

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3547098号
(P3547098)

(45) 発行日 平成16年7月28日(2004.7.28)

(24) 登録日 平成16年4月23日(2004.4.23)

(51) Int. Cl.⁷

F I

F 1 6 J 1/01
C 2 3 C 4/10
C 2 3 C 4/12
F 0 2 F 3/00
F 0 2 F 3/10

F 1 6 J 1/01
C 2 3 C 4/10
C 2 3 C 4/12
F 0 2 F 3/00
F 0 2 F 3/00

B
G

請求項の数 6 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-339901
(22) 出願日 平成6年12月29日(1994.12.29)
(65) 公開番号 特開平8-54060
(43) 公開日 平成8年2月27日(1996.2.27)
審査請求日 平成10年12月24日(1998.12.24)
審査番号 不服2001-7215(P2001-7215/J1)
審査請求日 平成13年5月7日(2001.5.7)
(31) 優先権主張番号 特願平6-124073
(32) 優先日 平成6年6月6日(1994.6.6)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 100081776
弁理士 大川 宏
(72) 発明者 森 和彦
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72) 発明者 尻玉 幸多
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72) 発明者 宮本 泰介
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶射方法、溶射層を摺動面とする摺動部材の製造方法、ピストンおよびピストンの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

溶射材を溶射層を形成すべき基材表面に溶射して該基材表面に溶射層を形成する溶射方法であって、

該溶射材は溶融温度の異なる2種類以上の溶射粒子からなり、該溶射層を形成すべき該基材表面と溶射方向のなす溶射角度を溶射初期において小さくその後溶射角度を大きくし、該基材表面に近い該溶射層の下方部分を該基材表面より遠い該溶射層の上方部分より溶融温度の低い溶射粒子で形成された材質の割合を多く溶融温度の高い溶融粒子で形成された材質の割合を少なくした溶射層を形成することを特徴とする溶射方法。

【請求項2】

アルミニウム合金製の本体部の少なくとも一部表面に、0.3wt%以上の炭素を含む炭素鋼粒子にアルミニウム合金粒子を10wt%以上50wt%以下、炭化物粒子を5wt%以上40wt%以下混合した粒状の溶射材を半溶融状態で吹き付けて、該溶射材が該表面に衝突して薄片状に押し広げられ、その状態で凝固した薄片が堆積した溶射層を形成する溶射工程と、得られた溶射層を研削もしくは切削してその形成面を摺動面とする摺動面形成工程と、からなる溶射層を摺動面とする摺動部材の製造方法であって、前記溶射工程は前記溶射材を前記摺動面に対して平行もしくは斜め方向から吹きつけ、該溶射材を該摺動面を含む方向に堆積させる工程であり、前記摺動面形成工程は堆積した前記溶射材を堆積方向に研削もしくは切削して該溶射材の堆積断面を摺動面とする工程である、

ことを特徴とする溶射層を摺動面とする摺動部材の製造方法。

【請求項 3】

シリンダ内周面と摺接する外周面に少なくとも 1 個のリング溝をもつピストンであって、該外周面に該リング溝より幅広の幅広溝を持つピストン本体と、溶融温度の異なる 2 種類以上の溶射粒子を用い、該幅広溝を区画する基材表面と溶射方向のなす溶射角度を溶射初期において小さくその後溶射角度を大きくして溶射することにより、該基材表面に近い下方部分を該基材表面より遠い上方部分より溶融温度の低い溶射粒子で形成された材質の割合を多く溶融温度の高い溶射粒子で形成された材質の割合を少なくした溶射層と、
該溶射層を研削もしくは切削して形成された該リング溝とを持つことを特徴とするピストン。

10

【請求項 4】

シリンダ内周面と摺接する外周面に少なくとも 1 個のリング溝をもつピストンであって、該外周面に該リング溝より幅広の幅広溝を持つアルミニウム合金製のピストン本体と、
0.3 wt % 以上の炭素を含む炭素鋼粒子にアルミニウム合金粒子を 10 wt % 以上 50 wt % 以下、炭化物粒子を 5 wt % 以上 40 wt % 以下混合した粒状の溶射材を該ピストン本体の該幅広溝内に該外周面と直交する方向に溶射して、該溶射材が該幅広溝を区画する表面に衝突して薄片状に押し広げられ、その状態で凝固した薄片が該幅広溝の深さ方向に堆積した溶射層と、
該溶射層の積層方向に研削もしくは切削して形成されたリング溝とを持つことを特徴とするピストン。

20

【請求項 5】

シリンダ内周面と摺接する外周面に少なくとも 1 個のリング溝をもつピストンの製造方法であって、
ピストン本体の該外周面に該リング溝より幅広の幅広溝を形成する幅広溝形成工程と、溶融温度の異なる 2 種類以上の溶射粒子からなる溶射材を該幅広溝を区画する面に対して溶射角度の低い斜め方向に溶射し溶融温度の低い溶射粒子で形成された材質の割合が多い下方溶射層を形成する第 1 溶射工程と、
該下方溶射層の上に該第 1 溶射工程より溶射角度の高い方向に溶射し該下方溶射層より溶融温度の低い溶射粒子で形成された材質の割合が少ない上方溶射層を形成する第 2 溶射工程と、
該上方溶射層を研削もしくは切削して該リング溝を形成するリング溝形成工程と、
からなることを特徴とするピストンの製造方法。

30

【請求項 6】

シリンダ内周面と摺接する外周面に少なくとも 1 個のリング溝をもつピストンの製造方法であって、
アルミニウム合金製のピストン本体の該外周面に該リング溝より幅広の幅広溝を形成する幅広溝形成工程と、
該ピストン本体の該幅広溝内に、0.3 wt % 以上の炭素を含む炭素鋼粒子にアルミニウム合金粒子を 10 wt % 以上 50 wt % 以下、炭化物粒子を 5 wt % 以上 40 wt % 以下混合した粒状の溶射材を、該外周面と直交する方向に溶射し、該溶射材が該幅広溝を区画する表面に衝突して薄片状に押し広げられ、その状態で凝固した薄片を該幅広溝の深さ方向に堆積させ溶射層を形成する溶射工程と、
該溶射層の積層方向に研削もしくは切削して該リング溝を形成するリング溝形成工程と
からなることを特徴とするピストンの製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は堆積方向に溶射材の異なる溶射方法、耐摩耗性に優れた摺動面をもつ摺動部材の製造方法および耐摩耗性に優れたリング溝をもつピストンおよびピストンの製造方法に関

