

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5828575号
(P5828575)

(45) 発行日 平成27年12月9日 (2015. 12. 9)

(24) 登録日 平成27年10月30日 (2015. 10. 30)

(51) Int. Cl.

F I

C 2 2 C 38/00 (2006. 01)
 C 2 1 D 6/00 (2006. 01)
 C 2 1 D 9/40 (2006. 01)
 C 2 2 C 38/18 (2006. 01)
 C 2 2 C 38/54 (2006. 01)

C 2 2 C 38/00 3 0 1 Z
 C 2 1 D 6/00 D
 C 2 1 D 9/40 A
 C 2 2 C 38/18
 C 2 2 C 38/54

請求項の数 7 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-317984 (P2008-317984)
 (22) 出願日 平成20年12月15日 (2008. 12. 15)
 (65) 公開番号 特開2009-235561 (P2009-235561A)
 (43) 公開日 平成21年10月15日 (2009. 10. 15)
 審査請求日 平成23年8月29日 (2011. 8. 29)
 審判番号 不服2014-10195 (P2014-10195/J1)
 審判請求日 平成26年6月2日 (2014. 6. 2)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-53078 (P2008-53078)
 (32) 優先日 平成20年3月4日 (2008. 3. 4)
 (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
 (73) 特許権者 390022806
 日本ピストンリング株式会社
 埼玉県さいたま市中央区本町東五丁目12
 番10号
 (74) 代理人 100102141
 弁理士 的場 基憲
 (72) 発明者 小川 隼平
 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
 (72) 発明者 近藤 隆明
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ピストンリング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量比で、C : 0 . 2 5 ~ 0 . 9 0 %、S i : 0 . 1 0 % 以上 0 . 4 0 % 以下、M n : 0 . 6 0 ~ 1 . 5 0 %、P : 0 . 0 1 ~ 0 . 0 5 %、C r : 0 . 5 0 ~ 2 . 0 0 % を含有し、残部が F e 及び不可避免的不純物であって、C、S i、M n 及び C r の含有量に基づいて、次式 (1) 及び (2) から算出されるパラメータ A 及び B の値がそれぞれ 9 . 0 以下及び 1 4 . 0 以上である調質鋼から成り、

焼入れ焼戻し後の硬さが 3 2 H R C 以上、熱伝導率が 3 6 W / m ・ K 以上であることを特徴とするピストンリング。

$$A = 8 . 8 S i + 1 . 6 M n + 1 . 7 C r \quad \cdots (1)$$

$$B = 3 . 6 C + 4 . 2 S i + 3 . 8 M n + 4 . 5 C r \quad \cdots (2)$$

【請求項 2】

質量比で、C : 0 . 2 5 ~ 0 . 9 0 %、S i : 0 . 1 0 % 以上 0 . 4 0 % 以下、M n : 0 . 6 0 ~ 1 . 5 0 %、P : 0 . 0 1 ~ 0 . 0 5 %、C r : 0 . 5 0 ~ 2 . 0 0 % と共に、N i : 0 . 4 0 ~ 2 . 5 0 % 及び B : 0 . 0 0 1 0 ~ 0 . 0 0 3 0 % の一方又は両方を含有し、残部が F e 及び不可避免的不純物であって、C、S i、M n 及び C r の含有量に基づいて、次式 (1) 及び (2) から算出されるパラメータ A 及び B の値がそれぞれ 9 . 0 以下及び 1 4 . 0 以上である調質鋼から成り、

焼入れ焼戻し後の硬さが 3 2 H R C 以上、熱伝導率が 3 6 W / m ・ K 以上であることを特徴とするピストンリング。

10

20

$$A = 8.8 Si + 1.6 Mn + 1.7 Cr \quad \cdots \quad (1)$$

$$B = 36 C + 4.2 Si + 3.8 Mn + 4.5 Cr \quad \cdots \quad (2)$$

【請求項 3】

質量比で、C：0.25～0.90%、Si：0.10%以上0.40%以下、Mn：0.60～1.50%、P：0.01～0.05%、Cr：0.50～2.00%と共に、Mo：0.1～0.2%、V：0.05～0.40%、Nb：0.01～0.06%及びTi：0.01～0.06%から成る群より選ばれた少なくとも1種と、Ni：0.40～2.50%及びB：0.0010～0.0030%の一方又は両方を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物であって、C、Si、Mn及びCrの含有量に基づいて、次式(1)及び(2)から算出されるパラメータA及びBの値がそれぞれ9.0以下及び14.0以上である調質鋼から成り、

10

焼入れ焼戻し後の硬さが32HRC以上、熱伝導率が36W/m・K以上であることを特徴とするピストンリング。

$$A = 8.8 Si + 1.6 Mn + 1.7 Cr \quad \cdots \quad (1)$$

$$B = 36 C + 4.2 Si + 3.8 Mn + 4.5 Cr \quad \cdots \quad (2)$$

【請求項 4】

上下面及び/又は内周面の十点平均粗さRzが0.8～3.2μmであることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つの項に記載のピストンリング。

【請求項 5】

硬質クロムメッキ、硬質セラミックス及び硬質炭素から成る群から選ばれた少なくとも1種の硬質皮膜層を少なくとも外周面に備えていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1つの項に記載のピストンリング。

20

【請求項 6】

外周面、内周及び上下面に窒化処理が施してあることを特徴とする請求項1～4のいずれか1つの項に記載のピストンリング。

【請求項 7】

上下面及び/又は内周面に、酸化処理、化成処理、樹脂コート又は硬質炭素皮膜が施してあることを特徴とする請求項1～4のいずれか1つの項に記載のピストンリング。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、例えば自動車用エンジンなどの内燃機関において、ピストンに取り付けられるピストンリングに係わり、熱伝導性と耐熱へたり性に優れた調質鋼によって構成され、特にトップリングやセカンドリングとして好適に用いられるピストンリングに関するものである。

