

(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2004-69048

(P2004-69048A)

(43) 公開日 平成16年3月4日(2004.3.4)

(51) Int. Cl.⁷

F 1 6 J 9/26

C 2 3 C 4/04

C 2 3 C 28/04

F 0 2 F 5/00

F I

F 1 6 J 9/26

C 2 3 C 4/04

C 2 3 C 28/04

F 0 2 F 5/00

F 0 2 F 5/00

D

E

G

テーマコード(参考)

3 J 0 4 4

4 K 0 3 1

4 K 0 4 4

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-347950 (P2002-347950)

(22) 出願日 平成14年11月29日(2002.11.29)

(31) 優先権主張番号 特願2002-174022 (P2002-174022)

(32) 優先日 平成14年6月14日(2002.6.14)

(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000139023

株式会社リケン

東京都千代田区九段北1丁目13番5号

(74) 代理人 100080012

弁理士 高石 橋馬

(72) 発明者 井上 茂夫

新潟県柏崎市北斗町1-37 株式会社リ

ケン柏崎事業所内

(72) 発明者 酒井 靖志

新潟県柏崎市北斗町1-37 株式会社リ

ケン柏崎事業所内

Fターム(参考) 3J044 AA02 BA03 BB06 BB21 BB28

BB29 BC06 DA09

4K031 AA02 AB07 AB08 BA01 CB03

CB14 CB18 CB22 CB45 DA01

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ピストンリング及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】溶射皮膜の密着性、摺動特性及び耐久性に優れ、かつ良好なシール性及び耐側面摩耗性を有するピストンリング、並びにその製造方法を提供する。

【解決手段】本発明のピストンリングは、窒化鋼からなる母材を有し、前記母材の全面に窒化層が形成され、前記窒化層が形成された外周摺動面の全面に溶射皮膜が形成されたピストンリングであって、前記溶射皮膜は炭化クロム粒子とNi-Cr合金粒子からなることを特徴とする。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

窒化鋼からなる母材を有し、前記母材の全面に窒化層が形成され、前記窒化層が形成された外周摺動面の全面に溶射皮膜が形成されたピストンリングであって、前記溶射皮膜は炭化クロム粒子とNi-Cr合金粒子からなることを特徴とするピストンリング。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のピストンリングにおいて、前記溶射皮膜を構成する粒子の平均一次粒径が10 μm以下であり、前記溶射皮膜中の気孔率が5%未満であることを特徴とするピストンリング。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のピストンリングにおいて、前記溶射皮膜の面積率を100%としたときに前記溶射皮膜に含まれる前記炭化クロム粒子の面積率が40~80%、及び前記Ni-Cr合金粒子の面積率が20~60%であることを特徴とするピストンリング。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のピストンリングにおいて、前記窒化鋼がマルテンサイト系ステンレス鋼であることを特徴とするピストンリング。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のピストンリングにおいて、前記溶射皮膜が高速酸素火炎溶射又は高速空気火炎溶射により形成されたことを特徴とするピストンリング。

【請求項 6】

窒化鋼からなる母材と、炭化クロム粒子及びNi-Cr合金粒子からなる溶射皮膜を有するピストンリングの製造方法であって、(a) 前記母材をほぼ真円のリングに成形し、焼き入れ焼戻し処理を施し、(b) カム形状のリングに加工した後、前記リングの外周面にブラスト処理を施し、(c) 炭化クロム及びNi-Cr合金からなる造粒焼結粉を用い、前記外周面に高速フレイム溶射により溶射皮膜を形成し、(d) 前記リングの表面及び前記母材と前記溶射皮膜の界面に窒化処理を施し、(e) 最終形状に加工することを特徴とするピストンリングの製造方法。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のピストンリングの製造方法において、前記窒化処理の前に最終形状に近似した形状に加工することを特徴とするピストンリングの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、溶射皮膜を有し、耐外周摩耗性、ライナー攻撃性及び耐側面摩耗性に優れ、かつシール性が向上したピストンリング及びその製造方法に関する。