50

する。

【0002】

【従来の技術】

ディーゼルエンジンのピストントップリング溝部はアルミニウム製ピストンにとって熱的に厳しい。特に近年の排気ガス清浄規制に伴い、ディーゼルエンジンのオイル消費を抑え、且つ燃焼温度の高温化が要求されている。この動きは、ピストンリングおよびピストンに益々厳しいものであり、上記の方法においても限界に近い状況にある。すなわち、ピストンリング溝とりわけトップリング溝では十分なオイル潤滑や冷却が期待できないため、ピストンリングとの間で摩耗が生じる。

【0003】

これに対し、従来よりピストントップリング溝部に溶射により耐熱・耐摩耗層を形成して対応しようとする試みが検討されてきた。

溶射は基材を選ばず、しかも溶射材の自由度が高いため、多数の耐摩耗材の溶射が報告されている。

ところで、自動車用ディーゼルエンジンのピストンリング溝は入口が2mm程度で奥行きが5mmという矩形の溝であるため、直進的な溶射フレームでは溶射角度が極端に小さくなり、溝形状に沿った溶射層の被覆は困難である。

【0004】

これに対し、特開平5-44838号公報では図17に示すように溝上端部を面取りして、溶射角度を確保する方法を考案している。この方法では溝下面には溶射層が形成されるが、上面は盛金により修復するため、プロセスが複雑化し、しかも溝全面が処理されていないため、局部的な凝着や摩耗の発生が懸念される。さらに、溶射角度が被処理面に垂直でないため、溶射皮膜の密着強度の低下や溝奥に跳ね返り粒子が堆積しポラス層の形成など皮膜品質が劣化することが懸念される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は前記した問題点を解決するもので、従来の溶射で形成された摺動面より耐摩耗性が高くかつ安定した、溶射層を摺動面とする摺動部材の製造方法およびピストンを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明者は2種類以上の溶射粒子からなる溶射材を溶射面に対して斜めに溶射すると熔融温度の低い溶射粒子が優先的に溶射面に付着し溶射材の組成とは異なり熔融温度の低い溶射粒子の組成が高い溶射層が得られることを発見した。そして溶射面に対する溶射角度を変化させることにより溶射層の組成を幾分変えられることを確認した。

【0007】

また、本発明者は溶射により溶射層を形成するとき、溶射される個々の溶射材粒子は被溶射体に衝突し、薄い円板状に押しつぶされて被溶射体表面に溶着することに着目した。そしてこれら薄い円板状に押しつぶされて堆積して形成された溶射層の堆積方向と直角方向、即ち、個々の溶射材粒子の円板状に広がる方向の面が通常摺動面として利用されていることに気が付いた。そこで溶射層の積層方向に切断して得られる切断面に着目した。そして積層された個々の溶射材粒子の耐脱落性、切断面の単位表面積に表出する個々の溶射材粒子の数等から考慮し、溶射層の積層方向に切断して得られる切断面の耐摩耗性が優れかつ摩擦係数が安定していると考えた。本発明者はかかる仮説を実験により確認した。

【0008】

本発明はこれらの発見に基づいてなされたものである。

本発明の溶射方法は、溶射材を溶射層を形成すべき基材表面に溶射して該基材表面に溶射層を形成する溶射方法であって、

該溶射材は熔融温度の異なる2種類以上の溶射粒子からなり、該溶射層を形成すべき該基材表面と溶射方向とのなす溶射角度を溶射初期において小さくその後溶射角度を大きくし

10

20

30

40

50

、該基材表面に近い該溶射層の下方部分を該基材表面より遠い該溶射層の上方部分より溶融温度の低い溶射粒子で形成された材質の割合を多く溶融温度の高い溶射粒子で形成された材質の割合を少なくした溶射層を形成することを特徴とする。

【0009】

また、本発明の溶射層を摺動面とする摺動部材の製造方法は、アルミニウム合金製の本体部の少なくとも一部表面に、0.3wt%以上の炭素を含む炭素鋼粒子にアルミニウム合金粒子を10wt%以上50wt%以下、炭化物粒子を5wt%以上40wt%以下混合した粒状の溶射材を半溶融状態で吹き付けて、該溶射材が該表面に衝突して薄片状に押し広げられ、その状態で凝固した薄片が堆積した溶射層を形成する溶射工程と、得られた溶射層を研削もしくは切削してその形成面を摺動面とする摺動面形成工程と、からなる溶射層を摺動面とする摺動部材の製造方法であって、前記溶射工程は前記溶射材を前記摺動面に対して平行もしくは斜め方向から吹き付け、該溶射材を該摺動面を含む方向に堆積させる工程であり、前記摺動面形成工程は堆積した前記溶射材を堆積方向に研削もしくは切削して該溶射材の堆積断面を摺動面とする工程であることを特徴とする。

10

【0010】

本発明のピストンは、シリンダ内周面と摺接する外周面に少なくとも1個のリング溝をもつピストンであって、該外周面に該リング溝より幅広の幅広溝を持つピストン本体と、溶融温度の異なる2種類以上の溶射粒子を用い、該幅広溝を区画する基材表面と溶射方向のなす溶射角度を溶射初期において小さくその後溶射角度を大きくして溶射することにより、該基材表面に近い下方部分を該基材表面より遠い上方部分より溶融温度の低い溶射粒子で形成された材質の割合を多く溶融温度の高い溶射粒子で形成された材質の割合を少なくした溶射層と、該溶射層を研削もしくは切削して形成された該リング溝とを持つことを特徴とする。

