実施形態～第4の実施形態における摺動部材を製造する方法である。この摺動部材の製造方法は、非溶融の状態であり、かつ、析出硬化型銅合金からなる第1粉末、又は第1粉末及び該第1粉末より硬質である第2粉末を含む混合粉末を、基材上に吹き付けて、析出硬化型銅合金からなる複数の第1粒子を含む粒子集合体、又は複数の第1粒子及び第1粒子より硬質である複数の第2粒子を含む粒子集合体からなる皮膜層を基材上に形成する工程を含む。

【0068】

上述のように、非溶融の状態として添加元素を析出させることなく、析出硬化型銅合金からなる第1粉末、又は第1粉末及び第1粉末より硬質である第2粉末を含む混合粉末を、基材上に、好ましくは第1粉末又は第1粉末及び第2粉末が基材上に吹き付けられて、基材及び皮膜層の少なくとも一方に塑性変形部を形成する速度で、吹き付けて、析出硬化型銅合金からなる複数の第1粒子を含む粒子集合体、又は複数の第1粒子及び複数の第2粒子を含む粒子集合体からなる皮膜層を基材上に形成すること、換言すれば、キネティックスプレー、コールドスプレー、ウォームスプレーなどと呼ばれる方法により皮膜層を形成することにより、高温耐摩耗性に優れた皮膜層を効率良く形成することができる。但し、本発明の摺動部材は、このような製造方法により製造されたものに限定されるものではない。

10

【0069】

ここで、より具体的な製造方法についてさらに詳細に説明する。

【0070】

上記原料として用いる第1粉末としては、非溶融の状態であり、かつ、析出硬化型銅合金からなるものであれば、特に限定されるものではない。第1粉末は、例えば、過飽和固溶体の状態であることが好ましい。過飽和固溶体の状態であることにより、大きい延性を有する、換言すれば、変形能を有するため、皮膜層を効率よく形成することができ、成膜性を向上させることができる。ここで、過飽和固溶体の状態である粉末としては、特に限定されるものではないが、例えば、アトマイズ法などにより急冷凝固させて得られる粉末を適用することが好ましい。また、第1粉末が基材等に衝突したときに、その衝撃による加圧、及びその扁平化による基材等との変形速度の差により生じる摩擦熱により、微細な硬質相（析出相）が形成される。その結果、皮膜層の強度が高まる。

20

【0071】

また、原料としては、第1粉末に、鉄基合金粉末、コバルト基合金粉末、クロム基合金粉末、ニッケル基合金粉末、モリブデン基合金粉末などからなる合金粉末やセラミックス粉末を含む第2粉末をさらに加えてもよい。第2粉末は、1種単独で用いてもよく、又は2種以上を適宜混合して用いてもよい。

【0072】

さらに、原料として用いる第1粉末や第2粉末の平均粒子径は、特に限定されるものではないが、例えば5～40 μm とすることが好ましく、20～40 μm とすることがより好ましい。平均粒子径を5 μm 未満とすると、流動性の低さから粉末供給不良となることがある。また、平均粒子径を50 μm 超とすると、成膜時の粒子速度不足から成膜不良となることがある。なお、「平均粒子径」としては、例えば、画像解析式粒子径分布測定装置を用いて測定・算出した、個数基準の平均粒子径（ d_{50} ）を用いることができる。また、このような平均粒子径を測定・算出する際の「粒子径」としては、例えば、観察される粉末（観察面）の輪郭線上の任意の2点間の距離の最大の距離を採用することができる。しかしながら、これに限定されるものではなく、例えば、観察される粉末（観察面）の円相当径を採用することもできる。さらに、レーザー回折・散乱式粒子径分布測定装置を用いて測定・算出した、個数基準の平均粒子径（ d_{50} ）を用いてもよい。但し、このような範囲に何ら制限されるものではなく、本発明の作用効果を発現できるものであれば、この範囲を外れていてもよいことは言うまでもない。

30

40

【0073】

また、粉末を吹き付ける速度は、好ましくは第1粉末が基材上に吹き付けられて、基材及び皮膜層の少なくとも一方に塑性変形部を形成するような高速であることが好ましいが、特に限定されるものではない。例えば、粉末速度を300～1200 m/s とすることが好ましく、500～1000 m/s とすることがより好ましく、600～800 m/s とすることがさらに好ましい。また、粉末を吹き付けるために供給する作動ガスの圧力を2～5 MPa とすることが好ましく、3.5～5 MPa とすることがより好ましい。2 MPa 未満とすると、粉末速度が得られず、気孔率が大きくなることがある。但し、このような範囲に何ら制限されるものではなく、本発明の作用効果を発現できるものであれば、

