

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6093866号
(P6093866)

(45) 発行日 平成29年3月8日(2017.3.8)

(24) 登録日 平成29年2月17日(2017.2.17)

(51) Int.Cl.	F 1
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 1 Z
C 2 2 C 38/42 (2006.01)	C 2 2 C 38/42
F 1 6 J 9/26 (2006.01)	F 1 6 J 9/26 Z
F 0 2 F 5/00 (2006.01)	F 1 6 J 9/26 C
C 2 1 D 9/40 (2006.01)	F 0 2 F 5/00 E

請求項の数 5 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-535544 (P2015-535544)	(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
(86) (22) 出願日	平成26年9月8日(2014.9.8)		
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/073674	(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
(87) 国際公開番号	W02015/034086		
(87) 国際公開日	平成27年3月12日(2015.3.12)	(74) 代理人	100117226 弁理士 吉村 俊一
審査請求日	平成28年2月1日(2016.2.1)	(72) 発明者	平瀬 東 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
(31) 優先権主張番号	特願2013-186358 (P2013-186358)	(72) 発明者	横川 弘通 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
(32) 優先日	平成25年9月9日(2013.9.9)		最終頁に続く
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

(54) 【発明の名称】 内燃機関用高熱伝導性ピストンリング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

Mn-Cr鋼を母材とした内燃機関用ピストンリングであって、
当該Mn-Cr鋼が、Cを0.52質量%以上0.65質量%以下、Siを0.15質量%以上0.35質量%以下、Mnを0.60質量%以上1.00質量%以下、Crを0.60質量%以上1.00質量%以下、Pを0.04質量%以下、Sを0.04質量%以下、微量成分（Al、Ni及びCuの合計含有量）を0.05質量%以上3.0質量%以下、残部Fe及び不可避不純物の範囲で含有し、

微量成分であるAl、Ni及びCuの含有量が、以下の式（1）の関係を満たすことを特徴とする内燃機関用高熱伝導性ピストンリング。

【数1】

$$1.0 \leq \frac{[\text{Al 含有量(質量\%)}] + [\text{Cu 含有量(質量\%)}]}{[\text{Ni 含有量(質量\%)}]} \leq 20 \cdots (1)$$

【請求項2】

前記Mn-Cr鋼は、微量成分であるAl、Ni及びCuが、各成分共に0.01質量%以上1.0質量%以下の範囲で含有する、請求項1に記載の内燃機関用高熱伝導性ピストンリング。

【請求項3】

ピストンリングの外周面が、硬質クロムメッキ、硬質セラミックス、及び硬質炭素のい

ずれか1種又は2種以上の硬質皮膜を備える、請求項1又は2に記載の内燃機関用高熱伝導性ピストンリング。

【請求項4】

ピストンリングの上下面及び／又は内周面は、酸化処理、化成処理、樹脂コート、及び硬質炭素皮膜の形成の少なくとも1種又は2種以上の表面処理が施されている、請求項1～3のいずれか1項に記載の内燃機関用高熱伝導性ピストンリング。

【請求項5】

Mn-Cr鋼を母材とした内燃機関用ピストンリングであって、
当該Mn-Cr鋼が、Cを0.52質量%以上0.65質量%以下、Siを0.15質量%以上0.35質量%以下、Mnを0.60質量%以上1.00質量%以下、Crを0.60質量%以上1.00質量%以下、Pを0.04質量%以下、Sを0.04質量%以下、微量成分（Al、Ni及びCuの合計含有量）を0.05質量%以上3.0質量%以下、残部Fe及び不可避不純物の範囲で含有し、

焼入れ焼戻し後の硬さが40HRC以上であり、熱伝導率が40W/(m・K)以上であることを特徴とする内燃機関用高熱伝導性ピストンリング。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関用ピストンに装着されるピストンリングに関する。特に、本発明は、高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンのトップリング及びセカンドリングに好適に用いることのできる高熱伝導性ピストンリングに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、自動車用ガソリンエンジン等の内燃機関は、環境問題に配慮して燃費の向上が図られている。これに伴い、エンジンの仕様は、より高い熱効率を発揮してより大きな運動エネルギーを取り出すことができるよう高圧縮化の傾向にある。自動車用ガソリンエンジンは、排気量と投入燃料量とが同じ条件において、圧縮比が高ければ高いほどピストンを押し下げる圧力が大きくなるため、圧縮比が低いエンジンに比較して高出力及び高トルクになる傾向がある。しかし、自動車用ガソリンエンジンは、圧縮比を高くすることによってピストン上死点での燃焼室内における温度及び圧力が高くなり、燃料と空気との混合気が適切に形成される前に着火してしまう。そのため、圧縮比の高い自動車用ガソリンエンジンでは、燃焼室内で局所的に燃焼が起こり、ピストン上死点付近での燃料の燃焼が困難となり、ノッキングの発生が起こる。この場合、自動車用ガソリンエンジンは、所望の出力及びトルクを得ることができなくなると共に、Nox（窒素酸化物）の生成やすすの発生を招きやすくなってしまう。