20

また、本発明のピストンは、シリンダ内周面と摺接する外周面に少なくとも1個のリング溝をもつピストンであって、該外周面に該リング溝より幅広の幅広溝を持つアルミニウム合金製のピストン本体と、0.3wt%以上の炭素を含む炭素鋼粒子にアルミニウム合金粒子を10wt%以上50wt%以下、炭化物粒子を5wt%以上40wt%以下混合した粒状の溶射材を該ピストン本体の該幅広溝内に該外周面と直交する方向に溶射して、該溶射材が該幅広溝を区画する表面に衝突して薄片状に押し広げられ、その状態で凝固した薄片が該幅広溝の深さ方向に堆積した溶射層と、該溶射層の積層方向に研削もしくは切削して形成されたリング溝とを持つことを特徴とする。

30

【0011】

本発明のピストンの製造方法は、シリンダ内周面と摺接する外周面に少なくとも1個のリング溝をもつピストンの製造方法であって、ピストン本体の該外周面に該リング溝より幅広の幅広溝を形成する幅広溝形成工程と、溶融温度の異なる2種類以上の溶射粒子からなる溶射材を該幅広溝を区画する面に対して溶射角度の低い斜め方向に溶射し溶融温度の低い溶射粒子で形成された材質の割合が多い下方溶射層を形成する第1溶射工程と、該下方溶射層の上に該第1溶射工程より溶射角度の高い方向に溶射し該下方溶射層より溶融温度の低い溶射粒子で形成された材質の割合が少ない上方溶射層を形成する第2溶射工程と、該上方溶射層を研削もしくは切削して該リング溝を形成するリング溝形成工程とからなることを特徴とする。

40

また、本発明のピストンの製造方法は、シリンダ内周面と摺接する外周面に少なくとも1個のリング溝をもつピストンの製造方法であって、アルミニウム合金製のピストン本体の該外周面に該リング溝より幅広の幅広溝を形成する幅広溝形成工程と、該ピストン本体の該幅広溝内に、0.3wt%以上の炭素を含む炭素鋼粒子にアルミニウム合金粒子を10wt%以上50wt%以下、炭化物粒子を5wt%以上40wt%以下混合した粒状の溶射材を、該外周面と直交する方向に溶射し、該溶射材が該幅広溝を区画する表面に衝突して薄片状に押し広げられ、その状態で凝固した薄片を該幅広溝の深さ方向に堆積させ溶射層を形成する溶射工程と、該溶射層の積層方向に研削もしくは切削して該リング溝を形成するリング溝形成工程とからなることを特徴とする。

50

【 0 0 1 2 】

【作用及び発明の効果】

本発明の溶射方法は、溶融温度の異なる2種類以上の溶射粒子からなる溶射材を使用し、溶射角度を変えるだけで形成される溶射層の組成割合を変えることができる。これにより、例えば、基材に接する溶射層の下方部分には基材と親和性の良い材料の割合を高くし、上方部分には、溶射層に期待される特性をもつ材料の割合を高くした溶射層が得られる。

【 0 0 1 3 】

本発明の溶射層を摺動面とする摺動部材の製造方法は、摺動部材の本体部の摺動面を形成しようとする表面に溶射材を堆積して溶射層を形成する。その後得られた溶射層の積層方向に摺動面を形成し、摺動部材を得る方法である。摺動面には溶射により円板状に堆積する個々の溶射材の端面が表出している。このため摺動面に表出する一つの溶射材の面積は狭い。すなわち、摺動面はより多くの数の溶射材により形成されている。従って、この摺動面は特定の一個あるいは数個の溶射材の摩擦特性が現れにくく、全体の溶射材の平均した摩擦特性が現れる。このため、摩擦係数が安定する。

10

【 0 0 1 4 】

また、個々の溶射材は摺動面に対して立つように配列している。すなわち、摺動面を形成する個々の溶射材の他端は摺動面より遠い内部に位置している。このため摺動面を形成する個々の溶射材は摺動面より脱落しにくい。このため脱落に起因する摩耗が少ない。また、摺動面に表出する一つの溶射材の面積が狭いため、摺動により作用する一つの溶射材への応力も小さくなる。このため一層溶射材の脱落が少なくなる。このため耐摩耗性が優れている。

20

【 0 0 1 5 】

この特性は、本発明のピストンに最適であり、本発明のピストンのリング溝の耐摩耗性は極めて優れている。

本発明のピストンの製造方法は、前記した本発明の溶射方法、または前記した本発明の溶射層を摺動面とする摺動部材の製造方法をピストンの製造方法に使用したものである。例えば、同一の溶射材を使用して下方溶射層と上方溶射層を形成できる。そして上方溶射層にリング溝を形成することにより、例えば、ピストン本体と一体性が高くかつ耐摩耗性の高いリング溝とすることができる。

【 0 0 1 6 】

【実施例】

(実施例1)

本実施例は、溶射層の積層方向に研削して形成されたトップリング溝をもつA1合金製のピストンおよびその製造方法に関する。

このピストンは図1にピストンの先端側部の拡大断面を示すように、A1合金製のピストン本体1とこのピストン本体1の先端部を一周するように溶射で形成された溶射層2とこの溶射層2に形成されたトップリング溝3とからなる。ピストン本体1は、工程を模式的に示す図2に示すように、その先端外周部には外周面を一周する断面台形状の溝11をもつ。この溝11は、図1に明示するように、トップリング溝3より深くかつ巾広に形成されている。本実施例では、深さがトップリング溝3の深さより少なくとも0.1mm深く、底辺の巾もトップリング溝3の底辺より両側に少なくとも0.1mm広げた巾広のものとしている。また、溝11の斜面の角度は、側面に対して75°の傾斜としている。

30

40

【 0 0 1 7 】

溶射層2は、図2に示すように、このピストン本体1の側面に対して垂直方向に溶射材を吹き付け、溝11を埋めたものである。粒子状の溶射材は半溶融状態で溝11の底面に衝突し底面に沿って薄い円板状に広がって凝着する。そして次々に溶射材が衝突堆積し、図1の破線で示すように、溝11の深さ方向に堆積し、溶射層2を形成する。

【 0 0 1 8 】

トップリング溝3はこの溶射層2を研削して形成したものである。トップリング溝3は、図1に示すように、相対向し深さ方向に延びる対向面31、32と底面33とで区画され

50

ている。対向面 3 1、3 2 は溶射材の堆積方向に延び、対向面 3 1、3 2 には各溶射材の薄い側面が堆積した状態で表出している。これに対して、底面 3 3 は溶射材が広がった方向と平行で、底面 3 3 には、溶射材が円板状に広がった状態で表出している。