【背景技術】

【0002】

自動車用エンジン等の内燃機関用ピストンリングが持つべき機能としては、ガスシール機能と、オイルコントロール機能が挙げられる。

これらの機能を維持するために、内燃機関用ピストンリングには、耐摩耗性、耐スカッフィング性、耐熱へたり性、高疲労強度が求められる。

40

【0003】

そこで、内燃機関用ピストンリングのうち、ピストンの頂部から離れた位置に取り付けられ、比較的緩やかな温度環境で使用されるセカンドリングに関しては、片状黒鉛鋳鉄材料が使用されている。

一方、ピストン頂部の直下位置に取り付けられるトップリングについては、300という高温環境下に曝される。したがって、従来は、耐熱へたり性を維持し、上記した機能に対する不良を発生させないために、例えば、Si、Mn、Cr等の元素を多量に添加して、耐熱へたり性を向上させた鋼が開発され、使用されている(特許文献1)。

【特許文献1】特開2001-294989号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、燃費を向上させるために、エンジンの圧縮比を上げることが求められており、必然的に燃焼室内はより高温の環境になる。

そこで、内燃機関用ピストンリング材には、ピストンへの入熱をボアへ逃がし、燃焼室温度を下げて、ノッキングの発生を回避する機能、つまり伝熱機能と、より高温環境下で耐えるための耐熱へたり性が求められる。

【0005】

このような中で、内燃機関用ピストンのセカンドリング向けピストンリングでは、従来の片状黒鉛鋳鉄では耐熱へたり性が不足し、オイルコントロール機能が失活し、エンジンオイル消費が増大してしまうという問題が生じた。

【0006】

一方、トップリング向けピストンリングについては、JIS G 3561（弁ばね用オイルテンパー線）に規定されるSWOCV-Vに代表される耐熱バネ材料、あるいは、JIS G 4308（ステンレス鋼線材）に規定されるSUS440Cに代表されるマルテンサイト系ステンレス鋼を使用している。

しかし、耐熱へたり性を確保するために多量添加されたSiが熱伝導率を大きく低下させてしまい、内燃機関用ピストンリングに求められる機能である伝熱機能（ピストンへの入熱をボアへ逃がし、燃焼室温度を下げてノッキングの発生を回避する機能）を損ない、燃費の悪化をもたらしていた。

【0007】

本発明は、このような従来技術の問題点に着目してなされたものであって、その目的とするところは、熱伝導性と耐熱へたり性に優れ、オイルリングやセカンドリングとして適用可能なピストンリングと、さらに優れた耐熱へたり性を備え、トップリングとしても適用可能なピストンリングを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者らは、上記課題を解決すべく、リング素材鋼の成分組成や表面処理、熱処理条件等について鋭意検討を重ねた結果、C、Si、Mn、Crの適正成分範囲と共に、熱伝導率や耐熱へたり性に及ぼすこれら成分の相互関係を見出し、本発明を完成するに至った。

【0009】

本発明は上記知見に基づくものであって、本発明のピストンリングは、質量比で、C：0.25～0.90%、Si：0.10%以上0.40%以下、Mn：0.60～1.50%、P：0.01～0.05%、Cr：0.50～2.00%を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物であって、C、Si、Mn及びCrの含有量に基づいて、式(1)： $A = 8.8Si + 1.6Mn + 1.7Cr$ 及び式(2)： $B = 36C + 4.2Si + 3.8Mn + 4.5Cr$ から算出されるA及びBの値がそれぞれ9.0以下及び14.0以上である調質鋼から成り、焼入れ焼戻し後の硬さが32HRC以上、熱伝導率が36W/m・K以上であることを特徴とする。

また、本発明の他のピストンリングは、質量比で、C：0.25～0.90%、Si：0.10%以上0.40%以下、Mn：0.60～1.50%、P：0.01～0.05%、Cr：0.50～2.00%と共に、Ni：0.40～2.50%及びB：0.0010～0.0030%の一方又は両方を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物であって、C、Si、Mn及びCrの含有量に基づいて、上記式(1)及び(2)から算出されるA及びBの値がそれぞれ9.0以下及び14.0以上である調質鋼から成り、焼入れ焼戻し後の硬さが32HRC以上、熱伝導率が36W/m・K以上であることを特徴とする。

更に、本発明の更に他のピストンリングは、質量比で、C：0.25～0.90%、Si：0.10%以上0.40%以下、Mn：0.60～1.50%、P：0.01～0.

10

20

30

40

50

0.5%、Cr: 0.50~2.00%と共に、Mo: 0.1~0.2%、V: 0.05~0.40%、Nb: 0.01~0.06%及びTi: 0.01~0.06%から成る群より選ばれた少なくとも1種と、Ni: 0.40~2.50%及びB: 0.0010~0.0030%の一方又は両方を含有し、残部がFe及び不可避的不純物であって、C、Si、Mn及びCrの含有量に基づいて、上記式(1)及び(2)から算出されるA及びBの値がそれぞれ9.0以下及び14.0以上である調質鋼から成り、焼入れ焼戻し後の硬さが32HRC以上、熱伝導率が36W/m・K以上であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、質量比で、C: 0.25~0.90%、Si: 0.10%以上0.40%以下、Mn: 0.60~1.50%、P: 0.01~0.05%、Cr: 0.50~2.00%を含有し、残部がFe及び不可避的不純物であって、C、Si、Mn及びCrの含有量に基づいて、式(1): $A = 8.8Si + 1.6Mn + 1.7Cr$ 及び式(2): $B = 36C + 4.2Si + 3.8Mn + 4.5Cr$ から算出されるA及びBの値がそれぞれ9.0以下及び14.0以上である調質鋼から成り、焼入れ焼戻し後の硬さが32HRC以上、熱伝導率が36W/m・K以上であるものとしたから、又は質量比で、C: 0.25~0.90%、Si: 0.10%以上0.40%以下、Mn: 0.60~1.50%、P: 0.01~0.05%、Cr: 0.50~2.00%と共に、Ni: 0.40~2.50%及びB: 0.0010~0.0030%の一方又は両方を含有し、残部がFe及び不可避的不純物であって、C、Si、Mn及びCrの含有量に基づいて、上記式(1)及び(2)から算出されるA及びBの値がそれぞれ9.0以下及び14.0以上である調質鋼から成り、焼入れ焼戻し後の硬さが32HRC以上、熱伝導率が36W/m・K以上であるものとしたから、優れた耐熱へたり性と熱伝導率を備えたピストンリングを提供することができる。