【0003】

なお、自動車用ガソリンエンジンにおいて、ピストン上死点付近での燃焼を適切に行うには、燃焼室壁の温度を下げることを対策として挙げることができる。ここで、この燃焼室壁の温度を低下させるには、ピストンの往復運動に伴う爆発圧力を直接受けるピストン冠面の温度を下げるのが効果的である。ピストン冠面の温度を下げる手段としては、例えば、ピストンに装着されるピストンリングに求められる熱伝達機能を向上させる手段を挙げることができ、当該ピストンが受けた燃焼熱を効率よくシリンダへ伝えることで、ピストン上死点付近での燃焼を適切に行うことができるようになる。以上のことから、特に、高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンに用いるピストンリングには、ガスシール機能及び熱伝達機能の一層の向上が求められている。

【0004】

このような背景にあって、例えば特許文献1（特開2009-235561号公報）には、C、Si、Mn、Crの適正成分範囲を所定のパラメータに規定したピストンリングが提案されている。具体的には、特許文献1のピストンリングは、質量比で、C：0.20～0.90%、Si：0.10%以上0.60%未満、Mn：0.20～1.50%、

10

20

30

40

50

C r : 0 . 3 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、式「 $A = 8 . 8 S i + 1 . 6 M n + 1 . 7 C r$ 」、及び式「 $B = 3 6 C + 4 . 2 S i + 3 . 8 M n + 4 . 5 C r$ 」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 0 . 8 以上である調質鋼から成ることを特徴としたものである（請求項 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2 0 0 9 - 2 3 5 5 6 1 号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、上記した特許文献 1 のピストンリングを高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンに用いた場合、その自動車用ガソリンエンジンでは、ピストン上死点付近での燃焼を適切に行うことが困難である。すなわち、特許文献 1 で提案されたピストンリングを装着した高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンでは、ピストン冠面の温度を十分に下げることができず、ガスシール機能及び熱伝達機能を長期間安定して発揮させることができない。

【0007】

本発明は、高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンに用いた場合に、ガスシール機能及び熱伝達機能を長期間安定して発揮させることができる内燃機関用高熱伝導性ピストンリングの提供を目的とする。特に、ピストンへの入熱をシリンダボア内面へ逃がし、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とを向上させた内燃機関用高熱伝導性ピストンリングの提供を目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者は、鋭意研究を行った結果、M n - C r 鋼として、C（炭素）、S i（ケイ素）、M n（マンガン）、C r（クロム）、P（リン）、S（硫黄）、及び微量成分として A l（アルミニウム）、N i（ニッケル）、C u（銅）をそれぞれ所定量含有したピストンリングを採用することで、上記した課題を解決するにいたった。

30

【0009】

本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングは、M n - C r 鋼を母材とした内燃機関用ピストンリングであって、当該 M n - C r 鋼が、C を 0 . 5 2 質量%以上 0 . 6 5 質量%以下、S i を 0 . 1 5 質量%以上 0 . 3 5 質量%以下、M n を 0 . 6 0 質量%以上 1 . 0 0 質量%以下、C r を 0 . 6 0 質量%以上 1 . 0 0 質量%以下、P を 0 . 0 4 質量%以下、S を 0 . 0 4 質量%以下、微量成分（A l、N i 及び C u の合計含有量）を 0 . 0 5 質量%以上 3 . 0 質量%以下、残部 F e 及び不可避免不純物の範囲で含有することを特徴とする。

【0010】

本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングにおいて、前記 M n - C r 鋼は、微量成分である A l、N i 及び C u が、各成分共に 0 . 0 1 質量%以上 1 . 0 質量%以下の範囲で含有することが好ましい。

40

【0011】

本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングにおいて、前記 M n - C r 鋼は、含有する微量成分である A l、N i 及び C u の含有量が、以下の式（1）の関係を満たすことが好ましい。

【0012】

【数 1】

$$1.0 \leq \frac{[\text{Al 含有量(質量\%)}] + [\text{Cu 含有量(質量\%)}]}{[\text{Ni 含有量(質量\%)}]} \leq 20 \cdots (1)$$

【0013】

本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングにおいて、ピストンリングの外周面が、硬質クロムメッキ、硬質セラミックス、及び硬質炭素のいずれか1種又は2種以上の硬質皮膜を備えることが好ましい。

【0014】

10

本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングにおいて、ピストンリングの上下面及び／又は内周面は、酸化処理、化成処理、樹脂コート、及び硬質炭素皮膜の形成の少なくとも1種又は2種以上の表面処理が施されていることが好ましい。

【0015】

本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングにおいて、焼入れ焼戻し後の硬さが40HRC以上であり、熱伝導率が40W/(m・K)以上であることが好ましい。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングは、母材であるMn-Cr鋼が、C、Si、Mn、Cr、P、S、及び微量成分としてのAl、Ni及びCuを、それぞれ所定量含有するので、高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンに用いた場合に、ガスシール機能及び熱伝達機能を長期間安定して発揮させることが可能となる。特に、ピストンへの入熱をシリンダボア内面へ逃がし、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を向上させることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態における内燃機関用高熱伝導性ピストンリングを示す平面図(A)及び部分斜視図(B)である。

【図2】本発明の一実施形態における内燃機関用高熱伝導性ピストンリングを装着したピストンの要部縦断面図である。

30

【図3】ピストンリングの疲労強度を評価する疲労強度試験の概要を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングの好ましい実施の形態について、図を用いて説明する。