50

この範囲を外れていてもよいことは言うまでもない。

【0074】

さらに、作動ガスの温度は、特に限定されるものではないが、例えば、400～800とすることが好ましく、600～800とすることがより好ましい。作動ガスの温度を400未満とすると、気孔率が大きくなり、耐摩耗性が低くなることがある。また、作動ガスの温度を800超とすると、ノズル詰まりを起こすことがある。但し、このような範囲に何ら制限されるものではなく、本発明の作用効果を発現できるものであれば、この範囲を外れていてもよいことは言うまでもない。

【0075】

また、作動ガスの種類としては、特に限定されるものではないが、例えば、窒素、ヘリウムなどを挙げることができる。これらは、1種を単独で用いてもよく、複数種を組み合わせ用いてもよい。また、燃料ガスと窒素とを混合して用いてもよい。

10

【0076】

さらに、皮膜層を形成した後、例えば、250～500で0.5～4時間時効処理ないし焼き戻しをしてもよい。これにより、高温耐摩耗性や熱伝導性を向上させることができる。また、この時効処理ないし焼き戻しは、例えば、エンジン組立後の検査における試運転の際の燃焼室からの受熱を利用することも可能である。

【実施例】

【0077】

以下、本発明を実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

20

【0078】

(実施例1)

まず、原料として、銅-ニッケル-ケイ素合金粉末(組成: Cu-2.9Ni-0.7Si、アトマイズ粉末)のみを用意した。

【0079】

一方、シリンダヘッドにおけるエンジンバルブの着座部の加工完了状態で、狙い皮膜層厚み0.2mmを想定して、アルミニウム基材(日本工業規格 H 4040 A5056)の前加工を行って、前加工されたアルミニウム基材を用意した。

【0080】

30

次いで、回転テーブルに用意したアルミニウム基材を装着し、回転テーブルを回転させながら、用意した合金粉末を、用意したアルミニウム基材上に、高圧型コールドスプレー装置(プラズマ技研工業株式会社製、PCS-1000、作動ガス:種類;窒素、温度;600、粒子速度;680～720m/s、圧力;4MPa)を用いて吹き付けて、皮膜層厚み0.4～0.5mmの皮膜層を基材上に形成した。

【0081】

しかる後、機械加工により、実際のシリンダヘッドにおけるエンジンバルブの着座部の形状に仕上げて、本例の摺動部材を得た。なお、皮膜層厚みは、0.2mmである。

【0082】

(実施例2)

上記銅-ニッケル-ケイ素合金粉末(組成: Cu-2.9Ni-0.7Si、アトマイズ粉末)に代えて、銅-ニッケル-ケイ素-バナジウム-クロム合金粉末(組成: Cu-1.4Ni-3Si-2V-2.2Cr-1.4Fe-1.2Al、アトマイズ粉末)を用いたこと以外は、実施例1と同様の操作を繰り返して、本例の摺動部材を得た。

40

【0083】

(実施例3)

上記銅-ニッケル-ケイ素合金粉末(組成: Cu-2.9Ni-0.7Si、アトマイズ粉末)に代えて、銅-ニッケル-ケイ素合金粉末(組成: Cu-2.9Ni-0.7Si、アトマイズ粉末)及びコバルト基合金粉末(ケナメタルステライト社製、TRIBALLOY(登録商標)T-400)からなり、これらをCu-2.9Ni-0.7Si:T

50

RIBALLOY = 95 : 5 (質量比) の割合で含む混合粉末を用いたこと以外は、実施例 1 と同様の操作を繰り返して、本例の摺動部材を得た。

【0084】

(実施例 4)

上記銅 - ニッケル - ケイ素合金粉末 (組成: Cu - 2.9 Ni - 0.7 Si、アトマイズ粉末) に代えて、銅 - ニッケル - ケイ素合金粉末 (組成: Cu - 2.9 Ni - 0.7 Si、アトマイズ粉末) 及びコバルト基合金粉末 (ケナメタルステライト社製、TRIBALLOY (登録商標) T - 400) からなり、これらを Cu - 2.9 Ni - 0.7 Si : TRIBALLOY = 85 : 15 (質量比) の割合で含む混合粉末を用いたこと以外は、実施例 1 と同様の操作を繰り返して、本例の摺動部材を得た。