また、特にトップリングとしての適用が可能なものとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明のピストンリングについて、各合金成分の作用及びその数値限定理由と共に、さらに詳細に説明する。なお、本明細書において「%」は、特記しない限り、質量百分率を意味するものとする。

【0014】

本発明は、C、Si、Mn、Crの適正成分範囲と共に、熱伝導率や調質後の硬さに及ぼすこれら成分の相互関係や、耐熱へたり性に及ぼす硬さの影響を見出したことに基づくものである。

すなわち、本発明のピストンリングは、上記したように、質量比で、C: 0.25~0.90%、Si: 0.10%以上0.40%以下、Mn: 0.60~1.50%、P: 0.01~0.05%、Cr: 0.50~2.00%を含有し、残部がFe及び不可避的不純物であって、C、Si、Mn及びCrの含有量に基づいて、式(1): $A = 8.8Si + 1.6Mn + 1.7Cr$ 及び式(2): $B = 36C + 4.2Si + 3.8Mn + 4.5Cr$ から算出されるA及びBの値がそれぞれ9.0以下及び14.0以上である調質鋼から成り、焼入れ焼戻し後の硬さが32HRC以上、熱伝導率が36W/m・K以上であるもの、又は質量比で、C: 0.25~0.90%、Si: 0.10%以上0.40%以下

10

20

30

40

50

、Mn：0.60～1.50%、P：0.01～0.05%、Cr：0.50～2.00%と共に、Ni：0.40～2.50%及びB：0.0010～0.0030%の一方又は両方を含有し、残部がFe及び不可避的不純物であって、C、Si、Mn及びCrの含有量に基づいて、上記式(1)及び(2)から算出されるA及びBの値がそれぞれ9.0以下及び14.0以上である調質鋼から成り、焼入れ焼戻し後の硬さが32HRC以上、熱伝導率が36W/m・K以上であるもの、又は質量比で、C：0.25～0.90%、Si：0.10%以上0.40%以下、Mn：0.60～1.50%、P：0.01～0.05%、Cr：0.50～2.00%と共に、Mo：0.1～0.2%、V：0.05～0.40%、Nb：0.01～0.06%及びTi：0.01～0.06%から成る群より選ばれた少なくとも1種と、Ni：0.40～2.50%及びB：0.0010～0.0030%の一方又は両方を含有し、残部がFe及び不可避的不純物であって、C、Si、Mn及びCrの含有量に基づいて、上記式(1)及び(2)から算出されるA及びBの値がそれぞれ9.0以下及び14.0以上である調質鋼から成り、焼入れ焼戻し後の硬さが32HRC以上、熱伝導率が36W/m・K以上であるものである。

10

【0015】

したがって、耐熱バネ材料やマルテンサイト系ステンレス鋼から成る従来のリングに較べて、優れた熱伝導性と同等の耐熱へたり性を備え、特に、トップリングとしての適用が可能なピストンリングを提供することができる。

なお、トップリングに適用可能な高強度ピストンリングをセカンドリングやオイルリングとして使用することは何ら差し支えない。

20

【0016】

以下に、本発明における各成分元素の作用と共に、その数値限定理由について説明する。

【0017】

C：0.20～0.90%

Cは、調質後の耐熱へたり性を確保するのに有効な元素であり、このような効果を得るためには0.20%以上含有することが必要である。しかし、多すぎると焼割れが発生するので0.90%以下に抑える必要がある。

一方、より熱環境が厳しい、トップリング向けのピストンリングについては、耐熱へたり性をより向上させるために、Cの下限値を0.25%とすることが望ましい。

30

【0018】

Si：0.10%以上、0.60%未満

Siは、鋼の溶製時において、脱酸作用及び脱硫作用を有していると共に、固溶強化することにより耐熱へたり性を向上させる効果があり、こういった効果を得るためには、0.10%以上の添加が必要となる。しかし、多量の添加は熱伝導性及び加工性を悪化させるので0.60%未満とすることが必要である。

一方、シリンダーボアへの排熱量をより大きくすることが望まれるトップリング向けのピストンリングについては、熱伝導性の悪化を抑えるため、Si含有量の上限値を0.40%とすることが望ましい。

40

【0019】

Mn：0.20～1.50%

Mnは、鋼溶製時の脱酸剤として有効であると共に、調質後の強度を確保するのに有効な元素であり、このような効果を得るには0.20%以上の添加が必要となる。しかしながら、多量に添加すると焼き割れが生じることから、1.50%以下とする。

なお、熱環境条件がより厳しいトップリング向けには、調質後の強度を高めるために、その下限値を0.60%とすることが望ましい。

【0020】

Cr：0.30～2.00%

Crは、焼戻し軟化抵抗を向上させる元素であり、調質後の強度を確保するのに有効な元素である。こうした効果を得るには0.30%以上の添加が必要となるが、多量に添加

50

すると価格増となってしまうため、2.00%以下とした。

なお、より熱環境の厳しい条件で使用されるトップリング向けのピストンリングに関しては、調質後の強度を高めるために、その下限値を0.50%とすることが望ましい。

【0021】

P: 0.01 ~ 0.05%

Pは、通常、不純物とされる元素であるが、鋼中のフェライトに固溶して硬さや引張り強さを増す。このような効果を得るためには0.01%以上の添加が必要となるが、多量に存在することによって加工性を悪化させるため、0.05%以内で添加することが必要となる。常温での延性を低下し、加工の時の割れを生じないように、0.03%以下が好ましい。