【0019】

本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1は、Mn-Cr鋼を母材2とした内燃機関用ピストンリングである。そして、そのMn-Cr鋼が、Cを0.52質量%以上0.65質量%以下、Siを0.15質量%以上0.35質量%以下、Mnを0.60質量%以上1.00質量%以下、Crを0.60質量%以上1.00質量%以下、Pを0.04質量%以下、Sを0.04質量%以下、微量成分(Al、Ni及びCuの合計含有量)を0.05質量%以上3.0質量%以下、残部Fe及び不可避不純物の範囲で含有することに特徴がある。

40

【0020】

図1は、環状を呈し、合い口1aが形成され、断面が略矩形状のピストンリング(圧力リング)1の一例を示している。ピストンリング1は、図1に示すように、合い口1aが形成されることでたわみ代を大きくとることができ、図2に示すように、ピストン10が往復運動(図中の中抜き矢印方向)する最中において、その外周面5をシリンダ内壁面21の周方向に接触させることができる。ピストンリング1は、ピストン10に設けられる

50

ピストンリング溝12に装着され、シリンダ内壁面21とピストン10との僅かな隙間を埋めて燃焼ガスをシールする。さらに、シリンダ内壁面21に対して自己の持つ張力により押しつけられるピストンリングの外周面5が、ピストン10の動きに追従しながら油膜の厚さを適度にコントロールする。そして、このとき、ピストンリング1は、シリンダ内壁面21に油膜を介して常時接触し続けるので、ピストン冠面11に入力された熱をシリンダ20側に伝えることができる(図2の点線矢印を参考)。

【0021】

内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1は、Mn-Cr鋼を母材2とし、そのMn-Cr鋼を、上記の合金元素(C、Si、Mn、Cr、P、S、Al、Ni及びCu)をそれぞれ上記範囲の量を含有する合金組成とすることで、優れた熱伝達部材となり、熱伝達機能の向上を図ることができる。したがって、本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1によれば、より効果的にピストン冠面11に入力された熱をシリンダ20側に伝えることができ、高圧縮比エンジンにおける過酷な熱環境下で好適に用いることができる。また、本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1は、上記範囲の量を含有する合金組成であるので、耐摩耗性、耐スカッフ性、耐軟化性、耐熱へたり性、及び疲労強度が向上し、高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンに用いた場合にガスシール機能及びオイルコントロール機能を長期間安定して発揮させることができる。

【0022】

Mn-Cr鋼として含まれる合金元素の作用、及びその質量%の数値限定理由を以下に説明する。Mn-Cr鋼は、含有する合金元素及びその質量%により、元々備わる性質から様々な付加価値を持った材料に変化する。

【0023】

合金元素としてのC(炭素)は、基地中に固溶し、硬度を上昇させ、焼入れ焼戻し後(調質後)の耐軟化性及び耐熱へたり性を確保するのに有効である。内燃機関用高熱伝導性ピストンリングがこのような効果を得るためには、Cの含有量が0.52質量%以上、0.65質量%以下の範囲内であることが好ましい。Cの含有量が0.52質量%未満の場合には、耐摩耗性能及び機械的強度の向上が図れないため好ましくない。一方、Cの含有量が0.65質量%を超えると、耐衝撃性能の低下を招くと共に、良好な加工性能が得られなくなり好ましくない。Cの含有量は、0.52質量%以上、0.60質量%以下の範囲内であることがより好ましく、0.54質量%以上、0.58質量%以下の範囲内であることがさらに好ましい。

【0024】

合金元素としてのSi(ケイ素)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軟化性を向上させる効果がある。内燃機関用高熱伝導性ピストンリングがこのような効果を得るためには、Siの含有量が0.15質量%以上、0.35質量%以下の範囲内であることが好ましい。Siの含有量が0.15質量%未満の場合には、固溶強化が得られずに、耐摩耗性、耐スカッフ性、及び耐熱へたり性を向上させることができないため好ましくない。一方、Siの含有量が0.35質量%を超える場合には、熱伝導性や靱性の低下を招くため好ましくない。Siの含有量は、0.17質量%以上、0.25質量%以下の範囲内であることがより好ましい。

【0025】

合金元素としてのMn(マンガン)は、鋼溶製時の脱酸剤として有効であると共に、鋼の靱性や引張強さを向上させて焼入れ焼戻し後(調質後)の強度を確保するのに有効である。内燃機関用高熱伝導性ピストンリングがこのような効果を得るためには、Mnの含有量が0.60質量%以上、1.00質量%以下の範囲内であることが好ましい。Mnの含有量が0.60質量%未満の場合には、焼入れ焼戻し後(調質後)の強度を十分に確保することができないため好ましくない。一方、Mnの含有量が1.00質量%を超える場合には、焼入れ焼戻し後(調質後)の硬さが硬くなり過ぎて基地の脆化を招き、耐久性及び良好な加工性能が得られなくなり好ましくない。Mnの含有量は、0.75質量%以上、0.85質量%以下の範囲内であることがより好ましい。