【0002】**【従来の技術】**

内燃機関の高出力化、高速化に伴い、ピストンリングの耐スカッフ性、耐摩耗性等の摺動特性を向上させるため、ピストンリングの外周摺動面にCrメッキ皮膜、多層Crメッキ皮膜、複合メッキ皮膜、溶射皮膜、窒化処理等の表面処理が施されるようになっている。特に、船用、発電機用等の大径のディーゼルエンジン用リングにおいては、製造の容易さから球状黒鉛鋳鉄母材に溶射皮膜を施したインレイドタイプのピストンリングが多く用いられている。例えば、特許文献1には母材を窒化処理したインレイドタイプの溶射ピストンリングが開示されている。

【0003】

しかしながら、インレイドタイプのピストンリングは外周中央部に溝を加工し、その部分に溶射層を成膜する構造になっているため、摺動時にリングが軸方向に傾いたとき外周面母材部分とスリーブ内面とが直接接触し焼付を起こすという問題があった。この対策として、外周面全体に溶射皮膜を形成するフルフェースタイプの溶射皮膜が考えられたが、溶射皮膜の密度不足からくる被加工性の悪さ、鋳鉄母材との密着性の悪さから、実用に耐え

10

20

30

40

50

得る溶射皮膜は得られていなかった。また母材として鋳鉄を用いる場合、近年の更なる高出力化、高速化の要求に対応しきれず側面摩耗が発生するという問題が生じていた。このため、母材として窒化鋼を用い、これに窒化処理を施すことにより側面摩耗を抑制する試みが行われている（例えば、特許文献2参照。）。

【0004】

ところが、窒化層を形成してから、その上に溶射皮膜を被覆しようとする、溶射前に行うブラスト処理によって窒化層に亀裂が発生し、溶射皮膜と亀裂の生じた窒化層との密着性が大幅に低下するという問題が発生した。そこで、予め外周環状溝底面に窒化防止用のめっきを施してから窒化処理を行い、その後溶射を行う方法が開示されている（例えば、特許文献3参照。）。しかし、この方法はメッキを外周環状溝部のみにしなければなら

10

【0005】

また溶射皮膜の原料として Cr_3C_2 及びNi-Cr合金からなる通常の混合粉を使用すると溶射原料粉は溶射により扁平状となる。このとき扁平状になるのは Cr_3C_2 及びNi-Cr合金からなる混合粉内のNi-Cr合金の部分だけであり、 Cr_3C_2 はそのま

20

【0006】

さらに製造方法においては、スチールリングでカム形状を作製する場合に、簡便性の観点からまず真円状のリングを成形し、その後合い口を切断し、切断部に合い口ピースをセットし熱処理によりカム形状を作る方法が採用されることが多かった。しかし、この方法では、熱処理温度をあまり高くできず、また溶射時及び窒化時の変形により目的とするカム形状が得られないという問題があった。このためピストンリングの真円度が悪化し、シ

30

【0007】

【特許文献1】

特開昭60-187741号公報

【特許文献2】

特開昭60-187741号公報

【特許文献3】

特開昭62-32266号公報

【特許文献4】

特開平11-71664号公報

40

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

従って本発明の目的は、溶射皮膜の密着性、摺動特性及び耐久性に優れ、かつ良好なシール性及び耐側面摩耗性を有するピストンリング、並びにその製造方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的に鑑み鋭意研究の結果、本発明者らは、ピストンリングの外周摺動面に高速フ

50

理によっても溶射皮膜に窒化による脆化が発生しないため、溶射皮膜の強度を保持したまま母材の全周及び母材と溶射皮膜の界面に窒化処理を施すことができ、溶射皮膜の密着性、摺動特性及び耐久性に優れ、かつ良好なシール性及び耐側面摩耗性を有するピストンリングが得られることを発見し、本発明に想到した。

【0010】

すなわち、本発明のピストンリングは、窒化鋼からなる母材を有し、前記母材の全面に窒化層が形成され、前記窒化層が形成された外周摺動面の全面に溶射皮膜が形成されたピストンリングであって、前記溶射皮膜は炭化クロム粒子とNi-Cr合金粒子からなることを特徴とする。窒化層は母材と溶射皮膜との界面を含む母材の全表面に形成されている。

【0011】

本発明の好ましい実施例では、溶射皮膜がピストンリングの外周全面に形成され、溶射皮膜を構成する粒子の平均一次粒径は10 μ m以下であり、皮膜中の気孔率は5%未満である。溶射皮膜の面積率を100%としたときに溶射皮膜に含まれる炭化クロム粒子の面積率は40~80%、及びNi-Cr合金粒子の面積率は20~60%であり、溶射皮膜は高速酸素火炎溶射又は高速空気火炎溶射により形成される。さらに窒化鋼はマルテンサイト系ステンレス鋼である。