10

【0085】

(比較例 1)

上記銅 - ニッケル - ケイ素合金粉末 (組成: Cu - 2.9 Ni - 0.7 Si、アトマイズ粉末) に代えて、ステンレス鋼粉末 (日本工業規格 SUS 316 L) を用いたこと以外は、実施例 1 と同様の操作を繰り返して、本例の摺動部材を得た。

【0086】

(比較例 2)

上記銅 - ニッケル - ケイ素合金粉末 (組成: Cu - 2.9 Ni - 0.7 Si、アトマイズ粉末) に代えて、銅 - 鉄 - マンガン合金粉末 (組成: Cu - 4 Fe - 4 Mn) を用いたこと以外は、実施例 1 と同様の操作を繰り返して、本例の摺動部材を得た。

20

【0087】

(比較例 3)

上記銅 - ニッケル - ケイ素合金粉末 (組成: Cu - 2.9 Ni - 0.7 Si、アトマイズ粉末) に代えて、銅 - ニッケル合金粉末 (組成: Cu - 30 Ni) を用いたこと以外は、実施例 1 と同様の操作を繰り返して、本例の摺動部材を得た。

【0088】

(比較例 4)

上記銅 - ニッケル - ケイ素合金粉末 (組成: Cu - 2.9 Ni - 0.7 Si、アトマイズ粉末) に代えて、銅 - スズ合金粉末 (組成: Cu - 30 Sn) を用いたこと以外は、実施例 1 と同様の操作を繰り返した。しかしながら、皮膜層の形成が困難であった。上記各例の仕様の一部を表 1 に示す。なお、各例の皮膜層の断面における第 1 粒子や第 2 粒子の割合や気孔率は、皮膜層における断面の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像などの観察、及び断面走査型電子顕微鏡 (SEM) 像の 2 値化などの画像処理を複数回行うことによって、算出した。また、各例の第 1 粒子における析出相は、皮膜層における断面の透過型電子顕微鏡 (TEM) 像などの観察、及びエネルギー分散型 X 線 (EDX) 分析によって特定した。さらに、各例における摺動部材の断面における中間層の有無や塑性変形部の有無は、皮膜層における断面の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像などの観察、及びエネルギー分散型 X 線 (EDX) 分析によって特定した。なお、実施例 1 ~ 実施例 4 及び比較例 1 ~ 比較例 3 のいずれにおいても、基材及び皮膜層に塑性変形部が観察された。

30

【0089】

40

【表1】

	原材料		皮膜層(粒子集合体)						中間層の有無
	第1粉末	第2粉末	第1粒子			第2粒子		気孔率 (面積%)	
			種類	割合 (面積%)	析出相	種類	割合 (面積%)		
実施例1	Cu-2.9Ni-0.7Si	-	Cu-2.9Ni-0.7Si	99.9	Ni ₂ Si	-	-	0.1	有り
実施例2	Cu-14Ni-3Si-2V- 2.2Cr-1.4Fe-1.2Al	-	Cu-14Ni-3Si-2V- 2.2Cr-1.4Fe-1.2Al	99.5	Ni ₂ Si	-	-	0.5	有り
実施例3	Cu-2.9Ni-0.7Si	TRIBALLOY T-400	Cu-2.9Ni-0.7Si	94	Ni ₂ Si	TRIBALLOY T-400	5	1	有り
実施例4	Cu-2.9Ni-0.7Si	TRIBALLOY T-400	Cu-2.9Ni-0.7Si	84.8	Ni ₂ Si	TRIBALLOY T-400	15	0.2	有り
比較例1	SUS316L	-	SUS316L	97.8	-	-	-	2.2	有り
比較例2	Cu-4Fe-4Mn	-	Cu-4Fe-4Mn	98.6	-	-	-	1.4	有り
比較例3	Cu-30Ni	-	Cu-30Ni	98.3	-	-	-	1.7	有り
比較例4	Cu-30Sn	-	皮膜層の形成困難						