【0026】

合金元素としてのCr（クロム）は、Cr炭化物を形成し、耐熱性及び耐食性を向上させ、同時に耐摩耗性を向上させる効果がある。また、Crは、焼入れ性を向上させると共に焼戻し抵抗を増加させ、焼入れ焼戻し後（調質後）の強度、靱性を確保するのに有効である。内燃機関用高熱伝導性ピストンリングがこのような効果を得るためには、Crの含有量が0.60質量%以上、1.00質量%以下の範囲内であることが好ましい。Crの含有量が0.60質量%未満の場合には、耐熱性、耐食性及び耐摩耗性のいずれも向上させることが困難となるため好ましくない。Crの含有量が1.00質量%を超える場合には、Cr炭化物の生成が過剰になり、熱伝導性が低下すると共に、そのCr炭化物が粒界に偏析して硬く脆くなるため、耐衝撃性能及び加工性能が低下し好ましくない。また、Crは、高価であるため、多量に含有させると製品コストの増大を招いてしまう。Crの含有量は、0.75質量%以上、0.90質量%以下の範囲内であることがより好ましい。

10

【0027】

合金元素としてのP（リン）は、通常は粒界脆性の原因となる有害な元素であるが、鋼中のフェライトに固溶して硬さや引張り強さを増加させると共に、被削性を改善するのに有効である。内燃機関用高熱伝導性ピストンリングがこのような効果を得るためには、Pの含有量が0.04質量%以下であることが好ましい。Pの含有量が0.04質量%を超える場合には、リン化鉄（Fe₃P）の形成が促進され、加工性の悪化や衝撃抵抗を低下させるため好ましくない。

20

【0028】

合金元素としてのS（硫黄）は、融点が低く赤熱脆性の原因とも言われているが、Mnを添加して硫化マンガン（MnS）を生成させて加工性を向上させることができる。内燃機関用高熱伝導性ピストンリングがこのような効果を得るためには、Sの含有量が0.04質量%以下であることが好ましい。Sの含有量が0.04質量%を超える場合には、加工性の悪化や衝撃抵抗の低下を招くため好ましくない。

【0029】

内燃機関用高熱伝導性ピストンリングは、母材であるMn-Cr鋼が、微量成分としてAl（アルミニウム）、Ni（ニッケル）及びCu（銅）を含有する。微量成分としてのAlは、鋼溶製時の脱酸剤として有効であると共に、結晶粒を微細化させて加工性を向上させ、熱伝導性を向上させる。微量成分としてのNiは、焼入れ性を向上させると共に靱性を向上させることができる。さらに、微量成分としてのNiは、基地に耐熱性を付与すると共に耐摩耗性能を向上させ、Crと一緒に添加することで耐食性、及び耐熱性を向上させることができる。微量成分としてのCuは、耐候性を向上させ、Niと一緒に添加することでこの効果をさらに向上させることができる。さらに、微量成分としてのCuは、Mn-Cr鋼の熱伝導性を向上させると共に固体潤滑作用を付与することができる。

30

【0030】

内燃機関用高熱伝導性ピストンリングは、微量成分としてのAl、Ni及びCuが上記した合金元素と組み合わせられることで、そのピストンリングを高圧縮比エンジンの過酷な熱環境下で用いた場合にも、ガスシール機能及び熱伝達機能に関して従来にない優れた効果を長期間発揮させることが可能となる。内燃機関用高熱伝導性ピストンリングがこのような効果を得るためには、Al、Ni及びCuの合計含有量が0.05質量%以上、3.0質量%以下の範囲内であることが好ましい。Al、Ni及びCuの合金含有量が0.05質量%未満の場合は、上記した合金元素との組み合わせによる相乗効果を得ることが困難となる。また、Al、Ni及びCuの合金含有量が3.0質量%を超える場合には、金属間化合物の析出が多くなり、熱伝導性が低下するため好ましくない。

40

【0031】

以上のことから、本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1は、Mn-Cr鋼が含有する元素が単独で効果を発揮し、特定の元素が組み合わせられて相乗効果を得ることができる。そのため、そのピストンリング1は、耐久性を損なわずに、熱伝達性に関して従来にない優れた効果を発揮することができ、高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンに

50

好適に用いることが可能となる。

【0032】

Mn-Cr鋼は、微量成分であるAl、Ni及びCuが、各成分共に0.01質量%以上、1.0質量%以下の範囲で含有することが好ましい。

【0033】

内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1において、Al、Ni及びCuそれぞれの含有量が0.01質量%以上、1.0質量%以下の範囲内であることで、上記の合金元素と組み合わせられて相乗効果が得られ、熱伝達機能の向上を図ると共に、ガスシール機能及びオイルコントロール機能を長期間維持することが可能となる。Al、Ni及びCuのいずれか一つの含有量が0.01質量%未満の場合には、これら元素を組み合わせることによる相乗効果が十分に得られない。一方、Al又はCuの含有量が1.0質量%を超える場合には、金属間化合物の析出が多くなり、熱伝導性が低下するため好ましくない。また、Niの含有量が1.0質量%を超える場合には、製品コストの上昇を招くため好ましくない。

10

【0034】

Mn-Cr鋼は、含有する微量成分であるAl、Ni及びCuの含有量が、以下の式(1)の関係を満たすことが好ましい。

【0035】

【数2】

$$1.0 \leq \frac{[\text{Al 含有量(質量\%)}] + [\text{Cu 含有量(質量\%)}]}{[\text{Ni 含有量(質量\%)}]} \leq 20 \cdots (1)$$