10

【0022】

Mo: 0.1 ~ 0.4%

V: 0.05 ~ 0.40%

Nb: 0.01 ~ 0.06%

Ti: 0.01 ~ 0.06%

これら元素は、いずれも焼戻し軟化抵抗を改善する作用を有するので、必要に応じてこれら元素をそれぞれ上記範囲内で単独、あるいは2種以上を任意に組み合わせて添加することができる。

【0023】

すなわち、Moは、Crと複合添加することで、安定な複炭化物を生成して、焼戻し軟化抵抗を改善する。このような効果を得るためには0.1%以上の添加が必要となるが、多量に添加すると価格増となることから、上限値を0.4%とした。

20

また、Vは、鋼材中のC及びNと安定な炭窒化物をつくり、焼戻し軟化抵抗を改善する。このような効果を得るためには0.05%以上の添加が必要となるが、多量に添加すると、価格増となってしまうため、その上限値を0.40%とした。

【0024】

Nbも、鋼材中のC及びNと安定な炭窒化物をつくり、焼戻し軟化抵抗を改善する。こうした効果を得るためには0.01%以上の添加が必要となる一方、多量に添加すると、価格増となってしまうことから、添加するとしても0.06%以下とすることが必要となる。

30

また、Tiは、鋼材中のNと安定な複炭化物を生成し、焼戻し軟化抵抗を改善する。そして、このような効果を得るためには0.01%以上の添加が必要となる。しかし、多量に添加すると、価格増となるため、その上限値を0.06%とした。

【0025】

Ni: 0.40 ~ 2.50%

B: 0.0010 ~ 0.0030%

Ni及びBは、いずれも焼き入れ性を改善し、調質鋼としての硬さを増すのに有効な元素であるから、必要に応じてこれら元素の一方、又は双方をそれぞれ上記範囲内で添加することができる。

【0026】

40

すなわち、Niは、添加により焼き入れ性を増す効果を発揮する。このような効果を得るためには0.40%以上の添加が必要となるが、多量に添加すると、価格増となってしまうので、2.5%以下の範囲内とした。

また、Bも焼き入れ性改善に有効であるが、0.0010%以上添加しないと所望の効果が得られない。一方、その添加量が0.0030%を超えた場合には、加工性が劣化するため、この値を上限値とした。なお、本発明の材料については、不可避免的不純物として、Cuが0.03%以下、Sは0.035%以下含まれていてもかまわない。

【0027】

内燃機関用ピストンのセカンドリング向けピストンリングに関しては、上記範囲の成分組成を満足すると共に、下記(1)式に基づいて算出されるパラメータAの値が9.0以

50

下となるようにすることによって、 $36 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上の熱伝導率が得られ、従来の片状黒鉛鑄鉄製のピストンリングに対して、同等の熱伝導性が確保される。

$$A = 8.8 \text{ Si} + 1.6 \text{ Mn} + 1.7 \text{ Cr} \quad \dots \quad (1)$$

【0028】

さらに下記(2)式に基づいて算出されるパラメータBの値が10.8以上となるようにすることによって、焼入焼戻し後の硬さが26HRC以上となり、耐熱へたり性を30%以上向上させることができ、セカンドリングとして必要な強度、耐熱へたり性を確保して、部品の信頼性が向上する。

$$B = 36 \text{ C} + 4.2 \text{ Si} + 3.8 \text{ Mn} + 4.5 \text{ Cr} \quad \dots \quad (2)$$

【0029】

なお、上記(1)式及び(2)式は、熱伝導率及び焼入れ焼戻し硬度に及ぼす合金成分の作用として、C、Si、Mn及びCr含有量の影響を鋭意検討し、重回帰分析によりそれぞれ求めたものである。

【0030】

一方、内燃機関用ピストンのトップリング向けピストンリングに関しては、上記範囲の成分組成を有し、上記(1)式に基づいて算出されるパラメータAの値が9.0以下となるようにすることによって、同様に $36 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上の熱伝導率を確保することができ、従来のマルテンサイト系ステンレス鋼製のピストンリングに対し、1.4倍以上の熱伝導性が確保される。これにより、トップリングによる熱引きがもたらされ、0.2%以上の燃費向上効果が得られる。Aの値は、7以下であることがさらに好ましい。

【0031】

さらに上記(2)式に基づいて算出されるパラメータBの値が14.0以上となるようにすることによって、焼入焼戻し後(調質後)の母材硬さが32HRC以上を満足するようになり、トップリングとしての強度と、所望の耐熱へたり性が確保され、部品の信頼性が得られる。

【0032】

本発明のピストンリングにおいては、抗力、疲労強度などの機械的強度向上のために、調質、すなわち焼入れ焼戻しを実施する。この時の焼入れ温度を800以上とすることによって、完全焼入れ組織を得ることができ、焼戻し温度を350以上とすることにより、使用中の組織変化による強度低下を防止することができる。

【0033】

また、本発明のピストンリングには、耐スカuffing性、耐摩耗性を確保するために、少なくともその外周面に、硬質クロムメッキ、硬質セラミックス及び硬質炭素の少なくとも1種から成る皮膜を施してもよい。さらに、同様の目的で、その内外周面及び上下面に窒化処理を施すことができる。

そして、耐食性を確保するために、上下面又は内周面、あるいはその両方に、酸化処理、化成処理、樹脂コート又は硬質炭素皮膜を施してもよい。

外周摺動面に硬質皮膜を形成しても、あるいは上下面に化成処理による皮膜を形成しても、ピストンリングの熱伝導率は、形成皮膜の影響をほとんど受けず、材料の組成による影響が大きい。

【0034】

本発明のピストンリングにおいては、接触面における熱伝導性を向上させ、アルミニウム合金製ピストンに適用した場合のアルミ凝着性を改善する観点から、上下面又は内周面、あるいはその両方の表面粗さ、すなわち十点平均粗さRzを0.8~3.2 μm とすることが好ましい。なお、ここで言う十点平均粗さRzとは、JIS B 0601(1994)による規定に基づくものである。