【0090】

〔性能評価〕

上記得られた各例の摺動部材等を用いて、下記の各種性能を評価した。

【0091】

(高温耐摩耗性)

10

20

30

40

50

図 1 0 は摩耗試験装置の概略を示す断面図である。図 1 0 に示すように、バルブスプリング 4 2、エンジンバルブ 4 3、ステムシール 4 4、バルブガイド 4 5、シリンダヘッド 4 6、4 6'、コッタ 4 9 等の実際のエンジンの部品を用いて、エンジンの動弁機構に似た摩耗試験装置を構築した。なお、シリンダヘッド 4 6 におけるエンジンバルブ 4 3 の着座部 4 6 A としては、上記各例において得られた摺動部材 (1 , 2 , 3 , 4) を適用した。また、摺動部材 (1 , 2 , 3 , 4) は、基材 1 0 上に形成された所定の皮膜層 2 0 を備えている。さらに、図中のエンジンバルブ 4 3 は、開き状態を示しており、エンジンバルブ 4 3 は、図示しない偏心カムにより図中矢印 Y で示す上下方向に振動して、エンジンバルブ 4 3 の開閉を繰り返す。なお、シリンダヘッド 4 6 におけるエンジンバルブ 4 3 の着座部 4 6 A の摺動面 4 6 a は、ガスバーナ B の火炎 F により高温環境下とされている。また、着座部 4 6 A は、温度計 T により温度が計測されている。さらに、シリンダヘッド 4 6 内には冷却水 W が循環している。

10

【 0 0 9 2 】

上述した摩耗試験装置を用い、下記の試験条件下、摩耗量を測定、算出した。具体的には、形状測定装置を用いて試験前と試験後のシリンダヘッドにおけるエンジンバルブの着座部の形状を取得し、4 力所の摩耗量を測定し、平均値を算出して、これを摩耗量とした。得られた結果を表 2 に示す。

【 0 0 9 3 】

< 試験条件 >

・温度：3 0 0 （排気ポート側のシリンダヘッドにおけるエンジンバルブの着座部を想定した。）

20

・入力回数：5 4 0 0 0 0 回

【 0 0 9 4 】

(熱伝導性)

上記得られた各例の摺動部材を用いて、レーザーフラッシュ法により、各例の摺動部材の熱伝導率を計測・算出して、熱伝導性を評価した。得られた結果を表 2 に示す (但し、比較例 2 及び 3 は測定していない。)。

【 0 0 9 5 】

(成膜性)

上記各例の皮膜層と同様の形成条件で、上記各例の粉末を、平板状のアルミニウム基材上に、一定時間吹き付けて、粉末供給量と未付着粉末量とを計測し、付着率を算出して、成膜性を評価した。得られた結果を表 2 に示す。

30

【 0 0 9 6 】

【表 2】

	摩耗量 (μm)	熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	付着率 (%)
実施例 1	41.8	64	99
実施例 2	42.3	15	71
実施例 3	20.6	60	74
実施例 4	20.4	51	58
比較例 1	63.6	5	72
比較例 2	59.2	-	98
比較例 3	51.8	-	94
比較例 4	-	-	-

10

20

【0097】

表 1 及び表 2 より、本発明の範囲に属する実施例 1 ~ 4 は、本発明外の比較例 1 ~ 3 と比較して、20 ~ 70 % 程度摩耗量が少なく、優れた高温耐摩耗性を有することが分かる。

【0098】

これは、非溶融の状態であり、かつ、過飽和固溶体の状態であるアトマイズ粉末からなる析出硬化型銅合金からなる第 1 粉末を、基材上に高速で吹き付けて、析出硬化型銅合金をからなる複数の第 1 粒子を含む粒子集合体からなる皮膜層を基材上に形成したためと考えられる。また、添加元素として、ニッケル及びケイ素を含む析出硬化型銅合金からなるものを適用したためとも考えられる。さらに、粒子集合体が、第 1 粒子の表面にケイ化ニッケル (Ni_2Si) からなる析出相を含むためとも考えられる。また、基材及び皮膜層の双方が、塑性変形部を有するためとも考えられる。さらに、皮膜層の気孔率が、3 面積 % 以下であるためとも考えられる。また、基材と皮膜層との間の少なくとも一部に形成された中間層を備えたためとも考えられる。

