

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-232035  
(P2004-232035A)

(43) 公開日 平成16年8月19日(2004.8.19)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
C23C 4/08	C23C 4/08	3G024
C22C 27/04	C22C 27/04 102	3J044
C22C 38/00	C22C 38/00 301Z	4K031
C22C 38/24	C22C 38/00 302X	
F02F 1/00	C22C 38/24	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-22860 (P2003-22860)	(71) 出願人	000000974 川崎重工業株式会社 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
(22) 出願日	平成15年1月30日 (2003.1.30)	(74) 代理人	100076705 弁理士 塩出 真一
		(74) 代理人	100107283 弁理士 塩出 洋三
		(72) 発明者	東 誠 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内
		(72) 発明者	新見 彰夫 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐摩耗溶射皮膜

(57) 【要約】

【課題】 摺動部における耐摩耗性、耐焼付き性、初期なじみ性等を向上させる。エンジンのシリンダボア内面に適用することができる皮膜を提供する。

【解決手段】 FeとMoを主成分とする溶射皮膜において軟質相(グラファイト)を分散させた多相混合組織を有する溶射皮膜とする。あるいは、FeとMoを主成分とする溶射皮膜において硬質相(酸化クロム、炭化クロム)を分散させた多相混合組織を有する溶射皮膜とする。皮膜の作製方法は、大気プラズマ溶射法を用いる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

Fe 及び Mo を主成分とし、軟質相としてグラファイトを分散させた溶射皮膜であって、Fe 系部分と Mo 部分と軟質相部分とからなる多相混合組織を有することを特徴とする耐摩耗溶射皮膜。

## 【請求項 2】

Fe 系部分、Mo 部分及び軟質相部分の混合組織状態とし、表面組織状態が体積比率で Fe 系部分 30 ~ 80 %、Mo 10 ~ 60 %、軟質相 5 ~ 30 % の組成範囲である請求項 1 記載の耐摩耗溶射皮膜。

## 【請求項 3】

Fe 及び Mo を主成分とし、硬質相として酸化クロム又は炭化クロムを分散させた溶射皮膜であって、Fe 系部分と Mo 部分と硬質相部分とからなる多相混合組織を有することを特徴とする耐摩耗溶射皮膜。

## 【請求項 4】

Fe 系部分、Mo 部分及び硬質相部分の混合組織状態とし、表面組織状態が体積比率で Fe 系部分 30 ~ 80 %、Mo 10 ~ 60 %、硬質相 10 ~ 30 % の組成範囲である請求項 3 記載の耐摩耗溶射皮膜。

## 【請求項 5】

表面組織として平面的に見た 1 つの Mo の大きさが 10 ~ 100  $\mu\text{m}$  であり、1 つの軟質相の大きさが 30 ~ 100  $\mu\text{m}$  である請求項 1 又は 2 記載の耐摩耗溶射皮膜。

## 【請求項 6】

表面組織として平面的に見た 1 つの Mo の大きさが 10 ~ 100  $\mu\text{m}$  であり、1 つの硬質相の大きさが 10 ~ 50  $\mu\text{m}$  である請求項 3 又は 4 記載の耐摩耗溶射皮膜。

## 【請求項 7】

混合組織皮膜の気孔率が体積率で 1 ~ 10 % である請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の耐摩耗溶射皮膜。

## 【請求項 8】

混合組織皮膜の平均硬さが 200 ~ 500 HV であり、各組織相では、Fe 系部分の硬さが 400 ~ 800 HV、Mo 部分の硬さが 300 ~ 500 HV である請求項 1 又は 2 記載の耐摩耗溶射皮膜。

## 【請求項 9】

混合組織皮膜の平均硬さが 300 ~ 600 HV であり、各組織相では、Fe 系部分の硬さが 400 ~ 800 HV、Mo 部分の硬さが 300 ~ 500 HV、硬質相部分の硬さが 500 ~ 900 HV である請求項 3 又は 4 記載の耐摩耗溶射皮膜。

## 【請求項 10】

溶射後、加工により仕上げたときの膜厚が 50 ~ 200  $\mu\text{m}$ 、表面粗さが算術平均粗さ Ra で 0.1 ~ 0.6  $\mu\text{m}$  である請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の耐摩耗溶射皮膜。