【0012】

本発明のピストンリングの製造方法は、窒化鋼からなる母材と、炭化クロム粒子及びNi-Cr合金粒子からなる溶射皮膜を有するピストンリングの製造方法であって、(a) 前記母材をほぼ真円のリングに成形し、焼き入れ焼戻し処理を施し、(b) カム形状のリングに加工した後、前記リングの外周面にブラスト処理を施し、(c) 炭化クロム及びNi-Cr合金からなる造粒焼結粉を用いて前記外周面に高速フレイム溶射により溶射皮膜を形成し、(d) 前記リングの表面に窒化処理を施し、(e) 最終形状に加工することを特徴とする。上記製造方法において、窒化処理の前に、最終形状に近似した形状に加工しておいてもよい。

【0013】

【発明の実施の形態】

[1] ピストンリング

(A) 構造

本発明のピストンリングは、母材の全面に窒化層が形成されており、外周部の焼付を防止する観点から、窒化層が形成された外周摺動面の全面に溶射皮膜が形成されている。溶射皮膜が形成されたピストンリングの外周形状は、外周研磨で作製可能な形状であればパレルフエース形状、偏心パレルフエース形状、テーパ形状等いかなる形状であってもよい。

【0014】

(B) 母材

母材は、窒化処理を前提とするため窒化鋼であることが必要である。窒化鋼であればどの鋼種であってもよいが、窒化後の窒化層の摺動特性は組織中に存在する窒化鋼の硬質粒子により影響されるため、摺動特性がよい鋼種が好ましく、マルテンサイト系ステンレス鋼(SUS440A、SUS440B、SUS440C、SUS440F等)が特に好ましい。

【0015】

(C) 溶射皮膜

溶射皮膜は炭化クロム粒子とNi-Cr合金粒子からなる。皮膜を構成する粒子の平均一次粒径は10 μ m以下であるのが好ましく、5 μ m以下であるのが特に好ましい。平均一次粒子径が10 μ mを超えると、摺動中に起こる皮膜粒子の脱落による面荒れが顕著になり、スカッフや摩耗を生じやすい。さらに脱落した粒子自身の相手攻撃性が高く、スカッフや摩耗を助長することとなる。平均一次粒子径が10 μ m以下であると、粒子が脱落しても摺動面は平滑であり脱落粒子による相手攻撃性が少ないため、スカッフや摩耗が生じにくくなる。

10

20

30

40

50

【0016】

溶射皮膜の気孔率は5%以下であるのが好ましく、3%以下であるのがより好ましい。摺動時に気孔が粒子脱落の発生箇所になるため、気孔率が5%を超えると摩耗が増大する。さらに、窒化処理を行う際に窒化処理の化学種(窒素等)が溶射皮膜中に浸透し、溶射皮膜を脆化してしまい、スカッフ特性や摩耗特性を劣化させる。気孔率が5%以下であれば、窒素等は溶射皮膜内部に浸透しないため、溶射皮膜の脆化も皮膜表面及び母材と溶射皮膜の界面のみとなる。この皮膜表面の脆化部分は最終加工で除去できるため、窒化による脆化の影響を受けることがない。また、母材と溶射皮膜の界面付近の脆化部分は外部に露出することがなく、摺動特性に悪影響を及ぼすことはない。また、窒化による母材の膨張によりアンカー効果が増すため、溶射皮膜は母材に強固に固定される。そのため、母材と溶射皮膜の界面密着性を増すことが可能となる。

10

【0017】

溶射皮膜の面積率を100%としたときに溶射皮膜に含まれる炭化クロム粒子の面積率は40~80%であり、Ni-Cr合金粒子の面積率は20~60%であるのが好ましい。炭化クロムが面積率で40%未満であるとNi-Cr合金成分が多くなるため、凝着摩耗を起こして相手材を多く摩耗させてしまう。また80%を超えると、炭化クロム成分が多過ぎるためNi-Cr合金が炭化クロムを保持することができなくなり、炭化クロム粒子が多く脱落し、結果としてアプレシブ摩耗を起こして相手材を多く摩耗させてしまう。