30

【0099】

また、30 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上の熱伝導率を有すれば、高い熱伝導性を有するものと解されるため、表 1 及び表 2 より、本発明の範囲に属する実施例 1、3、4 は、熱伝導率が高く、高い熱伝導性を確保できることが分かる。これは、第 1 粉末として析出硬化型銅合金からなるものを適用したためと考えられる。また、皮膜層の気孔率が、3 面積 % 以下であるためとも考えられる。さらに、実施例 2 は、熱伝導率が特別に高いわけではないが、圧入して用いる摺動部材と比較して、薄膜化することができるため、伝熱性は高いと言える。

40

【0100】

さらに、表 1 及び表 2 より、第 2 粉末を添加していない本発明の範囲に属する実施例 1、2 は、本発明外の比較例 1 ~ 3 と比較して、優れた高温耐摩耗性を有する摺動部材を同等ないしより高い付着率で効率良く作製できることが分かる。また、本発明外の比較例 4 は、本発明の範囲に属する実施例 1 ~ 4 や、本発明外の比較例 1 ~ 3 と比較して、皮膜層の形成が困難であることが分かる。

【0101】

また、表 1 及び表 2 より、コバルト基合金粉末からなる第 2 粉末を添加した実施例 3 及び 4 は、本発明外の比較例 1 ~ 3 と比較して、40 ~ 70 % 程度摩耗量が少なく、また、

50

添加していない実施例 1 より摩耗量がいっそう少なく、より優れた高温耐摩耗性を有することが分かる。

【 0 1 0 2 】

これは、非溶融の状態であり、かつ、過飽和固溶体の状態であるアトマイズ粉末からなる析出硬化型銅合金からなる第 1 粉末とコバルト基合金粉末からなる第 2 粉末を、基材上に高速で吹き付けて、析出硬化型銅合金からなる複数の第 1 粒子とコバルト基合金粒子からなる複数の第 2 粒子を含む粒子集合体からなる皮膜層を基材上に形成したためと考えられる。

【 0 1 0 3 】

また、表 1 及び表 2 より、コバルト基合金粉末からなる第 2 粉末の添加量をより多くした実施例 4 は、実施例 3 と比較して、優れた高温耐摩耗性を有することが分かる。また、実施例 4 は、実施例 3 と比較して、熱伝導率が若干低くなるものの、高い熱伝導性を確保できることが分かる。現時点においては、高温耐摩耗性及び熱伝導性が優れ、さらに付着率が高いため低コストで生産できるという観点からは実施例 3 が最も好ましいと考えられる。また、高温耐摩耗性の観点からは実施例 4 が最も好ましいと考えられる。

【 0 1 0 4 】

さらに、図 1 1 は、実施例 4 の摺動部材の基材 1 0 と皮膜層 2 0 との境界面付近における断面走査型電子顕微鏡 (SEM) 像である。また、図 1 2 は、実施例 4 の摺動部材の図 1 1 に示す線分 Z におけるエネルギー分散型 X 線 (EDX) 分析 (線分析) の結果を示すグラフである。なお、図 1 1 に示す位置 P と図 1 2 に示す位置 P とは同じ位置を示している。また、図 1 2 において、図 1 1 に示す線分 Z の基材 1 0 側端部の位置を 0 . 0 μ m の位置とし、線分 Z の皮膜層 2 0 側端部の位置を 2 . 0 μ m の位置としている。

【 0 1 0 5 】

図 1 1 及び図 1 2 より、摺動部材は、アルミニウム合金の基材 1 0 と、基材 1 0 上に形成された銅合金の皮膜層 2 0 とを備えており、基材 1 0 と皮膜層 2 0 との間に中間層が形成されていることが分かる。そして、中間層は、約 0 . 7 5 ~ 1 . 3 1 μ m の位置に形成されていることが分かる。また、拡散層は、約 0 . 7 5 ~ 0 . 9 6 μ m の位置と約 1 . 2 3 ~ 1 . 3 1 μ m 位置に形成されていることが分かる。さらに、拡散層は、組成に関して傾斜構造を有していることが分かる。また、約 0 . 9 6 ~ 1 . 2 3 μ m の位置においては、アルミニウムとマグネシウムと銅との比が、Al : Mg : Cu = 2 : 1 : 1 (原子比) 程度であり、金属間化合物層が形成されていることが分かる。