## 【請求項 11】

溶射に用いる粉末は、Fe に対して C が 0.40 ~ 1.00 wt %、Si が 0.15 ~ 0.35 wt %、Mn が 0.30 ~ 0.90 wt %、P が 0.030 wt % 以下、S が 0.035 wt % 以下の組成を有する粉末、又は、Fe に対して C が 0.40 ~ 1.00 wt %、Si が 1.20 ~ 1.60 wt %、Mn が 0.50 ~ 0.80 wt %、P が 0.025 wt % 以下、S が 0.025 wt % 以下、Cr が 0.50 ~ 0.80 wt % の組成を有する粉末、又は、Fe に対して C が 1.15 ~ 1.25 wt %、Si が 0.45 wt % 以下、Mn が 0.40 wt % 以下、P が 0.030 wt % 以下、S が 0.030 wt % 以下、Cr が 3.80 ~ 4.50 wt %、Mo が 4.70 ~ 5.20 wt %、W が 5.90 ~ 6.70 wt %、V が 2.70 ~ 3.20 wt % の組成を有する粉末を、水アトマイズ法又はガスアトマイズ法により処理して作製した Fe 系粉末である請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の耐摩耗溶射皮膜。

## 【請求項 12】

10

20

30

40

50

溶射に用いる粉末は、M o 及び不可避免的不純物元素からなる 1 ~ 1 0 μ m の粉末を造粒焼結して作製した M o 粉末である請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の耐摩耗溶射皮膜。

【請求項 1 3】

溶射に用いる粉末は、グラファイトを M o 又は N i により膜厚 1 ~ 1 0 μ m で被覆したグラファイト粉末である請求項 1 又は 2 記載の耐摩耗溶射皮膜。

【請求項 1 4】

溶射に用いる粉末は、1 ~ 1 0 μ m の酸化クロム粉末又は炭化クロム粉末と 1 ~ 1 0 μ m の M o 粉末を造粒焼結して作製した酸化クロム粉末又は炭化クロム粉末である請求項 3 又は 4 記載の耐摩耗溶射皮膜。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、F e と M o を主成分とする溶射皮膜において軟質相（グラファイト）あるいは硬質相（酸化クロム、炭化クロム）を分散させた多相混合組織を有する溶射皮膜に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の技術としては、基材の摺動面に、摩耗層（硬質層）、必要に応じて中間層、さらに擦り合わせ層（軟質層）を形成させた層状の組織構造を有する被膜が知られている。硬質層としては、炭化クロムや酸化クロム等の硬質粒子が埋め込まれたクロム、ニッケル、モリブデンが挙げられ、軟質層としては、モリブデン、アルミニウム、銀、ニッケル等で被覆されたグラファイトからなるものが挙げられている（例えば、特許文献 1 参照）。また、F e と M o からなるコーティングを溶射する技術も公知である（例えば、特許文献 2 参照）。

【0003】

【特許文献 1】

特表平 9 - 5 0 8 6 8 8 号公報

【特許文献 2】

特表平 1 1 - 5 1 5 0 5 7 号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記のように、金属で被覆されたグラファイト粉末を溶射する技術（例えば、特許文献 1 参照）は知られているが、硬質層の上に金属で被覆されたグラファイトを軟質層として溶射するもので、硬質層、軟質層が完全な層状になった組織構造の被膜であり、耐摩耗性、耐焼付き性、初期なじみ性等といった複合的な性質には改善の余地があるものと考えられる。また、この技術は、本発明の混合組織構造とは異なっている。さらに、材料系が本発明の F e - M o 系とは異なっている。

【0005】

また、上記のように、F e - M o 系溶射皮膜（例えば、特許文献 2 参照）は公知であるが、F e 系部分と M o の 2 相混合組織構造であり、耐摩耗性、耐焼付き性、初期なじみ性等に問題があると考えられる。また、この溶射皮膜は、本発明の F e 系部分と M o 部分と軟質相部分、あるいは F e 系部分と M o 部分と硬質相部分といった 3 相の混合組織構造とは、組織構造が異なっている。

【0006】

摺動部分、特に、エンジンのシリンダボアは、耐摩耗性、耐焼付き性、初期なじみ性等といった複合的な特性が要求される。本発明は上記の諸点に鑑みなされたもので、本発明の目的は、軟質相（グラファイト）を分散させた F e - M o 系溶射皮膜、あるいは硬質相（酸化クロム、炭化クロム）を分散させた F e - M o 系溶射皮膜とすることで、摺動部での耐摩耗性、耐焼付き性、初期なじみ性等といった複合的な特性を向上させるようにした溶射皮膜を提供することにある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 7 】