また、上記表面粗さRzとしては、1.0~2.4 μm 、さらには1.0~2.0 μm とすることがより好ましい。

【0035】

このとき、上記した酸化処理、化成処理、樹脂コート、硬質皮膜等は、耐食性、耐摩耗

10

20

30

40

50

性、耐スカフティング性などを向上させるが、これらの表面処理に併せて、上記のような表面粗さに設定することができる。

また、このような表面処理を施さなくても、十点平均表面粗さを上記範囲とすれば、熱伝導性の向上効果によって、優れた耐スカフティング性を得ることができる。

【0036】

本発明のピストンリングにおいて、上下面及びノ又は内周面の表面粗さを上記範囲とするのは、 $0.8\mu\text{m}$ 未満の R_z とするには加工コストが上昇するのに対して、効果がそれ以上ほとんど向上しないことによる。一方、表面粗さ R_z が $3.2\mu\text{m}$ を超えると、ピストンリングとしてのシール性が損なわれる傾向があることによる。

【実施例】

【0037】

以下、本発明を実施例及び比較例に基づいて、さらに詳述するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0038】

〔ピストンリングの作製〕

表1、表2、表3に示す化学組成を有する合計47種類の合金鋼（実施例及び参考例36種、比較例11種）をそれぞれ冷間で線引きした後、焼入温度 900°C 、焼戻し温度 400°C の焼入れ焼戻し処理を施し、 $1.2 \times 2.5\text{mm}$ の矩形断面を有する線材を得た。次いで、この線材を 78mm のボア径に合うようにリング状に成形し、合口となる部分を切削した。

【0039】

そして、 350°C の温度下で1.5時間の歪取り熱処理を実施した後、外周加工を行い、外周面F_oに硬質クロムめっきを施した（実施例1、実施例2、参考例3、実施例4、実施例5、参考例6～参考例9、比較例1～11）。また、Cr-N系（皮膜組成-単位質量%： $95.2\% \text{Cr}$ 、 $1.0\% \text{Cr}_2\text{N}$ 、 $3.8\% \text{Cr}$ ）より成るPVD皮膜を形成した（実施例10、実施例11、参考例12、実施例13、実施例14、参考例15～参考例18）。さらに、その上に、硬質炭素皮膜（ダイヤモンドライクカーボン（DLC）皮膜）を形成した（実施例19、実施例20、参考例21、実施例22、実施例23、参考例24～参考例27）。

その後、仕上げ加工を実施し、上下面F_u、F_lに四三酸化鉄皮膜を施し、図1（a）及び（b）に示すような内燃機関用ピストンリングRを完成させた。

なお、各種表面処理前のリング上下面及び内周面については、十点平均粗さ R_z で $1.3 \sim 2.2\mu\text{m}$ の範囲内となるように研磨した。

【0040】

次に、上記のように作製した発明例及び比較例に係わるそれぞれのピストンリングについて、ロックウェル硬度（Cスケール）を測定して、 400°C 焼戻し硬さを調査すると共に、レーザーフラッシュ法により熱伝導率を測定した。さらに、これらピストンリングを用いて、以下の要領により、エンジン性能試験及び耐熱へたり試験を実施した。これらの結果を表1及び2に示す。

【0041】

〔エンジン性能試験〕

直列4気筒エンジンを用い、全気筒のトップリング溝に上記各ピストンリングを装着して、アイドル $\sim 5500\text{rpm}$ という条件の下に、30時間連続運転を実施し、現行エンジンで多用されているSUS440C（熱伝導率： $25.2\text{W/m}\cdot\text{K}$ ）に窒化処理を施したトップリングを使用した場合を基準として、燃費向上率を算出した。

【0042】

〔耐熱へたり試験〕

JIS B 8032-5に基づき、図2に示すように、ボア径 78mm のスリーブS内に、上記により得られた各ピストンリングRを挿入した後、 300°C の温度に3時間保持した場合における加熱前後の張力減退率を測定した。

10

20

30

40

50

耐熱へたり性の評価基準としては、セカンドリング向けピストンリングに関しては、現行の片状黒鉛鋳鉄製リングの張力低下基準 12 % 以下に対し、30 % 以上の耐熱へたり性向上効果を得るために、張力低下基準を 8 . 0 % 以下とした。また、トップリング向けピストンリングについては、現状のスチールリングに関する J I S 規格 (B 8 0 3 2 - 5) は張力減退率が 8 % 以下となっているのに対し、より厳しい熱環境に耐えるべく張力低下基準を 7 . 5 % 以下とした。