【0019】

トップリング溝 3 には、トップリング（図示せず）が介装され、トップリングと摺接する。トップリングはシリンダ壁面と摺接し、シリンダ壁とピストンとの間の気密性を高める作用をする。そしてピストンの往復動により、トップリングは、トップリング溝 3 の対向面 3 1、3 2 に交互に当接する。

本実施例のピストンでは、このトップリング溝 3 の対向面 3 1、3 2 が溶射材の堆積断面となっている。すなわち、摺動面となる対向面 3 1、3 2 には、溶射により円板状に堆積する個々の溶射材の端面が表出している。このため対向面 3 1、3 2 に表出する一つの溶射材の面積は狭い。すなわち、対向面 3 1、3 2 はより多くの数の溶射材により形成されている。従って、これらの対向面 3 1、3 2 は特定の一個あるいは数個の溶射材の摩擦特性が現れにくく、全体の溶射材の平均した摩擦特性が現れる。このため、摩擦係数が安定する。

10

【0020】

また、個々の溶射材は対向面 3 1、3 2 に対して立つように配列している。すなわち、対向面 3 1、3 2 を形成する個々の溶射材の他端は対向面 3 1、3 2 より遠い内部に位置している。このため対向面 3 1、3 2 を形成する個々の溶射材は対向面 3 1、3 2 より脱落しにくい。このため脱落に起因する磨耗が少ない。また、対向面 3 1、3 2 に表出する一つの溶射材の面積が狭いため、摺動により作用する一つの溶射材への応力も小さくなる。このため一層溶射材の脱落が少なくなる。このため耐磨耗性が優れたものとなる。

20

【0021】

本実施例のピストンではそのトップリング溝 3 を形成する部分のみを溶射層 2 で形成した。しかし他のリング溝をトップリング溝 3 と同じように溶射層に形成することもできる。本実施例のピストンではトップリング溝 3 とピストン本体 1 の間の溶射層 2 の最も薄い部分を 0.1 mm としている。これはピストン本体 1 がアルミニウム合金で作られているため、例えば、ピストン本体が鉄合金製であれば、溶射層の最低厚さはもっと薄くても良い。また、溶射層を形成するためのピストン本体に設けられた溝 1 1 の傾斜面の溝角度を本実施例では 75° としている。この溝角度は密着力を維持するため、また跳ね返り粒子による皮膜のポーラス化防止のため 75° 以下であれば問題ないが、望ましくは 60° 以下が良い。しかし溝角度が小さくなるとそれだけ溝 1 1 は開口部が広くなり溝 1 1 の断面積が増大し、必要とする溶射量も増大することになる。

30

【0022】

本実施例の溶射層 2 を構成する溶射材には、耐摩耗性と耐熱性を有する他、厚膜化に耐えるように内部応力が緩和できるものであり、しかも加工性に優れたものであるのが好ましい。このような要求特性を満たす溶射材としては、溶射後の組成比で、5 ~ 40 wt % の炭化物と 5 ~ 50 wt % の Al 合金を含み、残部がマトリックスを形成する炭素鋼とするのが好ましい。

【0023】

マトリックスとなる炭素鋼は溶射層構造を維持するための材料であり、靱性と加工性の両立を図るため必要な材料である。炭素鋼は溶射時の脱炭を考慮して 0.3 wt % 以上の炭素を含むものが好ましい。参考までに炭素鋼中の炭素量と溶射された溶射層の硬さの関係線図を図 3 に示す。図 3 より炭素量 0.3 wt % でニレジスト合金 (Hv : 140 ~ 150) より高い硬度のものとなる。なお、より好ましくは炭素量 0.5 wt % が良い。炭素鋼中の C 量は 0.5 wt % 以下ならば何でもよいが、望ましくは 0.2 wt % 以下が良好である。これらの要求を満たすものとしてはマルテンサイト系ステンレス鋼、工具鋼なども含まれるがコストを考慮すると通常の炭素鋼で十分である。

40

【0024】

また、炭化物としては硬さが比較的 low (Hv 1000 程度)、相手材のピストンリン

50

グ(窒化処理; $Hv = 800 \sim 1100$ 、Crメッキ; $Hv = 700 \sim 900$)を攻撃しないCr炭化物(Cr_3C_2 ; $Hv 1300$)、Mo炭化物(Mo_2C ; $Hv 1200$)、Fe炭化物(Fe_3C ; $Hv 800 \sim 1200$ 、 $FeCrC$; $Hv 800 \sim 1100$)、Ta炭化物(TaC ; $Hv 1800$)がこのましい。なお、硬質の炭化物、例えばTi炭化物(TiC ; $Hv 3200$)、V炭化物(V_4C_3 ; $Hv 2800$)、Nb炭化物(NbC ; $Hv 2400$)、W炭化物(WC ; $Hv 2400$)等も使用できる。

【0025】

参考までに炭素鋼中の炭化物の添加量(wt%)と溶射層摩耗量(μm)およびリング材摩耗量(μm)の関係線図を図4に示す。図4中、FeCr複合炭化物としてはFe-60wt%Cr-10wt%Cを用いた。評価試験は図5に示すように、Al合金基材に炭化物の添加量を変えた鉄鋼材を溶射した溶射層を形成し、この溶射層にピストンリング材を荷重60kgで押しつけ、回転数160rpmで60分間回転させ、溶射層およびリング材の摩耗量を求めたものである。なお、リング材としては17%Crステンレス鋼を窒化したものを用いた。なお、図4にはニレジスト鑄鉄に対する摩耗量を帯状の斜線で示した。図4に示すように5%以上の炭化物の添加により、摩耗量が減少していることが分かる。一方、相手攻撃性は比較的軟質のFeCr複合炭化物は少ないのに対し、TiCは相手材の窒化層を摩耗させ著しい摩耗に到らしていることが分かる。