20

【0036】

Al及びCuは、主にピストンリング1の熱伝達機能を向上させる上で有効であるが、含有量が増加し過ぎるとピストンリングの耐久性を低下させてしまう。一方、Niは、ピストンリング1の硬さの向上に寄与し、主に耐久性及び耐熱へたり性の向上を図るために有効である。そのため、Al、Ni及びCuそれぞれの含有量が式(1)に示す関係を満たすことで、ピストンリング1の耐摩耗性、耐スカッフ性、耐熱へたり性、及び疲労強度の低下を防止しながらも熱伝達性を向上させて、高圧縮比エンジンの熱負荷の高い環境でも長期間安定して使用することができる。このとき、Al及びCuの含有量とNiの含有量との比率が1.0以上、20以下の範囲内であることが好ましい。Al及びCuの含有量とNiの含有量との比率が1.0未満の場合には、ピストンリングとして要求される熱伝達機能を過酷な熱環境下で十分に発揮させることが困難となる。一方、Al及びCuの含有量とNiの含有量との比率が20を超える場合には、ピストンリングの耐久性及び耐熱へたり性を十分に向上させることができず、ピストンリングとして要求されるガスシール機能及びオイルコントロール機能を過酷な熱環境下において長期間安定して発揮させることが困難となる。

30

40

【0037】

内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1において、ピストンリングの外周面5に、硬質クロムメッキ、硬質セラミックス、及び硬質炭素のいずれか1種又は2種以上の硬質皮膜3を備えることが好ましい。

【0038】

ピストンリング1の外周面5に硬質クロムメッキ、硬質セラミックス、及び硬質炭素のいずれか1種又は2種以上の硬質皮膜3を備えることで、シリンダ内壁面21との摺動による摩耗を効果的に抑制し、シリンダ内壁面21との接触状態を長期間に亘り良好に保つことができる。したがって、ピストンリング1の外周面5に上記した硬質皮膜3を備える

50

ことで、ピストン10の熱をシリンダ20側へ伝える働きを長期間発揮し、ピストンリングとして要求されるガスシール機能、オイルコントロール機能に関しても過酷な熱環境下で長期間安定して発揮することができる。なお、ピストンリング1の外周面5に硬質皮膜3を備えたとしても、熱伝導性に影響を受けることがない。また、硬質皮膜3は、ピストンリング1の熱伝導性に影響を及ぼさない限り、複数種の硬質皮膜を積層させてもよい。

【0039】

内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1において、ピストンリングの上下面6, 8及び／又は内周面7には、酸化処理、化成処理、樹脂コート、及び硬質炭素皮膜の形成の少なくとも1種又は2種以上の表面処理が施されていることが好ましい。

【0040】

ピストンリングの上下面6, 8及び／又は内周面7が、酸化処理、化成処理、樹脂コート、及び硬質炭素皮膜の形成の少なくとも1種又は2種以上の表面処理が施されていることで、ピストンリング溝12内における凝着等に起因する摩耗を効果的に抑制することができる。したがって、ピストンリング1の上下面6, 8及び／又は内周面7に上記した表面処理を施すことで、ピストンの往復動作に長期間安定して追従し、ピストンリングとして要求されるガスシール機能及び熱伝達機能を過酷な熱環境下において長期間安定して発揮させることができる。なお、ピストンリング1の上下面6, 8及び／又は内周面7に表面処理を施して表面処理層4を備えたとしても、熱伝導性に影響を受けることがない。また、その表面処理層4は、ピストンリング1の熱伝導性に影響を及ぼさない限り、複数種の表面処理を施してもよい。

【0041】

内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1において、焼入れ焼戻し後の硬さが40HRC以上であって、熱伝導率が40W/(m・K)以上であることが好ましい。

【0042】

内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1は、Mn-Cr鋼を、830℃以上、900℃以下の範囲内で焼入れした後に、400℃以上、500℃以下の範囲内で焼戻しをして製造することで、耐摩耗性、耐スカッフ性、耐熱へたり性、及び疲労強度に関して所望の特性を得ることができる。そして、内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1は、焼入れ焼戻し後（調質後）の硬さが40HRC以上であることで、ピストンリングの強度を確保し、高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンに用いた場合にピストンリングとして要求されるガスシール機能を長期間安定して発揮させることができる。また、内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1は、40W/(m・K)以上の熱伝導率を確保することによって、ピストン10の熱をシリンダ20へ効果的に伝えることが可能となる。参考までに、内燃機関用高熱伝導性ピストンリング1は、燃焼室に最も近く過酷な熱環境下に置かれるトップリングに用いた場合に、従来のトップリングとして用いられるマルテンサイト系ステンレス鋼（SUS440C）製やシリコンクロム鋼（SWOSC-V）製のピストンリングを用いた場合よりも燃費向上効果を得ることができる。