## 【 課題を解決するための手段 】

上記の目的を達成するために、本発明の耐摩耗溶射皮膜は、Fe及びMoを主成分とし、軟質相としてグラファイトを分散させた溶射皮膜であって、Fe系部分とMo部分と軟質相部分とからなる多相混合組織を有するように構成されている。この場合、Fe系部分、Mo部分、軟質相部分の混合組織状態とし、表面組織状態（摺動面の組織状態）は体積比率でFe系部分30～80%、Mo10～60%、軟質相5～30%の組成範囲とすることが好ましい。

## 【 0 0 0 8 】

また、本発明の耐摩耗溶射皮膜は、Fe及びMoを主成分とし、硬質相として酸化クロム又は炭化クロムを分散させた溶射皮膜であって、Fe系部分とMo部分と硬質相部分とからなる多相混合組織を有することを特徴としている。この場合、Fe系部分、Mo部分、硬質相部分の混合組織状態とし、表面組織状態（摺動面の組織状態）は体積比率でFe系部分30～80%、Mo10～60%、硬質相10～30%の組成範囲とすることが好ましい。

10

## 【 0 0 0 9 】

軟質相を分散させた溶射皮膜において、表面組織として平面的に見た1つのMoの大きさ（長さ）は10～100 $\mu$ m、1つの軟質相の大きさ（長さ）は30～100 $\mu$ mとすることが好ましい。また、硬質相を分散させた溶射皮膜において、表面組織として平面的に見た1つのMoの大きさ（長さ）は10～100 $\mu$ m、1つの硬質相の大きさ（長さ）は10～50 $\mu$ mとすることが好ましい。混合組織皮膜の気孔率は体積率で1～10%とすることが好ましい。また、軟質相を分散させた溶射皮膜において、混合組織皮膜の平均硬さは200～500HV（ピッカース硬さ）とし、各組織相では、Fe系部分の硬さ400～800HV、Mo部分の硬さ300～500HVとすることが好ましい。また、硬質相を分散させた溶射皮膜において、混合組織皮膜の平均硬さは300～600HVとし、各組織相では、Fe系部分の硬さ400～800HV、Mo部分の硬さ300～500HV、硬質相部分の硬さ500～900HVとすることが好ましい。これらの本発明において、溶射したときの皮膜の膜厚は100～300 $\mu$ mとすることが好ましい。さらに、溶射後、加工により仕上げたときの膜厚は50～200 $\mu$ m、表面粗さは算術平均粗さRaで0.1～0.6 $\mu$ mとすることが好ましい。算術平均粗さRaとは、粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけ抜き取り、この抜き取り部分の平均線の方向にX軸を、縦倍率の方向にY軸を取り、粗さ曲線を $y = f(x)$ で表したときに、下記の数1に示す式によって求められる値をマイクロメートル（ $\mu$ m）で表したものをいう。下記の数1に示す式において、 $l$ は基準長さである。

20

30

## 【 0 0 1 0 】

## 【 数 1 】

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| dx$$

40

## 【 0 0 1 1 】

本発明において、溶射に用いる粉末は、Feに対してCが0.40～1.00wt%、Siが0.15～0.35wt%、Mnが0.30～0.90wt%、Pが0.030wt%以下、Sが0.035wt%以下の組成を有する粉末、又は、Feに対してCが0.40～1.00wt%、Siが1.20～1.60wt%、Mnが0.50～0.80wt%、Pが0.025wt%以下、Sが0.025wt%以下、Crが0.50～0.80wt%の組成を有する粉末、又は、Feに対してCが1.15～1.25wt%、Siが

50

0.45 wt%以下、Mnが0.40 wt%以下、Pが0.030 wt%以下、Sが0.030 wt%以下、Crが3.80~4.50 wt%、Moが4.70~5.20 wt%、Wが5.90~6.70 wt%、Vが2.70~3.20 wt%の組成を有する粉末を、水アトマイズ法又はガスアトマイズ法により処理して作製したFe系粉末とし、粒子径は30~70 μmとすることが好ましい。また、溶射に用いる粉末は、Mo及び不可避的不純物元素(C、O、Si、Fe等)からなる1~10 μmの粉末を造粒焼結して作製したMo粉末とし、粒子径は50~100 μmとすることが好ましい。また、溶射に用いる粉末は、グラファイトをMo又はNiにより膜厚1~10 μmで被覆したグラファイト粉末とし、粒子径は30~90 μmとすることが好ましい。また、溶射に用いる粉末は、1~10 μmの酸化クロム粉末又は炭化クロム粉末と1~10 μmのMo粉末を造粒焼結して作製した酸化クロム粉末又は炭化クロム粉末とし、粒子径は10~70 μmとすることが好ましい。