【0026】

Al合金の添加は、基材Alとの熱特性の緩和すなわち熱膨張率の違いによる応力を緩和する効果を付与する働きをする。実際、溶射層の熱膨張率はAlの添加量に比例して基材のアルミニウムに近づき、複合則が成り立つ。更にAl合金の添加は加工性に著しく良好な影響を与える。即ち、図6に示すように、Alの10wt%以上の添加で刃具の摩耗は急激していく。これはAlが異種金属として溶射層中の炭素鋼や炭化物の間に存在するため、切り粉が微細になり、また、異種材の断続的存在により、加工応力の低下が生じ、このため加工性が向上するものと予想される。

【0027】

なお、Al合金の添加は前記した好ましい作用をするが、逆に溶射層の耐摩耗性を低下させる。参考までに図7にAl合金(Al-Si合金)の添加量と摩耗量の関係線図を示す。Al合金の添加量が増すと磨耗量も比例して多くなるのが判る。特に、50wt%を越えると一段と磨耗量の増加がみられる。これらより、Al合金の添加量は50wt%以下がよい。

【0028】

図8に従来の溶射層の摺動面と個々の溶射材の形状の関係(a)と本発明の溶射層の摺動面と個々の溶射材の形状の関係(b)とを模式的に示す。従来では(a)に示すように、摺動面は溶射層の堆積面に平行な面となっていた。即ち溶射層は堆積する際、鱗片状(扁平率は1:10以上)に堆積するため、実質的に幾種類かの粉末を混合して溶射した場合、少数の特定の粉末が摺動面を形成する。したがって、摺動面を形成する組成は、粉末の分散状態により、偏った組成となってしまう、摩耗特性にばらつきが多くなる。これに対し本発明の摺動面では、(b)に示すように、溶射堆積方向に垂直な面を摺動面としている。このため摺動面には異種材の出現確立が高くなり、複合させて高い摩擦特性を出す場合に最適となる。

【0029】

本発明の溶射層の摺動面の摩耗量と従来の溶射層の摺動面の磨耗量の比較結果を図9に示す。これらの摩耗試験も前記したLFW1磨耗試験を採用したもので、Al合金基材に20wt%のFe-Cr炭化物(Fe-60Cr-10C)と20wt%Al合金(Al-20Si)を配合した炭素鋼(Fe-0.8wt%C)を溶射して溶射層を形成し、従来例の摺動面は堆積面と平行に研磨した面を採用し、本発明の摺動面は堆積面に対して垂直に切断した垂直面とした。そして摩擦試験は、前記したのと同じ、17%Crステンレス鋼を窒化したリングを相手材とし、これら2種類の摺動面にそれぞれ荷重60kgで押し

10

20

30

40

50

つけ、回転数160rpmで60分間回転させ、溶射層の摩耗量を求めたものである。

【0030】

図9より、本発明の溶射層の堆積表面に対して垂直な面を摺動面とするものは、従来の溶射層の堆積表面に水平な面を摺動面とするものに比較し、溶射層摩耗量が少なく、摩耗量のばらつきも少ないのがわかる。

さらに、ピストンリング溝の他の摩擦特性として摩耗とともに重要な凝着性を調査した。凝着試験は雰囲気温度をピストン作動温度(250)にして、実用のピストンリングをそのまま繰り返し溶射層に押しつける試験である。結果を図10に示す。本発明の溶射層の堆積表面に対して垂直な面を摺動面とするものは、従来の溶射層の堆積表面に水平な面を摺動面とするものに比較し、凝着発生面積が少なく、耐凝着性にすぐれている。なお、本発明の耐凝着性は従来のニレジスト鋳鉄耐摩環よりも優れたものである。この優れた特性は、前記したように、積層した積層面が多数表出しているため、凝着現象が生じ難いものと考えられる。

10

【0031】

次に摺動面を形成する溶射層の欠陥の影響について検討した。この欠陥は溶射時に発生する比較的大きな空洞、あるいは溶射堆積時、加工時等に生じる部分的な欠陥に起因するものである。これらの欠陥は無ければ無い程好ましいが完全になくすことも困難である。図11に溶射時に生じる欠陥の量と摩耗の関係を調べた結果を示す。欠陥面積率が増加していくと摩耗も増加していく傾向がみられた。評価は乾燥雰囲気(潤滑なし)にて滑り摩耗試験にて行った。潤滑無しでの試験のため、潤滑下の摩耗評価結果とは大きく異なっている。欠陥が10%程度以上になると摩耗は増加傾向に転じる。このため欠陥は8%以下が好ましい。なお、摩耗量の多い試料の摩耗面を見ると、溶射層の欠陥(脱落)が多く見られ、このためこの溶射層の欠陥(脱落)が摩耗をより促進したものと考えられる。

20

【0032】

なお、溶射層を形成する溶射材の材質等についてピストンのトップリング溝に適用した実施例について説明した。しかし、本発明はピストンのトップリング溝にのみ適用されるものではなく、耐摩耗性を必要とする摺動面をもつ多くの機械要素、部品に適用できる。また、溶射層を形成する母材もアルミニウムに限られるものではなく、鉄鋼材その他、他の多くの構造材を母材とすることができる。溶射材の種類も相手材の材質、使用条件により適宜選択できる。

30

(実施例2)

本実施例は、ピストン本体に接している部分の溶射層の材料組成とリング溝を形成する部分の溶射層の材料組成がことなる溶射層をもつAl合金製のピストンおよびその製造方法に関する。なお、実施例1のピストンと同一部分を示す符号については本実施例のピストンでも同一の符号を使用して説明する。

【0033】

このピストンは図12にピストンの先端側部の拡大断面を示すように、Al合金製のピストン本体1とこのピストン本体1の先端部を一周するように溶射で形成された溶射層2とこの溶射層2に形成されたトップリング溝3とからなる。ピストン本体1は、その先端外周部に外周面を一周する断面台形状の溝11をもつ。この溝11は、開口部の幅8.3mm、深さ5mm、底面の幅2.5mmで、トップリング溝3より深くかつ巾広に形成され、溝11の斜面の角度は、側面に対して60°の傾斜としている。