【 0 0 4 3 】

【表 1】

区分	化学成分						パラメータ		硬さ (HRC)	熱伝導率 (W/m K)	燃費向 上率 (%)	張力減 退率 (%)	備考
	C	Si	Mn	P	Cr	Mo	Ni	A	B				
実施例 1	0.56	0.25	0.80	0.03	0.80	—	—	4.84	27.85	42.3	0.227	4.93	OK
実施例 2	0.40	0.35	1.00	0.01	1.80	—	—	7.44	27.77	37.3	0.207	4.91	OK
参考例 3	0.40	0.20	0.75	0.02	0.80	0.2	—	4.32	21.69	43.6	0.232	6.09	OK
実施例 4	0.58	0.40	1.45	0.01	1.50	—	—	8.39	34.82	36.5	0.203	3.54	OK
実施例 5	0.40	0.40	1.00	0.02	1.00	—	—	6.82	24.38	38.6	0.213	5.58	OK
参考例 6	0.24	0.10	0.60	0.01	0.50	—	—	2.69	13.59	49.3	0.248	7.58	OK
参考例 7	0.23	0.30	0.55	0.02	0.50	—	—	4.37	13.88	43.4	0.231	7.53	OK
参考例 8	0.28	0.15	0.30	0.01	0.45	—	—	2.57	13.88	50.0	0.250	7.53	OK
参考例 9	0.22	0.20	0.25	0.03	0.30	—	—	2.67	11.06	49.2	0.248	7.95	OK
比較例 1	0.19	0.28	0.20	0.01	0.27	—	—	3.24	10.00	45.8	0.237	8.03	強度 NG
比較例 2	1.00	0.30	1.00	0.01	1.00	—	—	5.94	45.56	40.1	0.219	1.94	焼割れ発生
比較例 3	0.60	0.50	1.00	0.01	2.00	—	—	9.40	36.50	35.5	0.197	3.35	熱伝導 NG
比較例 4	0.60	0.70	1.00	0.01	1.00	—	—	9.46	32.84	35.0	0.195	4.04	熱伝導, 加工性 NG
比較例 5	0.21	0.15	0.19	0.01	0.30	—	—	2.13	10.26	53.4	0.256	8.09	強度 NG
比較例 6	0.60	0.30	1.60	0.01	1.00	—	—	6.90	33.44	38.5	0.212	3.94	焼割れ発生
比較例 7	0.21	0.20	0.26	0.01	0.25	—	—	2.60	10.51	49.8	0.249	8.04	強度 NG
比較例 8	0.54	1.45	0.70	0.01	0.70	—	—	15.1	31.34	31.4	0.159	4.31	熱伝導 NG
比較例 9	0.90	0.64	1.50	0.01	2.05	—	—	11.5	50.00	34.0	0.187	1.33	熱伝導 NG
比較例 10	0.20	0.10	0.20	0.01	0.20	—	—	1.54	9.28	56.1	0.248	8.22	強度 NG
比較例 11	0.85	1.00	1.00	0.01	17.00	—	0.60	39.3	115.1	21.0	0.000	0.60	熱伝導 NG

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

【表 2】

区 分	化 学 成 分						パラメータ		硬さ (HRC)	熱伝導率 (W/m K)	燃費向 上率(%)	張力減 退率(%)	備 考
	C	Si	Mn	P	Cr	Mo	Ni	A	B				
実施例 10	0.56	0.25	0.80	0.03	0.80	—	—	4.84	27.85	45.9	0.227	4.93	OK
実施例 11	0.40	0.35	1.00	0.01	1.80	—	—	7.44	27.77	45.8	0.207	4.91	OK
参考例 12	0.40	0.20	0.75	0.02	0.80	0.2	—	4.32	21.69	40.6	0.232	6.09	OK
実施例 13	0.58	0.40	1.45	0.01	1.50	—	—	8.39	34.82	51.0	0.203	3.54	OK
実施例 14	0.40	0.40	1.00	0.02	1.00	—	—	6.82	24.38	43.1	0.213	5.58	OK
参考例 15	0.24	0.10	0.60	0.01	0.50	—	—	2.69	13.59	30.8	0.248	7.58	OK
参考例 16	0.23	0.30	0.55	0.02	0.50	—	—	4.37	13.88	31.3	0.231	7.53	OK
参考例 17	0.28	0.15	0.30	0.01	0.45	—	—	2.57	13.88	31.3	0.250	7.53	OK
参考例 18	0.22	0.20	0.25	0.03	0.30	—	—	2.67	11.06	26.4	0.248	7.95	OK
実施例 19	0.56	0.25	0.80	0.03	0.80	—	—	4.84	27.85	45.9	0.227	4.93	OK
実施例 20	0.40	0.35	1.00	0.01	1.80	—	—	7.44	27.77	45.8	0.207	4.91	OK
参考例 21	0.40	0.20	0.75	0.02	0.80	0.2	—	4.32	21.69	40.6	0.232	6.09	OK
実施例 22	0.58	0.40	1.45	0.01	1.50	—	—	8.39	34.82	51.0	0.203	3.54	OK
実施例 23	0.40	0.40	1.00	0.02	1.00	—	—	6.82	24.38	43.1	0.213	5.58	OK
参考例 24	0.24	0.10	0.60	0.01	0.50	—	—	2.69	13.59	30.8	0.248	7.58	OK
参考例 25	0.23	0.30	0.55	0.02	0.50	—	—	4.37	13.88	31.3	0.231	7.53	OK
参考例 26	0.28	0.15	0.30	0.01	0.45	—	—	2.57	13.88	31.3	0.250	7.53	OK
参考例 27	0.22	0.20	0.25	0.03	0.30	—	—	2.67	11.06	26.4	0.248	7.95	OK

【 0 0 4 5 】

また、Si、Mn及びCr含有量から、(1)式により算出されるパラメーターAと熱伝導率の関係を図3に、熱伝導率とエンジン性能試験により得られた燃費向上率の関係を図4にそれぞれ示す。

図4から、ピストンリング材料の熱伝導率と燃費向上率の間には相関が認められ、0 .

10

20

30

40

50

20%以上の燃費向上を図るためには、 $36\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の熱伝導率が必要であることがわかる。

【0046】

さらに、図3からは、パラメーターAと熱伝導率の間にも相関があり、パラメーターAを9.0以下とすることによって、 $36\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の熱伝導率が得られることが判る。すなわち、パラメーターAを9.00以下にすることによって、0.20%以上の燃費向上率を得られることが分かる。

【0047】

また、C、Si、Mn及びCr含有量に基づいて(2)式から算出されるパラメーターBと400 焼戻し硬さの関係を図5に、400 焼戻し硬さと耐熱へたり試験で得られた張力減退率の関係を図6に示す。

10

これらの図から明らかなように、パラメーターBと400 焼戻し硬さの間、ピストンリング材料の400 焼戻し硬さと張力減退率の間にはそれぞれ相関が認められた。

【0048】

すなわち、図6からは、セカンドリング材料としての張力減退率を狙いの8.0%以下とするためには、400 焼戻し硬さを26HRC以上とすることが必要であることが分かる。