【実施例】

【0043】

以下、実施例を示し、本発明をより詳細に説明する。但し、本発明は、これらの実施例に限定されるものではない。

【0044】

〔実施例1〕

本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングの実施例として、本発明で規定した合金組成の条件を満足する実施例試料A～Z、AA～ADを作製した。実施例試料A～Z、AA～ADを作製するにあたっては、まず、それぞれ表1に示す合金組成のMn-Cr鋼を冷間で線引きした後、焼入れ温度900℃、焼戻し温度450℃の焼入れ焼戻し（調質）を施し、1.2mm×2.5mmの矩形断面を有する線材を得た。次に、この線材を78mmのボア径に合うようにリング状に成形し、合い口となる部分を切断した。こうして作製された実施例試料A～Z、AA～ADの各ピストンリングには、歪取り熱処理を施

した後に外周加工を行い、外周面に硬質セラミックス皮膜としてCr-N系よりなるPVD皮膜のみを被覆したもの、硬質炭素皮膜として水素を2原子%含有したDLC（ダイヤモンドライクカーボン）皮膜のみを被覆したもの、又は当該PVD皮膜の上に当該DLC皮膜を積層した2層からなる皮膜を被覆したもの、の計3種類のうちいずれかを形成した。その後、実施例試料A～Z、AA～ADの各ピストンリングには、仕上げ加工を施し、当該ピストンリングの上下面に四三酸化鉄皮膜を形成した。なお、各種表面処理前のピストンリングの上下面及び外周面については、十点平均粗さRzで $1.3\mu\text{m}\sim 2.2\mu\text{m}$ の範囲内となるように研磨を行った。十点平均粗さRzは、JIS B0601（1982）に準拠し、表面粗さ・輪郭形状測定機で測定した。

【0045】

作製した実施例試料A～Z、AA～ADに関しては、400℃で焼戻し後のロックウェル硬さ（Cスケール）を測定すると共に、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、これら実施例試料A～Z、AA～ADを用いて、以下に示す要領により、疲労強度試験及び耐熱へたり試験を実施した。これらの測定及び試験は、ピストンリングを高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンに用いた場合に、ガスシール機能及び熱伝達機能に関して長期間安定して発揮することを確認するために行った。なお、実施例試料A～Z、AA～ADに対して行った、400℃で焼戻し後のロックウェル硬さ（Cスケール）の測定、レーザーフラッシュ法による熱伝導率の測定、疲労強度試験、及び耐熱へたり試験の結果に関しては、当該実施例試料A～Z、AA～ADの合金組成と纏めて表1に示す。なお、ロックウェル硬さ（Cスケール）は、ロックウェル硬度計で測定した。また、レーザーフラッシュ法での熱伝導率は、レーザーフラッシュ法熱物性測定装置で測定した。

【0046】

（疲労強度試験）

図3は、ピストンリングの疲労強度を評価する疲労強度試験の概要を示す模式図である。以下、図3を用いて疲労強度試験を説明する。疲労強度試験では、図3に模式的に示す疲労強度試験機40を用い、まず、ピストンリング1の合い口1aにおける一端を支持台41に固定部41aにより固定し、他端をてこアーム42の一端に固定部42aにより固定した。ここで、当該てこアーム42の他端側には、連結部43により動力伝達バー45の一端が連結される。当該動力伝達バー45の他端側は、偏心カム46に連結されており、当該偏心カム46の回転によって当該動力伝達バー45が動力伝達軸方向（図中の矢印Xで示す方向）へ往復運動する。そして、このときの動力伝達バー45の動作に伴い、当該てこアーム42の一端側（固定部42aが固定される側）が当該連結部43を中心とした回転方向（図中の矢印Yで示す方向）に往復運動し、ピストンリング1の合い口1aが拡張された際にピストンリング1に曲げ応力が負荷される。なお、当該動力伝達バー45は、ガイド44によって動力伝達軸の軸振れを防止し、その往復運動をスムーズに行うことが可能となる。

【0047】

上記したように、疲労強度試験では、疲労強度試験機40により、ピストンリング1の合い口1aを所定の振幅で繰り返し拡張してピストンリング1に応力を負荷し、当該ピストンリング1が破断するまで拡張を繰り返した回数を測定した。また、疲労強度試験では、同じ条件で作製されたピストンリング1を複数用意して、ピストンリング1に対して負荷する応力の設定をそれぞれ変えて試験を行い、S-N曲線を作成した。このときの各ピストンリング1に対する負荷応力の設定は、合い口1aの開閉量を変化させることで行った。そして、疲労強度試験では、この作成したS-N曲線から、拡張を繰り返した回数が 1×10^7 回に耐え得る応力を疲労強度として求めた。

【0048】

（耐熱へたり試験）

耐熱へたり試験では、JIS B 8032-5（1998）に基づき、ボア径78mmのスリーブ内に、実施例試料A～Z、AA～ADの各ピストンリングを装着し、300℃の温度に3時間保持した後の張力減退率を測定した。この張力減退率は、実施例試料A

～Z、AA～ADの各ピストンリングをスリーブ内に装着して、加熱する前と加熱した後のピストンリング張力を測定し、その張力低下率により算出した。参考までに、JIS規格（JIS B 8032-5（1998））では、ピストンリングの中で最も過酷な高温環境下で用いられるトップリングの張力減退率が8%以下に定められている。