【0018】

[2] 製造方法

20

(A) 熱処理

母材をほぼ真円のリングに成形した後、焼き入れ焼戻し処理を施す。焼き入れ焼戻し処理は、リングを1020~1040で90~110分保持した後窒素ガス冷却して焼き入れを行い、次いでリングを625~645で80~100分保持した後油冷して焼戻しを行う。焼き入れ焼戻し処理を施すことにより靱性が向上し、理論形状に非常に近いカム形状に加工することができる。次に溶射時と窒化時の熱変形を見越してリング内外のカム形状加工を行い、リングの一部を切断して合い口隙間Sを設け、図1に示すように呼称径 d_1 と二軸差($d_2 - d_3$)を設けてカム形状を有する粗加工のピストンリングを作製する。

【0019】

30

(B) 表面処理

溶射皮膜を形成する前にピストンリングの外周面にブラスト処理、研磨処理等の表面処理を施す。表面処理後の表面粗さは $Rz \geq 25 \mu m$ 以上が好ましく、30~50 μm がより好ましい。これにより、溶融粒子が母材の凸部に衝突した際に、凸部が局部溶融を起こして合金化しやすくなり、また機械的にも溶融粒子の凝固収縮応力によるアンカー効果が生じて皮膜の接着が強固となる。表面処理は公知の方法を用いてよく、ショットブラスト等のブラスト処理を用いるのが好ましい。

【0020】

(C) 皮膜形成

溶射皮膜は炭化クロム粉末とNi-Cr合金粉末からなる造粒焼結粉を用いて高速フレーム溶射より形成する。微細な粒子からなる皮膜を形成するためには、溶射用の原料粉として造粒焼結粉を使用することが必要である。造粒焼結粉を使用すると、炭化クロム粒子の周囲をNi-Cr合金粒子が取り囲んだ非常に微細で、かつ均一な組織を溶射皮膜全体にわたって形成することができる。従って、通常の混合粉末を原料とした場合のように溶射後に粒子が扁平状になることがなく、大きなNi-Cr合金のみからなる領域を生じることがない。このため摺動時に皮膜組織がヤスリ状になることがなく、ライナーを大きく摩耗させることがない。

40

【0021】

造粒焼結粉は原料となる微粉末にバインダーを加え、造粒、焼結したものである。炭化クロム粉末は、 Cr_2C 、 Cr_3C_2 、 Cr_7C_3 及び $Cr_{23}C_6$ をそれぞれ単独で使用

50

してもよいし、2種以上を混合して使用してもよい。Ni-Cr合金粉末はNi/Crの質量比が40/60~80/20のものを用いるのが好ましい。バインダーは特に限定されないが、ポリビニルアルコール(PVA)等を用いるのが好ましい。微細な炭化クロム粒子を形成するため造粒焼結粉の平均二次粒径は5~50 μ mが好ましい。

【0022】

造粒焼結粉の製造方法は公知の方法を用いてよく、例えば原料微粉末にバインダーを添加し、造粒装置により目的とする粒度の粉末にした後これを焼結し、バインダーを蒸発、燃焼等させることにより得ることができる。溶射皮膜中の炭化クロムの面積率を上記範囲内にするため、原料微粉末の混合比を炭化クロム粒子/Ni-Cr合金粉末の質量比で40/60~80/20とするのが好ましい。バインダーの添加量は原料微粉末100質量部に対し、7~20質量部が好ましい。7質量部未満ではバインダー効果が小さく焼結性が不良となり、十分な結合強度が得られず溶射中に炭化クロム粒子とNi-Cr合金粒子が分離する。その結果均一な炭化クロム組織を得ることができない。また20質量部を超えると焼結時に軟化しやすく粒子の形状を保持することができない。また、焼結後の造粒焼結粉にカーボンが残留し、溶射皮膜に悪い影響を与える。

10

【0023】

造粒工程は、スプレードライ造粒、圧縮造粒、解砕造粒等、公知の方法を用いてよく、2種以上の方法を併用してもよい。得られた造粒物を所望の粒度に分級した後焼結するか、焼結した後所望の粒度に分級することにより造粒焼結粉を得ることができる。焼結温度は作製する造粒焼結粉により適宜設定してよい。造粒焼結粉は製造段階で焼結するため1次粒子相互の結合力が向上する。この造粒焼結粉を溶射材料として用いると、溶射中に炭化クロム粒子とNi-Cr合金粒子の分離が発生しないため、微細で、かつ均一な組織が得られる。また造粒された粒子形状は球状化するので粉末の流動性も良くなる。