10

#### 【0012】

また、本発明においては、皮膜を形成させる基材表面にブラスト処理を行い、粗面化後の表面粗さが算術平均粗さRaで3.0 μm以上となる前処理を行うことが好ましい。

また、本発明の耐摩耗溶射皮膜は、大気プラズマ溶射により基材表面に作製することが好ましい。この場合、溶射に用いる粉末を溶射ガンにて供給するに際し、それぞれ別々の供給口から供給するか、全部混合して1つの供給口から供給するか、又は2種類を混合したものと他の1種類とを別々の供給口から供給するようにして作製することが好ましい。

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を説明するが、本発明は下記の実施の形態に何ら限定されるものではなく、適宜変更して実施することが可能なものである。

1 本発明は、Fe系部分とMo部分と軟質相部分(グラファイト)といった多相混合組織を有する皮膜とし、耐摩耗性、耐焼付き性に優れた溶射皮膜としたものである。また、本発明は、Fe系部分とMo部分と硬質相部分(酸化クロムあるいは炭化クロム)といった多相混合組織を有する皮膜とし、耐摩耗性、耐焼付き性に優れた溶射皮膜としたものである。なお、酸化クロムには、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cr<sub>3</sub>O<sub>4</sub>等があり、炭化クロムには、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>、Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>、Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>等がある。

#### 【0014】

##### 2 溶射皮膜の作製方法

###### 1) 使用する溶射粉末

Fe粉末としては、Feに対して、Cが0.40~1.00 wt%、Siが0.15~0.35 wt%、Mnが0.30~0.90 wt%、Pが0.030 wt%以下、Sが0.035 wt%以下の組成のもの、あるいは、Fe-C系に、焼戻し軟化抵抗を付与するために、SiやMnを添加したもの、例えば、Feに対して、C:0.40~1.00 wt%、Si:1.20~1.60 wt%、Mn:0.50~0.80 wt%、P:0.025 wt%以下、S:0.025 wt%以下、Cr:0.50~0.80 wt%の組成のもの、あるいは、合金元素を添加し高温強度、耐摩耗性を向上させたもの、例えば、Feに対して、C:1.15~1.25 wt%、Si:0.45 wt%以下、Mn:0.40 wt%以下、P:0.030 wt%以下、S:0.030 wt%以下、Cr:3.80~4.50 wt%、Mo:4.70~5.20 wt%、W:5.90~6.70 wt%、V:2.70~3.20 wt%の組成のものとする。このような組成のFe粉末を水アトマイズ法又はガスアトマイズ法により処理して、溶射に用いる粉末を作製する。粒子径は30~70 μmとする。Mo粉末は、Mo及び不可避的不純物元素(不可避的不純物元素とは、C、O、Si、Fe等である)からなる1~10 μmの粉末を造粒焼結して作製する。粒子径は50~100 μmとする。軟質相を形成する粉末であるグラファイト粉末は、グラファイトをMoあるいはNiで膜厚1~10 μmで被覆した粉末である。粒子径は30~90 μmとする。硬質相を形成する粉末である酸化クロム粉末(あるいは炭化クロム粉末)は、1~10 μmの酸化クロム粉末(あるいは炭化クロム粉末)と1~10 μmのM

20

30

40

50

○粉末の造粒焼結粉末として作製する。粒子径は10～70 $\mu\text{m}$ とする。

【0015】

2) 前処理

溶射の前処理として、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 研削材を用いて、皮膜を形成させる基材表面にブラスト処理を行い、粗面化後の表面粗さが算術平均粗さRaで3.0 $\mu\text{m}$ 以上となる処理を行う。

【0016】

3) 溶射粉末供給方法

多相混合組織構造のFe-Mo系皮膜は大気プラズマ溶射法で作製する。Fe系粉末及びMo粉末と、軟質相組成粉末(グラファイト粉末)又は硬質相組成粉末(酸化クロム粉末あるいは炭化クロム粉末)を目標とする組成になるよう調製し、以下のような粉末供給方法により、粉末供給口からプラズマガンに粉末を供給することで溶射皮膜の組成を管理する。