【 0 1 0 6 】

このように、基材と皮膜層との間に、拡散層及び金属間化合物層の少なくとも一方を含む中間層を備えるため、優れた高温耐摩耗性や熱伝導性を有するとともに考えられる。また、組成に関して傾斜構造を有する拡散層を含む中間層を備えるため、優れた高温耐摩耗性や熱伝導性を有するとともに考えられる。さらに、金属間化合物層が組成に関して傾斜構造を有する拡散層で挟まれた構造を有する中間層を備えるため、優れた高温耐摩耗性や熱伝導性を有するとともに考えられる。

【 0 1 0 7 】

以上、本発明を若干の実施形態及び実施例によって説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形が可能である。

【 0 1 0 8 】

例えば、上述した各実施形態や各実施例に記載した構成は、実施形態毎や実施例毎に限定されるものではなく、例えば、第 1 粉末や第 2 粉末の種類や割合などの構成や成膜条件を変更したり、各実施形態や各実施例の構成を上述した各実施形態や各実施例以外の組み合わせにしたりすることができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 9 】

1, 2, 3, 4 摺動部材
1 0 基材

10

20

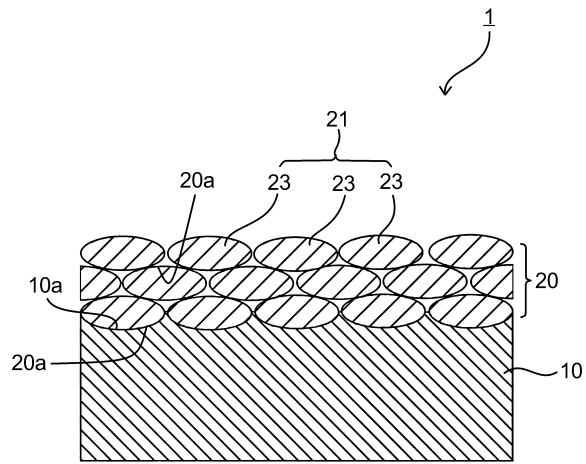
30

40

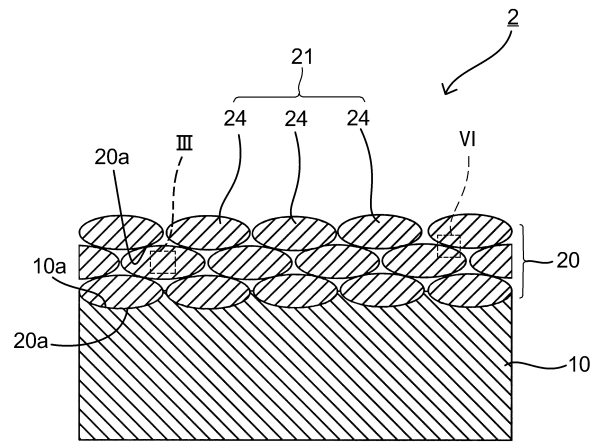
50

1 0 a	塑性変形部	
2 0	皮膜層	
2 0 a	塑性変形部	
2 1	粒子集合体	
2 3 , 2 4	第 1 粒子	
2 4 a	表面	
2 5	析出相	
2 7	第 2 粒子	
3 0	中間層	
4 0	カムロブ	10
4 1	バルブリフタ	
4 2	バルブスプリング	
4 3	エンジンバルブ	
4 3 A	バルブステム	
4 3 a	摺動面	
4 3 B	バルブフェース	
4 3 b	摺動面	
4 4	ステムシール	
4 5	バルブガイド	
4 5 a	摺動面	20
4 6 , 4 6 '	シリンダヘッド	
4 6 A	着座部	
4 6 a	摺動面	
4 7	排気ポート	
4 8	リテーナ	
4 9	コッタ	
6 0	コンロッド	
6 0 A	大端部	
6 1	クランクピン	
6 2	軸受メタル	30
6 2 a	摺動面	
B	ガスバーナ	
F	火炎	
T	温度計	
W	冷却水	