40

【0034】

溶射層2は、溝11の斜面上にこの斜面に対して30°の角度で斜め方向から溶射された下方溶射層21と溝11の底面上および両側の下方溶射層21上に底面に対して垂直方向に溶射された上方溶射層22とからなる。トップリング溝3はこの上方溶射層22を研削して形成したものである。

本実施例では溶射材としては平均粒径40μmの炭素鋼90重量部と平均粒径40μmのアルミ合金10重量部を配合した混合粉を使用した。

【0035】

50

溶射方法としてはHVOF溶射法を採用した。下方溶射層21は図13に示すように、溝11の底面と一方の斜面をマスキング材4で覆い、他方の斜面上にこの斜面に対して図の角度で溶射ガンより溶射して形成した。対向する一方の斜面も同様に形成した。その後マスキング材を使用せず、底面に直角に溶射して上方溶射層22を形成したものである。下方溶射層21の成分組成は、アルミ合金38重量%と炭素鋼62重量%とからなっていた。一方、上方溶射層22の成分組成は、溶射材の成分組成に近いアルミ合金15重量%と炭素鋼85重量%とからなっていた。

【0036】

本実施例のトップリング溝3も実施例1のトップリング溝と同様、図12に示すように、相対向し深さ方向に延びる対向面31、32と底面33とで区画されている。対向面31、32は溶射材の堆積方向に延び、対向面31、32には各溶射材の薄い側面が堆積した状態で表出している。これに対して、底面33は溶射材が広がった方向と平行で、底面33には、溶射材が円板状に広がった状態で表出している。

10

【0037】

本実施例2のピストンでは、実施例1のピストンと同様に、このトップリング溝3の対向面31、32が溶射材の堆積断面となっている。すなわち、摺動面となる対向面31、32には、溶射により円板状に堆積する個々の溶射材の端面が表出している。このため対向面31、32に表出する一個の溶射材の面積は狭い。すなわち、対向面31、32はより多くの数の溶射材により形成されている。従って、これらの対向面31、32は特定の一個あるいは数個の溶射材の摩擦特性が現れにくく、全体の溶射材の平均した摩擦特性が現れる。このため、摩擦係数が安定する。

20

【0038】

また、個々の溶射材は対向面31、32に対して立つように配列している。すなわち、対向面31、32を形成する個々の溶射材の他端は対向面31、32より遠い内部に位置している。このため対向面31、32を形成する個々の溶射材は対向面31、32より脱落しにくい。このため脱落に起因する磨耗が少ない。また、対向面31、32に表出する一個の溶射材の面積が狭いため、摺動により作用する一個の溶射材への応力も小さくなる。このため一層溶射材の脱落が少なくなる。このため耐磨耗性が優れたものとなる。

【0039】

さらに、本実施例のピストンではそのトップリング溝3が形成されている上方溶射層22は下方溶射層21を介してピストン本体1に保持されている。この下方溶射層21を形成するアルミ合金成分は38重量%と上方溶射層22を形成するアルミ合金成分の15重量%より多く、ピストン本体1のアルミ合金と近い成分組成となっている。このため、ピストン本体1と下方溶射層21との親和性が高い。また、両者の熱膨張の差も少ない。下方溶射層21と上方溶射層22とは成分組成が異なるが元々同一の溶射材を用いて形成されたものであり、両者はより一体性が高い。このため上方溶射層22はピストン本体1より確実に保持されることになり、ピストン本体1と上方溶射層22との間に比較的大きな熱膨張の差がある場合でも、この差は下方溶射層21により緩和され、ピストン本体1と下方溶射層21および上方溶射層22との間に亀裂等の不都合が生じにくい。

30

【0040】

なお、参考までに、図13に示すように溶射面に対する溶射方向の角度を変えた時の実施例2で使用した溶射材の炭素鋼とアルミ合金の付着率の関係を図14に、得られる溶射層中のアルミ合金の組成との関係を図15に示す。

40

図14より、本実施例で使用した炭素鋼とアルミ材のように大きく熔融温度の異なる混粉を溶射材とする場合、溶射角度により付着率が異なる。このため、図15に示すように溶射で形成された溶射層中の成分組成が大きく変化する。

【0041】

付着率からの効率と溶射中の成分組成の変化の大きさから考え、下方溶射層を形成する第1溶射工程の溶射角度は15°~45°程度が好ましい。また当然に第2溶射工程の溶射角度は90°に近い角度が好ましい。

50

図16に本実施例2の変形例を示す。この変形例では、第1溶射工程で溶射方向を溝11の接線方向に溶射しつつ、ピストン-本体1を回転しながら溶射し、また、少しずつ溝11と垂直になるように溶射して溝11を形成する斜面および底面の全面に下方溶射層21を形成したものである。上方溶射層22は実施例2と同様に底面と垂直に溶射して形成した。トップリング溝3は上方溶射層22内に形成した。

【0042】

本変形例では、下方溶射層21が溝11に近い程アルミ合金の組成割合が高い傾斜材となっている。そして下方溶射層21と上方溶射層22との境界は実質的に存在しない程に一体化されている。従って本変形例はトップリング溝3を形成する上方溶射層22がより確実に溝11に保持されることになる。

10

実施例2では、溶融温度の異なる2種類以上の溶射粒子からなる溶射材を使用した。このような溶射材を使用し、溶射層形成面に対して斜め方向に溶射すると完全には溶解していない粒子が溶射層形成面に衝突しその形成面に補足されずに跳ね返って飛散するためと考えられる。従って溶融温度の異なる2種類以上の溶射粒子を使用し、溶射条件を適当に調節し一部の粒子が未溶融状態とし、溶射層形成面に斜め方向に溶射することにより、未溶融粒子の成分の付着率が悪くなる。このため得られる溶射層は未溶融粒子の成分の割合が少なくなる。

【0043】

なお、溶融温度の異なる2種類以上の溶射粒子とは、溶射条件で溶融温度が異なる事を意味する。具体的には、溶融点の異なる2種類以上の溶射粒子、粒子径が異なり、実質的に大きな径の粒子の中央部が未溶融となるような粒子径の異なる2種類以上の溶射粒子を言う。

20

なお、溶射材を構成する溶融温度の異なる2種類以上の溶射粒子として、目的に合わせ色々組み合わせることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1のピストンの先端部分の拡大断面図。