20

【0024】

溶射は高速フレイム溶射により行う。なかでも高速酸素火炎(HVOF)溶射又は高速空気火炎(HVAF)溶射により行うのが好ましい。高速フレイム溶射を用いることにより平均一次粒子径が10 μ m以下、気孔率5%以下の微細で緻密な皮膜を形成することができる。

【0025】

(D) 窒化処理

溶射皮膜を形成した後窒化処理を行うことによりピストンリングの表面、及び母材と溶射皮膜との界面に窒化層を形成する。溶射皮膜形成後、研磨加工等により最終形状に近い形まで加工し、次いで窒化処理を行ってもよい。窒化処理はガス窒化、プラズマ窒化、塩浴窒化、浸硫窒化、イオン窒化等、窒化鋼に適用できるいずれの方法を用いてもよい。窒化層の形成によりピストンリング表面の硬度を高めることができる。高速フレイム溶射により形成した溶射皮膜部分は組織が緻密であるため、窒化処理の化学種が皮膜内部に浸透することがない。このため、溶射皮膜が窒化処理により劣化することがない。また、母材と溶射皮膜の界面には側面から窒化処理の化学種が浸透し、母材と溶射皮膜界面も窒化される。これにより溶射時の溶融粒子の凝固収縮応力に加え、窒化による母材の体積膨張によってもアンカー効果が強化され、界面密着性の良好な溶射皮膜被覆構造が得られる。

30

40

【0026】

(E) 仕上げ加工

窒化処理を行ったピストンリングを、さらに側面仕上げ加工、外周研磨仕上げ加工、スキトリ仕上げ加工等を行い最終形状に成形する。これらの工程により窒化層表面の白層(化合物層)及び溶射皮膜表面の脆化層を除去する。これにより硬くて脆い白層が欠け落ちてアブレイブ摩耗を引き起こすのを防止することができる。

【0027】

【実施例】

本発明を以下の実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明はそれらに限定されるものではない。

50

【0028】

実施例 1

ピストンリングの材料としてSUS440Cを用いた。表1に使用した材料の化学分析値を示す。まず材料を外径320 mm、内径284 mmの円筒形に成形し、次いで成形体を1030 で100分保持した後窒素ガス冷却して焼き入れを行った。焼き入れ後、635 で90分保持した後油冷して焼戻しを行った。次に長径316 mm、短径310 mmのカム形状に内外周を同時に粗加工した後、6 mmの幅で突っ切り加工を行いカム形状のリングを得た。得られたリングの一部を切断し、合口部を有する粗加工のピストンリングを作製した。得られたピストンリング4本を治具内に積み重ね、合口部を閉じた状態で側面方向から締め付けた後、ピストンリングの外周全面にブラスト処理を行った。ブラスト処理は#30のアルミナ系粉末をブラスト材として使い、5 kg/cm²の空気圧で表面粗さがRz25 μm以上となるようにピストンリングの外周面に吹きかけて行った。

10

【0029】

次に、Cr₃C₂粉末75質量%及びNi-Cr合金粉末(Ni/Crの質量比=80/20)25質量%からなる原料微粉末100質量部にバインダーとしてポリビニルアルコール(PVA)を15質量部加えてスプレードライ造粒、分級し、800 で焼結して表2に示す組成の造粒焼結粉を作製した。造粒焼結粉の粒度は325メッシュアンダーであった。得られた造粒焼結粉を用い、ダイヤモンドジェットガン(SULZER METCO社製)によりピストンリングの外周全面に溶射した。溶射条件はワーク回転数30 rpm、ガン移動速度15 mm/分、溶射距離185 mm、パス回数60パス(30往復)、及び空冷で行い、膜厚300 μmの溶射皮膜を形成した。次に570 で6時間ガス窒化を行った。さらに、粗研磨及び仕上研磨を行い、呼称径300 mmの最終形状のピストンリングを作製した。得られたピストンリングは、外周角部においてもカケ、剥離等の皮膜欠陥がなく、十分にピストンリングとしての機能を満足するものであった。さらに得られたピストンリングの真円度を300 mmのリングゲージに入れて測定したところ、真円度は平均4 μmであり良好な当たり性を示した。