10

a) 軟質相を分散させたFe-Mo系溶射皮膜

ア) Fe系粉末とMo粉末とグラファイト粉末をそれぞれ別々の供給口から供給する。

イ) Fe系粉末とMo粉末を混合したものと、グラファイト粉末を別々の供給口から供給する。

ウ) Fe系粉末とグラファイト粉末を混合したものと、Mo粉末を別々の供給口から供給する。

エ) Mo粉末とグラファイト粉末を混合したものと、Fe系粉末を別々の供給口から供給する。

20

オ) Fe系粉末とMo粉末とグラファイト粉末を混合したものを1つの供給口から供給する。

のいずれかの方法で粉末を供給し、皮膜を作製する。

【0017】

b) 硬質相を分散させたFe-Mo系溶射皮膜

ア) Fe系粉末とMo粉末と酸化クロム粉末(あるいは炭化クロム粉末)をそれぞれ別々の供給口から供給する。

イ) Fe系粉末とMo粉末を混合したものと、酸化クロム粉末(あるいは炭化クロム粉末)を別々の供給口から供給する。

30

ウ) Fe系粉末と酸化クロム粉末(あるいは炭化クロム粉末)を混合したものと、Mo粉末を別々の供給口から供給する。

エ) Mo粉末と酸化クロム粉末(あるいは炭化クロム粉末)を混合したものと、Fe系粉末を別々の供給口から供給する。

オ) Fe系粉末とMo粉末と酸化クロム粉末(あるいは炭化クロム粉末)を混合したものを1つの供給口から供給する。

のいずれかの方法で粉末を供給し、皮膜を作製する。

【0018】

3 皮膜の組織構造

a) 軟質相を分散させたFe-Mo系溶射皮膜の組織構造

40

Fe系部分、Mo部分、軟質相部分の混合組織状態の皮膜とし、摺動面の組織状態(表面組織状態)は、Fe系部分:30～80%、Mo:10～60%、軟質相:5～30%の体積比率の組成範囲とする。表面組織として平面的に見た1つのMoの大きさ(長さ)は10～100 $\mu\text{m}$ 、1つの軟質相の大きさ(長さ)は30～100 $\mu\text{m}$ とする。残部がFe系部分である。また、混合組織皮膜の気孔率は、体積率で1～10%とする。平均硬さは200～500HVとし、各組織相の硬さは、Fe系部分の硬さが400～800HV、Mo部分の硬さが300～500HVとする。溶射皮膜の膜厚は100～300 $\mu\text{m}$ とする。

【0019】

b) 硬質相を分散させたFe-Mo系溶射皮膜の組織構造

50

Fe系部分、Mo部分、硬質相部分の混合組織状態の皮膜とし、摺動面の組織状態（表面組織状態）は、Fe系部分：30～80%、Mo：10～60%、硬質相：10～30%の体積比率の組成範囲とする。表面組織として平面的に見た1つのMoの大きさ（長さ）は10～100 $\mu$ m、1つの硬質相の大きさ（長さ）は10～50 $\mu$ mとする。残部がFe系部分である。また、混合組織皮膜の気孔率は、体積率で1～10%とする。平均硬さは300～600HVとし、各組織相の硬さは、Fe系部分の硬さが400～800HV、Mo部分の硬さが300～500HV、硬質相部分の硬さが500～900HVとする。溶射皮膜の膜厚は100～300 $\mu$ mとする。

#### 【0020】

##### 4 皮膜の仕上げ方法

軟質相を分散させたFe-Mo系溶射皮膜、硬質相を分散させたFe-Mo系溶射皮膜どちらも、溶射後、加工（一例として、ホーニング加工）により、膜厚は50～200 $\mu$ m、表面粗さは算術平均粗さRaで0.1～0.6 $\mu$ mに仕上げる。