【図2】本発明の実施例1のピストンのトップリング溝を形成する過程を模式的に示す図

。

【図3】溶射材中の炭素量と溶射層の硬さの関係を示す線図。

【図4】溶射材中の炭化物添加量と溶射層磨耗量およびリング材磨耗量の関係を示す線図

30

。

【図5】LFW1磨耗試験を模式的に示す図。

【図6】溶射材へのアルミニウム合金添加量と形成された溶射層の研削刀具の磨耗量の関係を示す線図。

【図7】溶射材へのアルミニウム合金添加量と形成された溶射層の磨耗量の関係を示す線図。

【図8】従来の溶射層の摺動面と本発明の溶射層の摺動面とを模式的に示す拡大断面図。

【図9】従来の摺動面をもつ溶射層および本発明の摺動面をもつ溶射層の磨耗量を示す図

。

【図10】従来の摺動面をもつ溶射層および本発明の摺動面をもつ溶射層の凝着発生面積を示す図。

40

【図11】本発明の摺動面の欠陥の面積率と溶射層の磨耗量の関係を示す線図。

【図12】本発明の実施例2のピストンの先端部分の拡大断面図。

【図13】本発明の実施例2の第1溶射工程を示す拡大模式図。

【図14】混合粉を溶射材としたときの溶射角度と付着率の関係を示す線図。

【図15】混合粉を溶射材としたときの溶射角度と得られる溶射層中のアルミ合金の組成割合を示す線図。

【図16】本発明の実施例2の変形例のピストンの先端部分の拡大断面図。

【図17】従来技術のピストンのトップリング溝の形成を模式的に示す図。

【符号の説明】

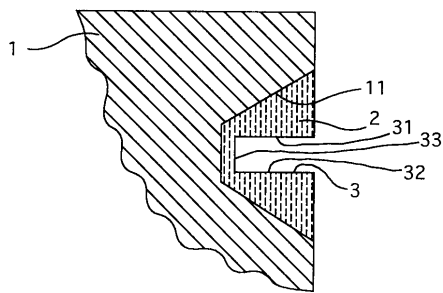
50

1 ピストン本体

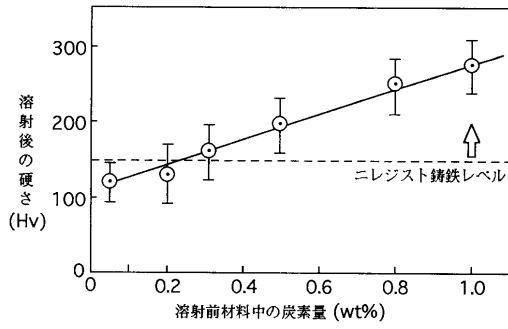
2 溶射層

3 トップリング溝

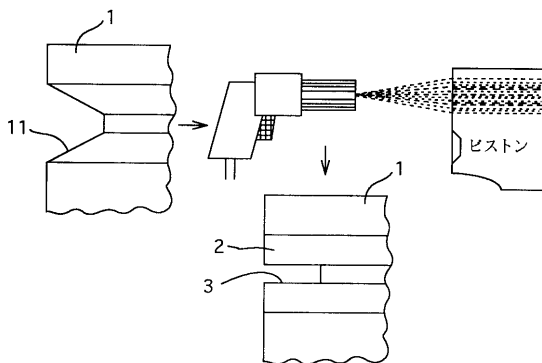
【図1】



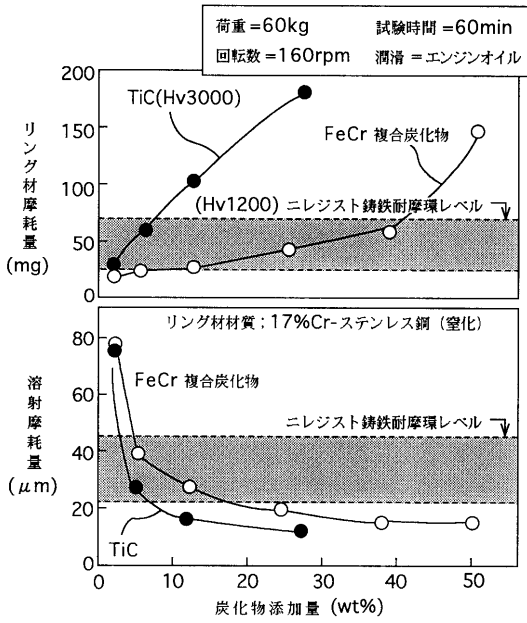
【図3】



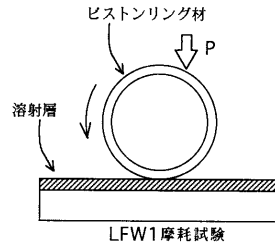
【図2】



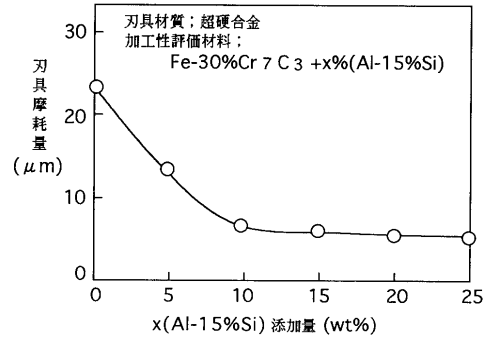
【 図 4 】