20

【0030】

【表1】

母材の組成(wt%)							硬度(HB)
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	
1.02	0.19	0.39	0.21	0.01	16.2	0.37	229

30

【0031】

【表2】

		実施例1及び比較例1	比較例2
原料粉	粉末組成	Cr ₃ C ₂ 75 wt% Ni 20 wt% Cr 5 wt%	Cr ₃ C ₂ 75 wt% Ni 20 wt% Cr 5 wt%
	粉末形態	造粒焼結粉	混合粉
	二次粒子径	10~40 μm	15~45 μm
溶射装置		SULZER METCO社製 ダイヤモンドジェットガン	SULZER METCO社製 ダイヤモンドジェットガン

40

【0032】

比較例 1

50

実施例 1 と同様にして粗加工のピストンリングを作製し、ピストンリングの外周全面にブラスト処理を行った。次に表 2 に示すように溶射原料粉として実施例 1 及び比較例 1 と同じ造粒焼結粉を用い、ダイヤモンドジェットガン (S U L Z E R M E T C O 社製) によりピストンリングの外周全面に溶射した。溶射条件は実施例 1 と同様にし、得られた溶射皮膜の膜厚は 3 0 0 μ m であった。次に、ガス窒化を行わずに粗研磨及び仕上研磨を行い、呼称径 3 0 0 m m の最終形状のピストンリングを作製した。

【 0 0 3 3 】

比較例 2

実施例 1 と同様にして粗加工のピストンリングを作製し、ピストンリングの外周全面にブラスト処理を行った。次に表 2 に示すように溶射原料粉として実施例 1 の造粒焼結粉と同じ組成の混合粉を用い、ダイヤモンドジェットガン (S U L Z E R M E T C O 社製) によりピストンリングの外周全面に溶射した。溶射条件はワーク回転数 3 0 r p m、ガン移動速度 1 5 m m / 分、溶射距離 1 8 5 m m、パス回数 6 0 パス (3 0 往復)、及び空冷で行った。得られた溶射皮膜の膜厚は 2 8 0 μ m であった。次に、実施例 1 と同様にガス窒化を行った後、粗研磨及び仕上研磨を行い、呼称径 3 0 0 m m の最終形状のピストンリングを作製した。

10

【 0 0 3 4 】

(評価)

図 2 及び図 3 は実施例 1 及び比較例 1 のピストンリング断面を腐食液 (マーブル液) で腐食させ、光学顕微鏡で観察した写真である。図 2 に示すように、実施例 1 のピストンリングは側面及び溶射皮膜と母材の界面に、黒色に腐食された窒化層が観察される。これに対し、図 3 に示すように比較例 1 のピストンリングは窒化を行っていないため、腐食部分が観察されない。

20

【 0 0 3 5 】

図 4 はツイスト試験方法を示す。ツイスト試験は、作製したピストンリングの合口隙間 1 a をそれぞれ反対方向に開くことで合口反対側 1 b に捻りを加え、溶射皮膜の剥離を生じさせる試験である。表 3 にツイスト試験の結果を示す。表中のツイスト角度とは、剥離が生じた際のピストンリングの開き角度を意味する。実施例 1 のピストンリングは 9 0 ° まで開いても、合口反対側 1 b に剥離や亀裂等は生じなかった。それに対し、比較例 1 のピストンリングは、7 8 ° で合口反対側 1 b に溶射皮膜の剥離が生じた。以上より実施例 1 のピストンリングは、側面及び母材と溶射皮膜の界面に窒化層が形成されているため、皮膜の密着性に優れ、かつ側面摩耗の少ないピストンリングであるといえる。

30

【 0 0 3 6 】

【表 3】

	ツイスト角度
実施例 1	90° 以上
比較例 1	79°

【 0 0 3 7 】

図 5 及び図 6 は溶射皮膜の組織を示す電子顕微鏡写真である。図 5 に示すように実施例 1 の溶射皮膜は微小な粒子により形成され、平均一次粒径が 5 μ m 以下、気孔率が 3 . 0 % であった。これに対し、図 6 に示すように比較例 2 の溶射皮膜は粗大な粒子により形成され、平均一次粒径が 1 0 μ m 以上、気孔率が 5 . 4 % であった。比較例 2 の溶射皮膜は気孔率が大きいことから、窒素が皮膜内に浸透し窒化による皮膜の脆化が見られた。