一方、張力減退率をトップリング材料としての狙いである7.5%以下にするためには、400 焼戻し硬さを32HRC以上とすることが必要であることが同様に分かる。

【0049】

20

そして、図5から、セカンドリング材料として必要な400 焼戻し硬さを26HRC以上にするには、パラメーターBを10.8以上とすることが必要なことが分かる。一方、トップリング材料として必要な400 焼戻し硬さを32HRC以上にするには、パラメーターBを14.0以上とすることが必要なことが分かる。

つまり、セカンドリングに関してはパラメーターBを10.8以上とすることによって、張力減退率8.0%以下にすることが可能であり、トップリングに関してはパラメーターBを14.0以上とすることにより、張力減退率7.5%以下にすることが可能である。

【0050】

(実施例28、参考例29、参考例30、実施例31、参考例32、参考例33、実施例34～36)

30

表1に示した実施例5の合金鋼(0.40%C-0.40%Si-1.00%Mn-0.02%P-1.00%Cr)をベースとして、当該ベース鋼に、Mo、V、Ni、Nb、Ti、P及びBを単独添加、又は複合添加した合計7種類の合金鋼を作製し、同様の手順でピストンリングを作製した。そして、同様に400 焼戻し硬さを測定すると共に、同様の耐熱へたり試験を実施して、張力減退率を求めた。表面処理はPVDとした。

その結果は表3に示すように、ベース鋼に較べて、いずれも硬度が向上し、これらの合金添加が耐熱へたり性の向上に寄与することが確認された。

【0051】

【表 3】

区 分	化 学 成 分											パラメータ		硬さ (HRC)	張力減 退率(%)	備 考
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ni	Nb	Ti	P	B	A	B			
実施例 28					—	—	—	—	—	0.01	—			43.1	5.58	硬度改善
参考例 29					0.20	—	—	—	—	0.03	—			49.2	4.08	硬度改善
参考例 30					—	0.25	—	—	—	0.01	—			48.3	4.32	硬度改善
実施例 31					—	—	1.0	—	—	0.01	—			45.6	5.01	硬度改善
参考例 32					—	—	—	0.03	—	0.01	—			48.3	4.32	硬度改善
参考例 33	0.40	0.40	1.00	1.00	—	—	—	—	0.03	0.01	—	6.82	24.38	47.1	4.63	硬度改善
実施例 34					—	—	—	—	—	0.02	—			45.3	5.24	硬度改善
実施例 35					—	—	—	—	0.02	0.01	0.0030			49.1	4.11	硬度改善
実施例 36					0.11	0.05	0.5	0.02	0.02	0.02	0.0010			51.2	3.20	硬度改善

【 0 0 5 2 】

(実施例 3 7 ~ 4 6 、 比較例 1 2 ~ 1 6)

表 1 に示した実施例 1 の合金鋼 (0 . 5 6 % C - 0 . 2 5 % S i - 0 . 8 0 % M n - 0 . 0 3 % P - 0 . 8 0 % C r) 及び比較例 8 の合金鋼 (0 . 5 4 % C - 1 . 4 5 % S i -

10

20

30

40

50

0.70% Mn - 0.01% P - 0.70% Cr) を用いて同様に作製したピストンリングを AC8A 材から成るピストンに装着した場合のアルミ凝着性について、リングの表面粗さによる影響を調査した。

【0053】

すなわち、上記合金鋼をそれぞれ冷間線引きした後、同様の焼入れ焼戻し処理して線材とし、リング状に成形して、同様の歪取り熱処理の後、外周加工と共に、上下面及び内周面を研磨し、その十点平均粗さ Rz が $0.8\mu\text{m} \sim 3.2\mu\text{m}$ となるように仕上げた。

次いで、加熱した強アルカリ性塩浴液に浸漬し、四三酸化鉄皮膜を形成し手それぞれ実施例及び比較例のピストンリングを得た(実施例 37 ~ 41、比較例 12 ~ 16)。また、化成処理膜のないもの、すなわち上下面及び内周面の粗さのみを変化させ、四三酸化鉄皮膜処理を行わないピストンリングをも準備した(実施例 42 ~ 46)。

10

【0054】

上記各ピストンリングについて、特開 2008 - 76132 号公報に記載の摩耗試験装置を用いて、上記ピストンリング(実施例 37 ~ 46、比較例 12 ~ 16)に対し、ピストン相当部の上端面温度を 150 前後となるように行った。各リングがアルミニウム合金製ピストンに凝着するまでの時間を調査した。

その結果を表 4 に示す。なお、表 4 においては、比較例 14 の凝着にいたる時間を「1」とした場合の相対値で示した。

【0055】

【表 4】

区 分	化 学 成 分 (%)					表面粗さRz (μm)	四三酸化鉄 処理の有無	アルミ凝着 発生時間比
	C	Si	Mn	P	Cr			
実施例 3 7	0.56	0.25	0.80	0.03	0.80	0.8	あり	1.7
実施例 3 8						1.2	あり	1.6
実施例 3 9						1.6	あり	1.5
実施例 4 0						2.4	あり	1.2
実施例 4 1						3.2	あり	1.0
実施例 4 2						0.8	なし	1.7
実施例 4 3						1.2	なし	1.6
実施例 4 4						1.6	なし	1.5
実施例 4 5						2.4	なし	1.2
実施例 4 6						3.2	なし	1.0
比較例 1 2	0.54	1.45	0.70	0.01	0.70	0.8	あり	1.2
比較例 1 3						1.2	あり	1.1
比較例 1 4						1.6	あり	1.0
比較例 1 5						2.4	あり	0.8
比較例 1 6						3.2	あり	0.6

【 0 0 5 6 】

表 4 から明らかなように、比較例 1 4 ($Rz = 1.6 \mu\text{m}$) に対して、 Rz が $3.2 \mu\text{m}$ の実施例 4 1 が同等の結果を示し、表面粗さが同じ場合、所定の化学成分を有する実施例の耐凝着性が比較例よりも優れることが確認された。