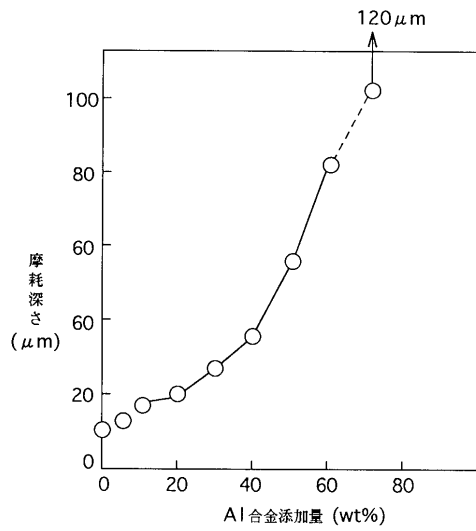
【 図 5 】



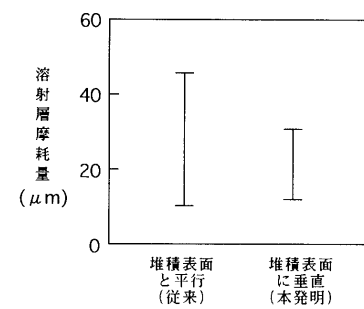
【 図 6 】



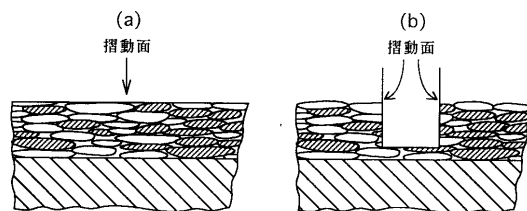
【 図 7 】



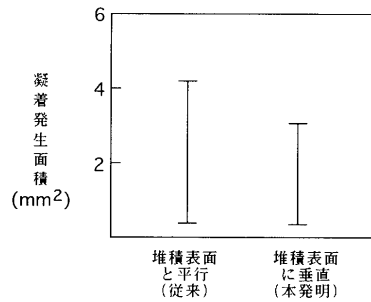
【 図 9 】



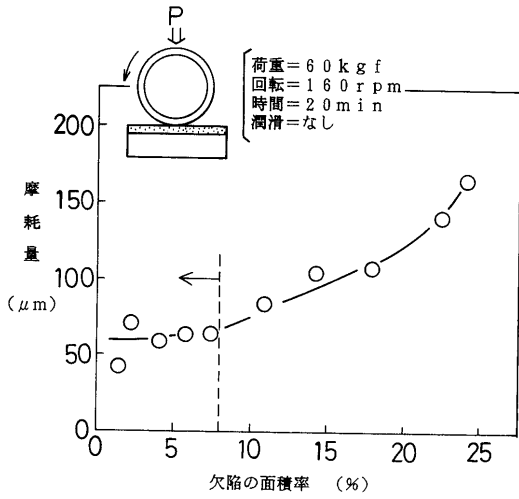
【 図 8 】



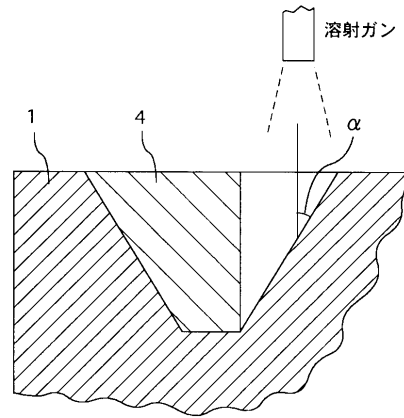
【 図 10 】



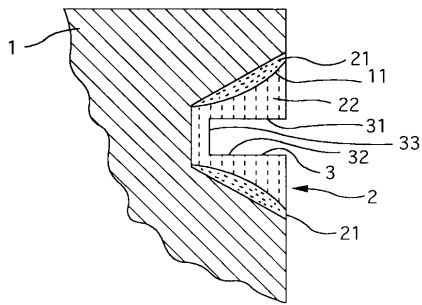
【 図 1 1 】



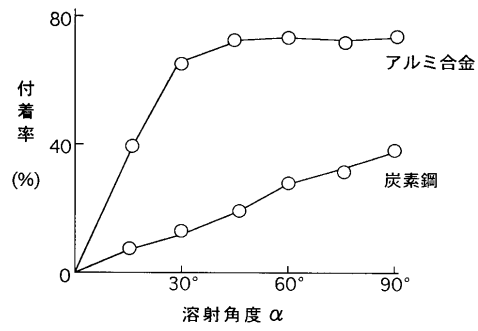
【 図 1 3 】



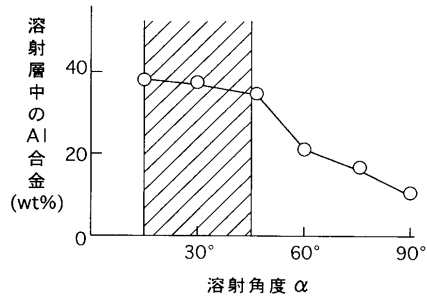
【 図 1 2 】



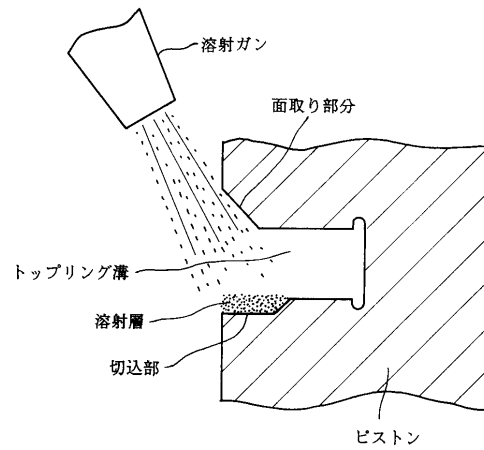
【 図 1 4 】



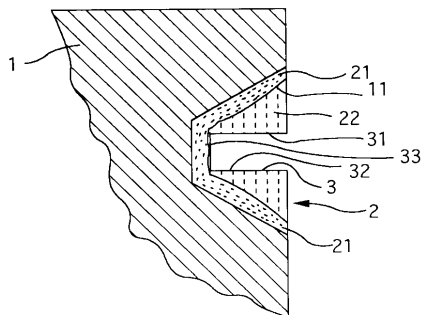
【 図 1 5 】



【 図 1 7 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷
F 1 6 J 9/00 F I
F 0 2 F 3/10 B
F 1 6 J 9/00 A

(72) 発明者 不破 良雄
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72) 発明者 斉藤 浩二
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

合議体

審判長 池田 正人
審判官 三崎 仁
審判官 市川 裕司

(56) 参考文献 特開昭61-166962(JP, A)
特開昭60-208468(JP, A)
特開昭50-26937(JP, A)
特開昭54-28239(JP, A)
実開平4-71650(JP, U)
特公昭50-4330(JP, B1)