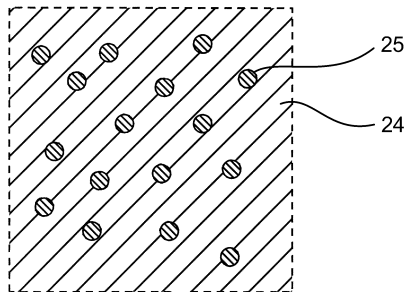
【図 1】



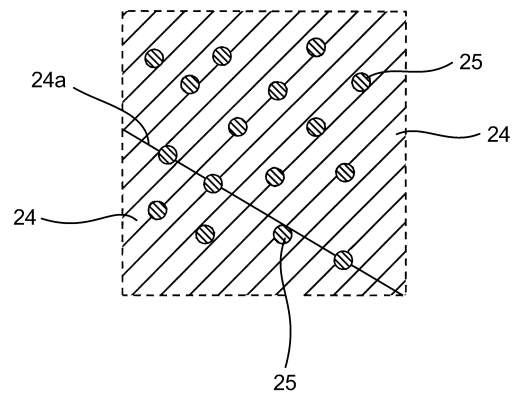
【図 2】



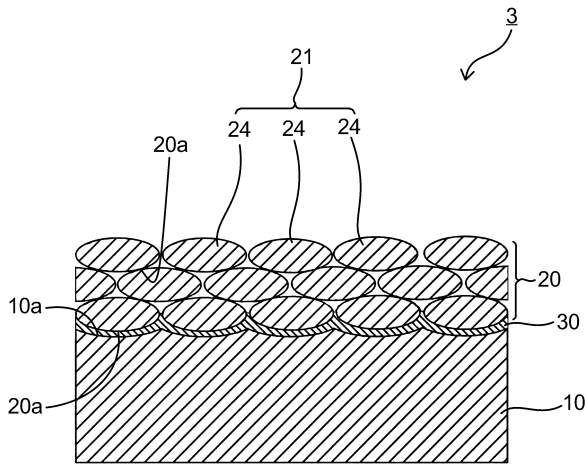
【図 3】



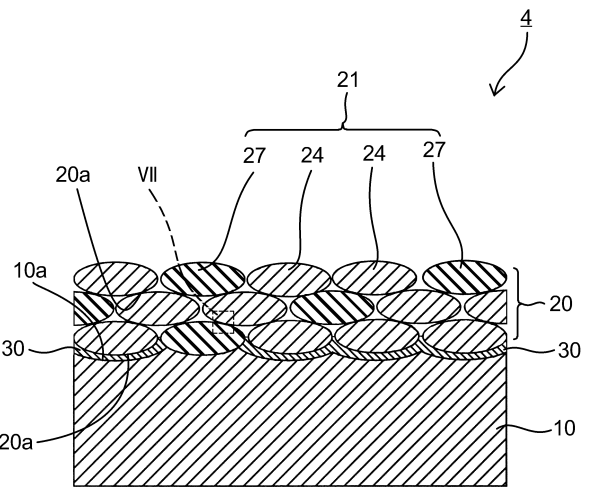
【図 4】



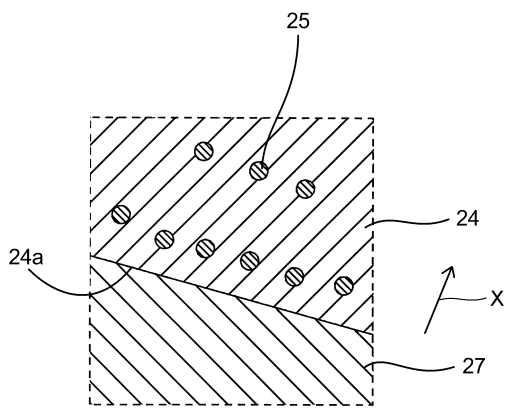
【図5】



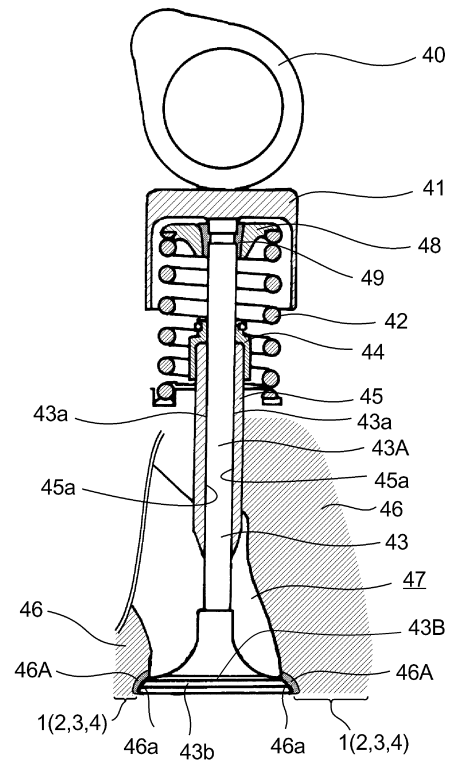
【図6】



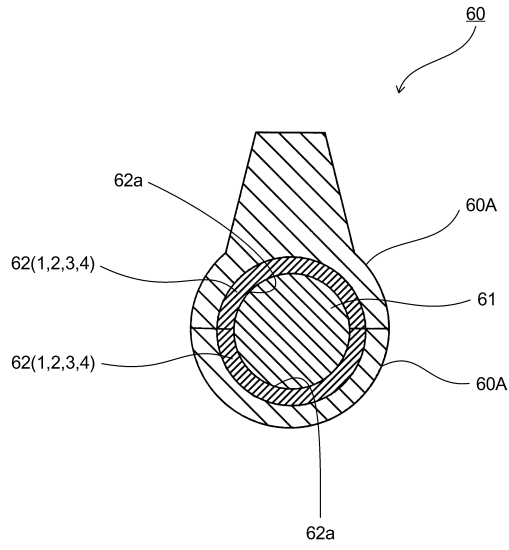
【図7】



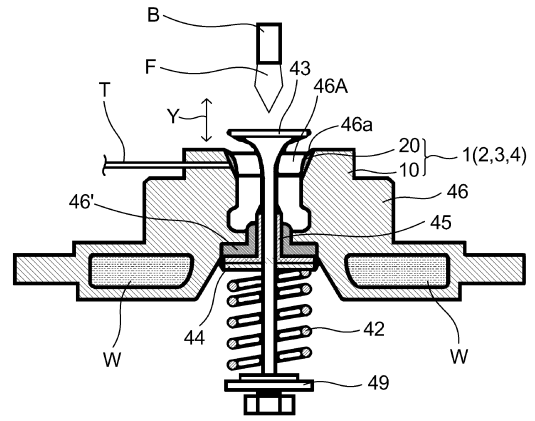
【図8】



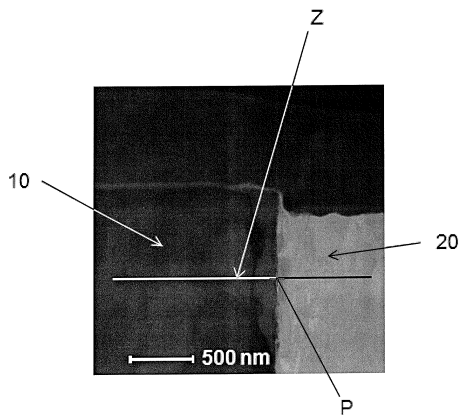
【 図 9 】



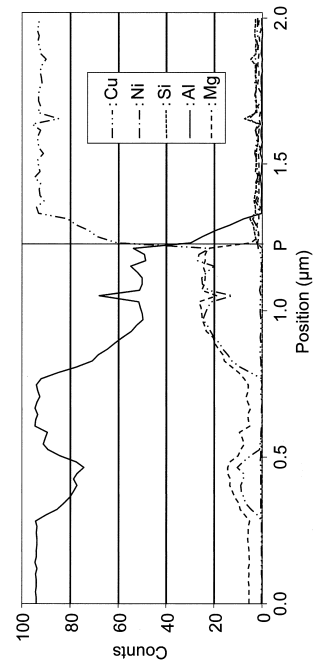
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 1 L 3/08 A

(56)参考文献 特開2014-098467(JP,A)
特開平04-110430(JP,A)
特開2008-255490(JP,A)
特開平01-111831(JP,A)
特開平09-031571(JP,A)
特公昭47-044408(JP,B1)
特表2008-519157(JP,A)
特開平11-256303(JP,A)
特開2011-132565(JP,A)
特開2013-091832(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 2 F 1 / 0 0 - 8 / 0 0
C 2 2 C 1 / 0 0 - 1 / 0 5
C 2 3 C 2 / 0 0 - 2 0 / 0 8
C 2 3 C 2 4 / 0 0 - 3 0 / 0 0
F 0 1 L 3 / 0 2 , 3 / 0 4
F 1 6 C 3 3 / 1 2