40

【 0 0 3 8 】

図 7 は摩耗試験方法を示す。作製したピストンリングからテストピース 1 1 を切り出し、テストピース 1 1 の外周面 (溶射皮膜形成面) が F C 2 5 0 ディスク 1 2 に接するようにセットした。次に最大ヘルツ応力がシリンダーの最大爆発圧 2 5 M P a に相当するように荷重をかけてテストピース 1 1 を F C 2 5 0 ディスク 1 2 に押し付け、摺動速度 0 . 5 m

50

／秒、潤滑油供給量 0.5 cc / 分（使用潤滑油：スピンドル油 # 10）、摺動時間 4 時間で摩耗試験を行った。表 4 に摺動試験の結果を示す。表中の摩耗面積とは摩耗試験後のテストピース外周面に観察される摺動痕の面積を意味し、ディスク摩耗深さとは摩耗試験後にディスクに観察される摺動痕の深さを意味する。実施例 1 のテストピースは比較例 2 のテストピースに比較し、摩耗面積は約半分であり、ディスク摩耗深さは 1 / 10 以下であった。また摩耗試験後の摺動面を走査電子顕微鏡（SEM）により観察した結果を図 8 及び図 9 に示す。図 8 に示すように実施例 1 の摺動面が平滑であるのに対し、図 9 に示すように比較例 2 の摺動面は荒れが大きく、摩耗が進行していることがわかる。以上から実施例 1 のピストンリングは気孔率が低く、かつ微細な組織を有する溶射皮膜を外周摺動面に有し、摺動特性に優れたピストンリングであるといえる。

10

【0039】

【表 4】

	摩耗面積 (mm ²)	ディスク摩耗深さ(μm)
実施例 1	4.61	0.5
比較例 2	9.24	6.3

【0040】

【発明の効果】

20

上記の通り、本発明のピストンリングは外周摺動面に溶射皮膜が形成され、側面及び溶射皮膜と母材の界面に窒化処理が施されている。そのため、側面の耐摩耗性に優れ、溶射皮膜の母材への密着性が良好である。また皮膜の気孔率が 5 % 以下、かつ 1 次粒子径が平均 10 μm 以下であり、溶射皮膜内部には窒化層が形成されていないので溶射皮膜の脆化が無く、密着性及び摺動性に優れ、相手攻撃性が少なく、かつシール性が良好である。これらの特性により、本発明のピストンリングは高負荷エンジン用のピストンリングに適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】カム形状に加工されたピストンリングの概略図を示す。