【0049】

〔比較例1〕

この比較例は、実施例と比較するためのものである。本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングの比較例として、本発明に規定する合金組成のAl、Ni及びCuに関する条件を満足しない比較例試料a～nを作製した。ここで、比較例試料a～nの製造方法に関しては、実施例試料A～Z、AA～ADと同様の条件とした。そして、作製した比較例試料a～nに関し、実施例試料A～Z、AA～ADと同様に、400℃で焼戻し後のロックウェル硬さ（Cスケール）を測定すると共にし、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、これら比較例試料a～nを用いて、実施例と同じ要領により、疲労強度試験及び耐熱へたり試験を実施した。なお、表2は、比較例試料a～nの合金組成を実施例試料の合金組成と対比可能となるよう併せて示している。また、比較例試料a～nに対して行った、400℃で焼戻し後のロックウェル硬さ（Cスケール）の測定、レーザーフラッシュ法による熱伝導率の測定、疲労強度試験、及び耐熱へたり試験の結果に関しては、当該比較例試料a～nの合金組成と纏めて表2に示す。

10

【0050】

〔実施例と比較例との対比〕

以下に、実施例と比較例とを表1及び表2に示す結果に基づき対比しつつ、本発明を詳細に説明する。

20

【0051】

【表 1】

表1

	C	Si	Mn	Cr	P	S	Al	Ni	Cu	Al+Ni+Cu	(Al+Cu)/Ni	硬さ (HRC)	熱伝導率 (W/mk)	疲労強度	張力減退率 (%)	表面処理 仕様
実施例A	0.52	0.15	0.60	0.60	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.08	1.7	48.1	41.1	101	5.6	PVD
実施例B							0.02	0.02	0.01	0.05	1.5	47.8	41.0	100	5.42	PVD
実施例C							0.03	0.02	0.01	0.06	2.0	47.8	41.1	100	5.55	PVD+DLC
実施例D							0.05	0.03	0.02	0.10	2.3	47.9	41.2	101	5.53	PVD+DLC
実施例E							0.03	0.04	0.03	0.10	1.5	47.9	41.2	102	5.32	DLC
実施例F							0.07	0.04	0.04	0.15	2.8	48.2	41.3	101	5.28	DLC
実施例G							0.14	0.02	0.12	0.28	13.0	47.2	43.1	100	5.66	PVD
実施例H							0.50	0.35	0.30	1.15	2.3	48.1	41.2	103	5.22	PVD
実施例I							1.00	1.00	0.20	2.20	1.2	49.5	40.3	103	4.88	PVD
実施例J							0.20	1.00	1.00	2.20	1.2	49.0	40.4	102	4.9	PVD
実施例K	0.60	0.35	0.80	0.95	0.03	0.02	1.00	0.20	1.00	2.20	10.0	48.0	45.3	102	5.95	PVD
実施例L							0.80	0.80	0.80	2.40	2.0	48.9	41.0	103	4.5	PVD
実施例M							0.02	0.01	0.02	0.05	4.0	47.5	41.3	100	5.73	PVD
実施例N							0.03	0.01	0.02	0.06	5.0	47.2	41.2	100	5.53	PVD
実施例O							0.01	0.02	0.03	0.06	2.0	48.2	40.8	101	5.75	PVD
実施例P							0.01	0.02	0.02	0.05	1.5	48.0	40.8	101	5.55	PVD
実施例Q							0.09	0.01	0.10	0.20	19.0	47.1	42.6	101	5.56	PVD
実施例R							0.03	0.03	0.02	0.08	1.7	48.8	40.4	101	5.4	PVD
実施例S							0.02	0.02	0.01	0.05	1.5	48.6	40.3	101	5.22	PVD
実施例T							0.03	0.02	0.01	0.06	2.0	48.6	40.3	101	5.33	PVD+DLC
実施例U	0.60	0.35	0.80	0.95	0.03	0.02	0.05	0.03	0.02	0.10	2.3	48.8	40.6	101	5.26	PVD+DLC
実施例V							0.03	0.04	0.03	0.10	1.5	49.0	40.2	102	5.11	DLC
実施例W							0.07	0.04	0.04	0.15	2.8	48.8	40.7	102	5.07	DLC
実施例X							0.11	0.02	0.15	0.28	13.0	48.2	42.7	100	5.43	PVD
実施例Y							0.44	0.50	0.35	1.29	1.6	48.9	40.9	104	5.05	PVD
実施例Z							0.02	0.01	0.02	0.05	4.0	48.3	40.6	100	5.55	DLC
実施例AA							0.03	0.01	0.02	0.06	5.0	48.2	40.5	101	5.36	DLC
実施例AB							0.01	0.02	0.02	0.05	1.5	49.0	40.2	102	5.56	PVD
実施例AC							0.01	0.03	0.03	0.07	1.3	48.8	40.1	102	5.35	PVD
実施例AD							0.11	0.01	0.08	0.20	19.0	48.3	42.5	100	5.45	PVD