また、表面粗さがさらに細かい実施例 3 7 ~ 4 0 においては、表面粗さと向上と共に耐凝着性が改善されることが判明された。また、実施例 4 1 ~ 4 6 の結果と比較すると、表面処理の有無に関わらず、表面粗さを細かくすることによる効果が確認された。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 7 】

【図 1】本発明のピストンリングの形状例を示す平面図 (a) 及び部分断面図 (b) であ

る。

【図 2】本発明の実施例における耐熱へたり試験の要領を示す説明図である。

【図 3】パラメータ A と熱伝導率の関係を示すグラフである。

【図 4】ピストンリング材料の熱伝導率と燃費向上率の関係を示すグラフである。

【図 5】パラメータ B と 400 焼戻し硬さの関係を示すグラフである。

【図 6】400 焼戻し硬さと耐熱へたり試験後の張力減退率の関係を示すグラフである

。

【符号の説明】

【 0 0 5 8 】

R ピストンリング

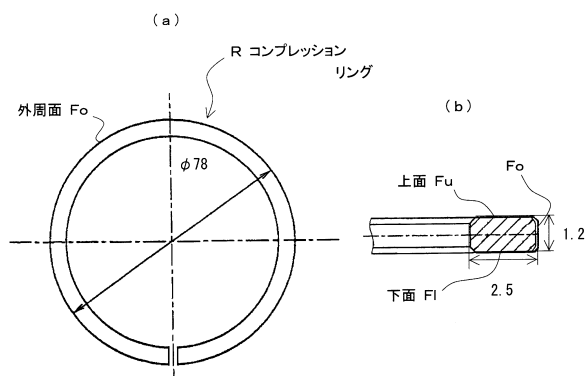
F o 外周面

F u 上面

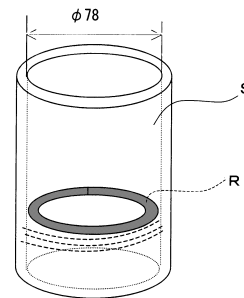
F l 下面

10

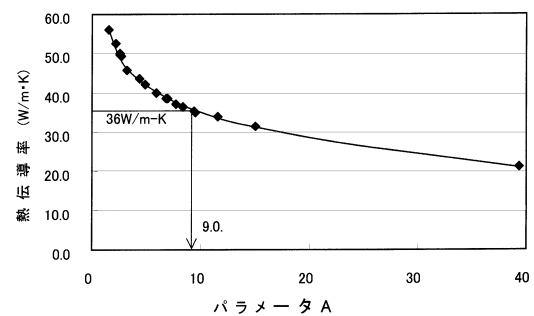
【図 1】



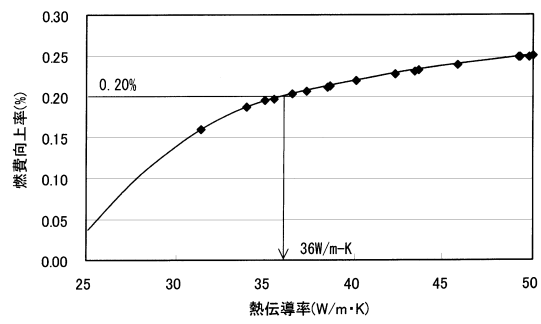
【図 2】



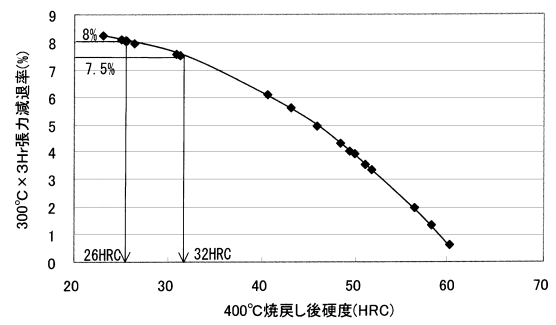
【図 3】



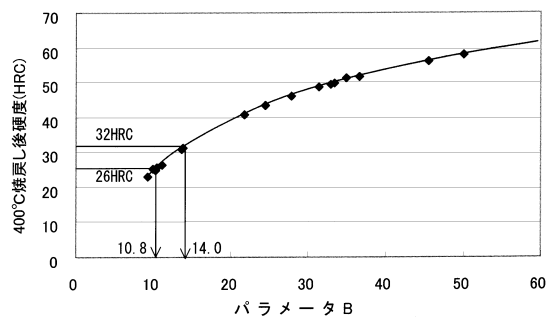
【図 4】



【図 6】



【図 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<i>F 0 2 F</i>	<i>5/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 F</i>	<i>5/00</i>	<i>E</i>
<i>F 1 6 J</i>	<i>9/26</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 F</i>	<i>5/00</i>	<i>F</i>
			<i>F 0 2 F</i>	<i>5/00</i>	<i>L</i>
			<i>F 1 6 J</i>	<i>9/26</i>	<i>C</i>
			<i>F 1 6 J</i>	<i>9/26</i>	<i>Z</i>

- (72)発明者 宮澤 智則
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
- (72)発明者 井口 豊樹
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
- (72)発明者 鈴木 琢磨
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
- (72)発明者 牧田 剛
埼玉県さいたま市中央区本町東五丁目12番10号 日本ピストンリング株式会社内
- (72)発明者 小川 勝明
埼玉県さいたま市中央区本町東五丁目12番10号 日本ピストンリング株式会社内
- (72)発明者 岡崎 孝弘
埼玉県さいたま市中央区本町東五丁目12番10号 日本ピストンリング株式会社内

合議体

審判長 木村 孔一
審判官 鈴木 正紀
審判官 河本 充雄

- (56)参考文献 特開昭63-303036(JP,A)
特開2002-194500(JP,A)
特開2005-61389(JP,A)
特開2004-197807(JP,A)
欧州特許出願公開第0949436(EP,A2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22C 38/00-38/54
F16J 9/26
F02F 5/00