5 本発明の溶射皮膜は、様々な摺動部で用いることが可能である。特に、エンジンのシリンダボア内面に適用すること等が有効である。

#### 【0021】

##### 【実施例】

##### 1 軟質相を分散させたFe-Mo系溶射皮膜の実施例（実施例1）

##### 1) 溶射皮膜の作製方法と皮膜の組織構造

溶射粉末は下記の表1に示す組成、粒径、作製方法の溶射粉末を用いた。溶射の前処理として、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>研削材を用いて、皮膜を形成させる基材表面にブラスト処理を行い、表面粗さがRaで3.0 $\mu$ m以上となるようにした。大気プラズマ溶射法を用いて、表2に示す条件で溶射を行い、膜厚が200 $\mu$ mの皮膜を作製した。その後、溶射皮膜を研磨し、膜厚が100 $\mu$ m、皮膜の表面粗さをRa0.07～0.2 $\mu$ mとした。溶射皮膜の表面組織構造は、図1に示す組織構造（表面組織構造が良く分かるようにするために、本写真は、表面粗さがRa0.05 $\mu$ m以下となるように仕上げてある）であり、皮膜の体積比率は、Fe系部分：60%、Mo組織部分：30%、グラファイト部分：10%である。なお、溶射皮膜の表面組織は、図2に示す断面組織の模式図において、皮膜表面を図2に示すような位置から観察したものである。10は基材、12は溶射皮膜である。

#### 【0022】

##### 【表1】

表1 溶射粉末

溶射粉末表記	溶射粉末組成 (wt%)	溶射粉末粒径 ( $\mu$ m)	作製方法
Fe系粉末	Fe-0.43C-0.27Si-0.51Mn	20～75	ガスアトマイズ
Mo粉末	Mo-0.57C-0.09Fe-0.01Si	63～90	造粒焼結
グラファイト粉末	Mo-25グラファイト	30～90	グラファイトにMoをコーティング

#### 【0023】

##### 【表2】

10

20

30

40

表2 溶射条件

	粉末供給口1	粉末供給口2
溶射粉末	Fe系粉末とMo粉末を体積比1:1で混合	グラファイト粉末
溶射ガン	F4ガン(スルザーメテコ製)	
溶射距離(mm)	120	
溶射ガン移動速度(mm/s)	500	
アルゴンガス流量(l/min)	47	
水素ガス流量(l/min)	10	
プラズマ電流(A)	650	
溶射間隔(mm)	4	
キャリアガス流量(l/min)	2.8	3.5
Powder feed(disc%)(L/L)	10.0	5.0
インジクタ径(mm)	1.8	1.8
インジクタ距離(mm)	6.0	6.0
インジクタ角度(度)	45	0

10

## 【0024】

## 2) 皮膜の評価方法

往復動摩耗試験機を用いて、表3に示す試験条件で耐焼付き性と耐摩耗性を評価した。耐焼付き性試験を実施する方法の概念図を図4に、耐摩耗性試験を実施する方法の概念図を図5に示す。耐焼付き性は、油膜切れ状態を模擬した潤滑条件での、荷重増加試験により評価した。一方、耐摩耗性は、潤滑油を滴下した潤滑条件での、一定荷重試験により評価した。相手材のピン試験片には、表面がCrめっきとCrN皮膜のもの2種類を用いている。Crめっきの膜厚は100μmで、硬さは1000HVである。CrN皮膜は、アーキオンプレーティング法で作製しており、膜厚は40μmで、硬さは1500HVである。

20

本実施例の皮膜の比較材として、鋳鉄とCrめっき(相手材)の組合せを用いた。なお、鋳鉄とCrめっきの組合せは、現状材でのシリンダライナとピストンリングの摺動を模擬したものである。鋳鉄の組成は、Fe-3.25C-2.22Si-0.74Mn-0.15P-0.022S-0.14Cr-0.24Cuである。基地が微細なパーライト組織で、片状黒鉛、炭化物が均等に分散した組織構造である。

30

## 【0025】

## 【表3】

表3 試験条件

	焼付き試験条件	摩耗試験条件
プレート試験片	平板試験片 鋳鉄基材 #1000ペーパー仕上げ	平板試験片 鋳鉄基材 #1000ペーパー仕上げ
ピン試験片	試験面 R18mm 球面加工 3μmバフ仕上げ 基材:SUJ2	試験面 R18mm 球面加工 3μmバフ仕上げ 基材:SUJ2
荷重	・20N/minで荷重増加 ・50N/minで荷重増加	・200N 一定
ストローク	50mm	50mm
平均速度	0.17m/s	1m/s
試験時間	焼付き発生まで	120分
潤滑条件	汎用潤滑油 (粘度:2.1cSt 40°C) 塗布後拭取り	汎用潤滑油 (粘度:2.1cSt 40°C) 3ml/hで滴下