【図 2】ガス窒化を行った実施例 1 のピストンリング断面の光学顕微鏡写真（× 50）である。

30

【図 3】ガス窒化を行わなかった比較例 1 のピストンリング断面の光学顕微鏡写真（× 50）である。

【図 4】ピストンリングのツイスト試験方法を示す概略図である。

【図 5】造粒焼結粉を用いて形成した実施例 1 の溶射皮膜の電子顕微鏡写真（× 1000）である。

【図 6】混合粉を用いて形成した比較例 2 の溶射皮膜の電子顕微鏡写真（× 1000）である。

【図 7】ピストンリングの摩耗試験方法を示す概略図である。

【図 8】実施例 1 の溶射皮膜の摩耗試験後の摺動面の走査電子顕微鏡（SEM）写真（× 1000）である。

40

【図 9】比較例 2 の溶射皮膜の摩耗試験後の摺動面の走査電子顕微鏡（SEM）写真（× 1000）である。

【符号の説明】

1・・・ピストンリング

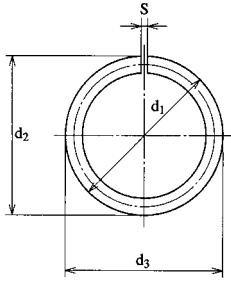
1a・・・合口隙間

1b・・・合口反対側

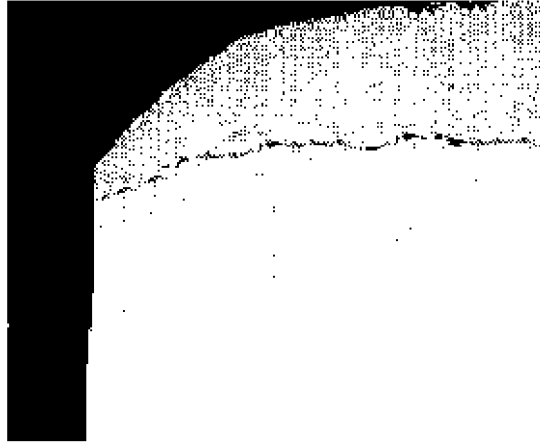
11・・・テストピース

12・・・FC250ディスク

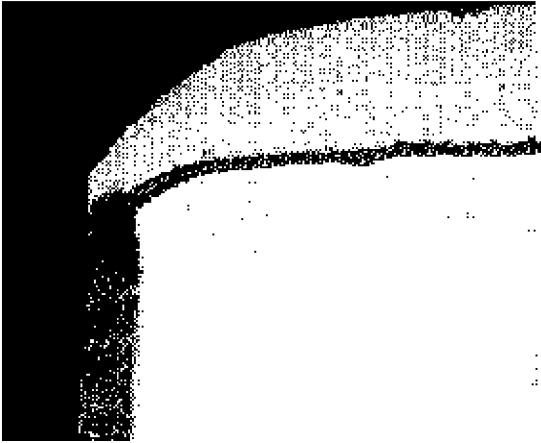
【 図 1 】



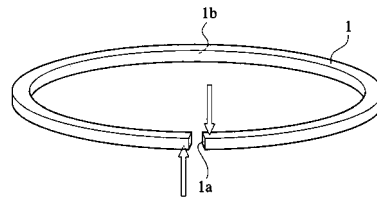
【 図 3 】



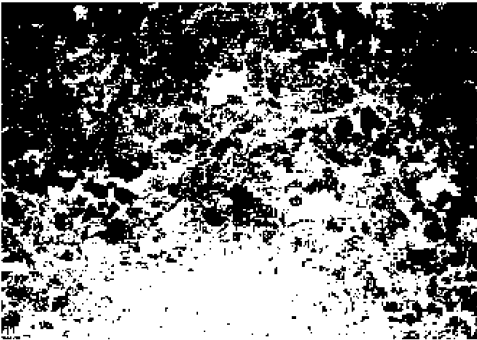
【 図 2 】



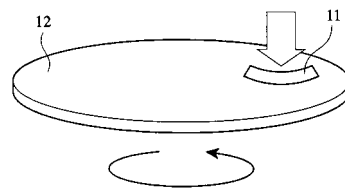
【 図 4 】



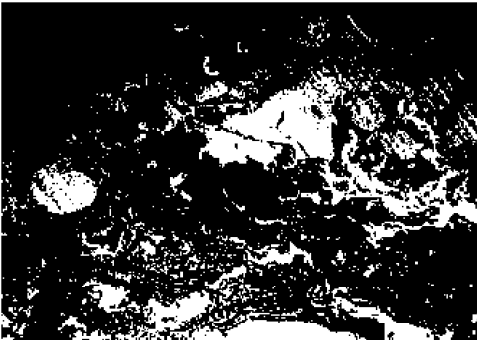
【 図 5 】



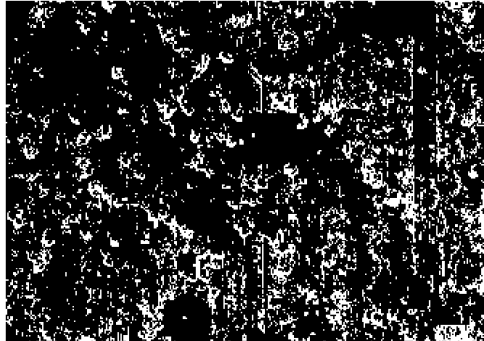
【 図 7 】



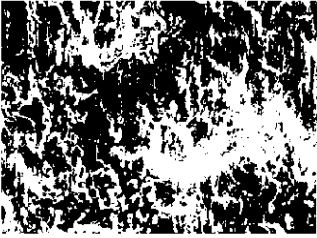
【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード(参考)

F 0 2 F 5/00

N

Fターム(参考) 4K044 AA03 AB10 BA02 BA06 BA18 BB03 BC01 BC04 CA07 CA11
CA12 CA53