40

50

## 【 0 0 2 6 】

## 3) 皮膜の評価結果

表 3 に示す試験条件で焼付き試験を行った結果を図 6 に、摩耗試験を行った結果を図 7 に示す。本実施例の軟質相（グラファイト）を分散させた Fe - Mo 系溶射皮膜と CrN 皮膜（相手材）との組合せは、比較材の鋳鉄と Cr めっき（相手材）の組合せの 8 倍以上の焼付き荷重を示した。また、本実施例の軟質相（グラファイト）を分散させた Fe - Mo 系溶射皮膜と CrN 皮膜（相手材）との組合せでの摩耗試験における摩耗量は、比較材の鋳鉄と Cr めっき（相手材）の組合せでの試験における摩耗量の 1 / 6 以下であった。

## 【 0 0 2 7 】

## 2 硬質相を分散させた Fe - Mo 系溶射皮膜の実施例（実施例 2）

10

## 1) 溶射皮膜の作製方法と皮膜の組織構造

溶射粉末は下記の表 4 に示す組成、粒径、作製方法の溶射粉末を用いた。溶射の前処理として、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 研削材を用いて、皮膜を形成させる基材表面にプラスト処理を行い、表面粗さが Ra で 3.0 μm 以上となるようにした。大気プラズマ溶射法を用いて、表 5 に示す条件で溶射を行い、膜厚が 200 μm の皮膜を作製した。その後、溶射皮膜を研磨し、膜厚が 100 μm、皮膜の表面粗さを Ra 0.07 ~ 0.2 μm とした。溶射皮膜の表面組織構造は、図 3 に示す組織構造（表面組織構造が良く分かるようにするために、本写真は、表面粗さが Ra 0.05 μm 以下となるように仕上げている）であり、皮膜の体積比率は、Fe 系部分：60%、Mo 組織部分：10%、酸化クロム部分：30%である。

20

## 【 0 0 2 8 】

## 【表 4】

表 4 溶射粉末

溶射粉末表記	溶射粉末組成 (wt%)	溶射粉末粒径 (μm)	作製方法
Fe 系粉末	Fe-0.43C-0.27Si-0.51Mn	20~75	ガスアトマイズ
Mo 粉末	Mo-0.57C-0.09Fe-0.01Si	63~90	造粒焼結
酸化クロム粉末	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -30Mo	20~63	造粒焼結

## 【 0 0 2 9 】

30

## 【表 5】

表 5 溶射条件

	粉末供給口 1	粉末供給口 2
溶射粉末	Fe 系粉末と Mo 粉末を体積率で 3 : 7 で混合	
溶射ガン	スルザーメテコ製	
溶射距離 (mm)	120	
溶射ガン移動速度 (mm/s)	500	
アルゴンガス流量 (l/min)	47	
水素ガス流量 (l/min)	10	
プラズマ電流 (A)	650	
溶射間隔 (mm)	4	
キャリアガス流量 (l/min)	2.8	3.5
Powder feed (disc%) (L/L)	6.0	9.0
インジェクタ径 (mm)	1.8	1.8
インジェクタ距離 (mm)	6.0	6.0
インジェクタ角度 (度)	45	0

40

## 【 0 0 3 0 】

## 2) 皮膜の評価方法

50

上述した表 3 に示す試験条件で耐焼付き性、耐摩耗性を評価した。比較材も同じである。

### 3) 皮膜の評価結果

表 3 に示す試験条件で焼付き試験を行った結果を図 6 に、摩耗試験を行った結果を図 7 に示す。本実施例の硬質相（酸化クロム）を分散させた Fe - Mo 系溶射皮膜と CrN 皮膜（相手材）との組合せは、比較材の鋳鉄と Cr めっき（相手材）の組合せの 5 倍以上の焼付き荷重を示した。また、本実施例の硬質相（酸化クロム）を分散させた Fe - Mo 系溶射皮膜と CrN 皮膜（相手材）との組合せでの摩耗試験における摩耗量は、摩耗量の測定が不可能なほど微量であった。

【0031】

#### 【発明の効果】

本発明は上記のように構成されているので、つぎのような効果を奏する。

(1) Fe と Mo を主成分とする溶射皮膜において軟質相（グラファイト）あるいは硬質相（酸化クロム、炭化クロム）を分散させた多相混合組織を有する溶射皮膜とすることで、摺動部での耐摩耗性、耐焼付き性、初期なじみ性等といった複合的な性質を向上させることができる。

(2) 本発明の溶射皮膜は、様々な摺動部で用いることが可能である。特に、エンジンのシリンダボア内面に適用すること等が有効である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例 1 における耐摩耗溶射皮膜（軟質相（グラファイト）を分散させた Fe - Mo 系溶射皮膜）の表面組織を示す走査型電子顕微鏡で撮影した写真である（倍率 100 倍）。

【図 2】耐摩耗溶射皮膜の断面組織の一例を示す模式図であり、溶射皮膜の表面組織の観察位置を示している。

【図 3】本発明の実施例 2 における耐摩耗溶射皮膜（硬質相（酸化クロム）を分散させた Fe - Mo 系溶射皮膜）の表面組織を示す走査型電子顕微鏡で撮影した写真である（倍率 100 倍）。

【図 4】本発明の実施例で用いる耐焼付き性を評価するための試験方法を説明する概念図である。

【図 5】本発明の実施例で用いる耐摩耗性を評価するための試験方法を説明する概念図である。

【図 6】本発明の実施例における耐焼付き性の試験結果を示すグラフである。

【図 7】本発明の実施例における耐摩耗性の試験結果を示すグラフである。

#### 【符号の説明】

10 基材

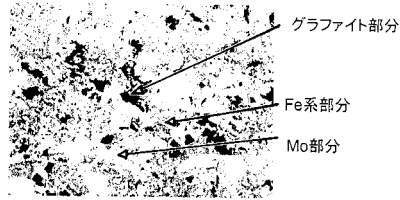
12 溶射皮膜

10

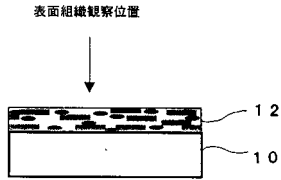
20

30

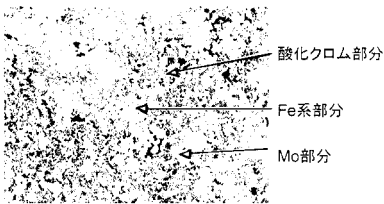
【 図 1 】



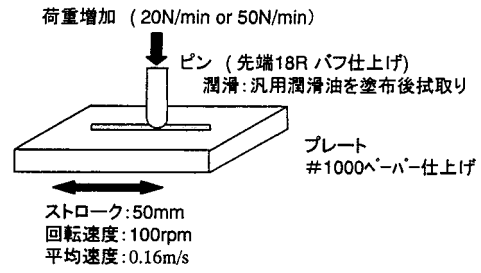
【 図 2 】



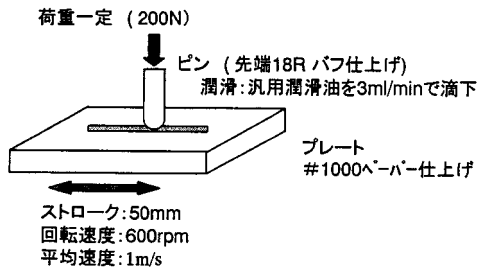
【 図 3 】



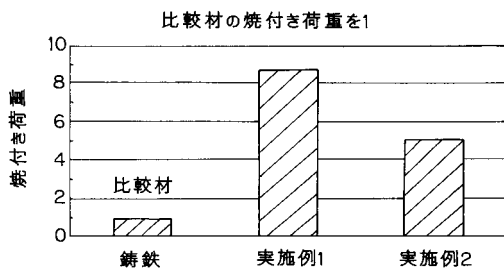
【 図 4 】



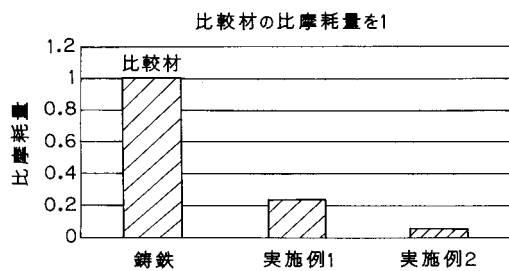
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
F 1 6 J 10/00	F 0 2 F 1/00	R
F 1 6 J 10/04	F 1 6 J 10/00	A
	F 1 6 J 10/04	

## (72)発明者 森 崇

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

Fターム(参考) 3G024 AA22 FA06 FA07 GA19  
3J044 AA02 AA04 BB21 BB23 BB24 BB28 BB31 BC13 DA09  
4K031 AA02 AB07 AB08 CB21 CB22 CB23 CB24 CB25 CB28 CB29  
CB33 CB42 CB45 DA04