【表 2】

表2

	C	Si	Mn	Cr	P	S	Al	Ni	Cu	Al+Ni+Cu	(Al+Cu)/Ni	硬さ (HRC)	熱伝導率 (W/mk)	疲労強度	張力減退率 (%)	表面処理 仕様
比較例a	0.52	0.15	0.60	0.60	0.03	0.03	—	—	—	—	—	47.8	40.0	100	5.62	PVD
比較例b							1.10	1.20	1.10	3.40	1.83	50.1	31.4	108	3.26	PVD
比較例c							3.15	—	—	3.15	—	45.0	42.0	99	6.46	PVD
比較例d							—	3.15	—	3.15	0.00	48.0	37.0	102	4.75	PVD
比較例e							—	—	3.15	3.15	—	44.0	42.5	99	6.67	PVD
比較例f	0.60	0.35	0.80	0.95	0.03	0.02	1.60	1.60	—	3.20	1.00	52.1	27.3	109	3.11	PVD
比較例g							1.60	1.60	1.60	3.20	1.00	50.2	38.8	101	5.12	PVD
比較例h							1.60	—	1.60	3.20	—	51.5	28.6	107	3.76	PVD
比較例i							0.11	0.01	0.13	0.25	24.00	49.0	44.1	101	5.79	PVD
比較例j							—	—	—	—	—	48.6	38.8	101	5.20	PVD
比較例k	0.60	0.35	0.80	0.95	0.03	0.02	1.10	1.20	1.10	3.40	1.83	50.9	29.9	109	3.01	PVD
比較例l							3.15	—	—	3.15	—	46.1	39.4	100	5.97	PVD
比較例m							—	3.15	—	3.15	0.00	48.7	36.1	103	4.55	PVD
比較例n							—	—	3.15	3.15	—	44.9	39.8	100	6.21	PVD

【0053】

(硬さ測定評価)

表1及び表2に示す結果より、本発明に規定する合金組成の条件を満足する実施例試料A～Z、AA～ADの硬さの平均は、約48.3(HRC)となった。一方、本発明に規定する合金組成の条件を満足しない比較例試料a～nの硬さの平均は、約48.4(HRC)となった。そして、実施例試料A～Z、AA～AD及び比較例試料a～nの全ての試料が、40HRC以上の硬さを確保しており、高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンに用いた場合にピストンリングとして要求されるガスシール機能、及びオイルコントロール機能を長期間安定して発揮することが可能であることの確認ができた。この結果だけをみれ

ば、実施例試料と比較例試料とは、硬さに大きな差が認められないと捉えることもできる。しかし、実施例試料A～Z、AA～ADの中での硬さの最小値が47.2（HRC）であるのに対し、比較例試料a～nの中には、硬さが47.2（HRC）未満の試料がいくつか存在する（比較例試料c, e, i, n, m）。参考までに、比較例試料eの硬さは、44.0（HRC）であり、これは実施例試料A～Z、AA～ADの中での硬さの最小値に比べて3.2（HRC）も小さな値である。これらの結果より、本発明に規定する合金組成の条件を満足するピストンリングを採用することで、当該条件を満たさない従来のピストンリングを採用した場合よりも安定した硬さの向上が図られることが分かった。

【0054】

（熱伝導率測定評価）

表1及び表2に示す結果より、本発明に規定する合金組成の条件を満足する実施例試料A～Z、AA～ADの熱伝導率の平均は、約41.2（W／（m・K））となった。また、実施例試料A～Z、AA～ADの全ての試料が、40W／（m・K）以上の熱伝導率を確保しており、ピストンの熱をシリンダへ効果的に伝えることが可能であることの確認ができた。一方、本発明に規定する合金組成の条件を満足しない比較例試料a～nの熱伝導率の平均は、約36.8（W／（m・K））となった。そして、比較例試料a～nの内、比較例試料b, d, f～h, j～nの試料は、熱伝導率が40W／（m・K）以下となり、熱伝導性に関して十分な向上が図られていないことの確認ができた。これらの結果より、本発明に規定する合金組成の条件を満足するピストンリングを採用することで、従来のピストンリングを採用した場合と比べて熱伝導率の向上が図られることが分かった。なお、比較例試料b, f, h, kに関しては、熱伝導性の低下が顕著であったが、これはAl、Ni及びCuの合金含有量が3.0質量％を大きく超えることで金属間化合物の析出が多くなったことに起因するものと考えられる。

【0055】

（疲労強度試験評価）

表1及び表2には、実施例試料A～Z、AA～ADそれぞれの疲労強度について、比較例試料aを100とした指数で示す（指数が大きいほど疲労強度に優れる）。この場合に、表1及び表2に示す結果より、本発明に規定する合金組成の条件を満足する実施例試料A～Z、AA～ADの疲労強度の平均は、101となった。一方、本発明に規定する合金組成の条件を満足しない比較例試料a～nの疲労強度の平均は、103となった。この結果だけをみれば、実施例試料は、比較例試料よりも疲労強度に劣ると捉えることもできる。しかし、実施例試料A～Z、AA～ADの疲労強度が全て100以上であるのに対し、比較例試料a～nの中には疲労強度が100未満の試料がいくつか存在する（比較例試料c, e）。これらの結果より、本発明に規定する合金組成の条件を満足するピストンリングを採用することで、当該条件を満たさない従来のピストンリングを採用した場合よりも安定した疲労強度の向上が図られることが分かった。

【0056】

（耐熱へたり試験評価）

表1及び表2に示す結果より、本発明に規定する合金組成の条件を満足する実施例試料A～Z、AA～ADの張力減退率の平均は、5.40％となった。一方、本発明に規定する合金組成の条件を満足しない比較例試料a～nの張力減退率の平均は、5.00％となった。この結果だけをみれば、実施例試料は、比較例試料よりも耐熱へたり性に劣ると捉えることもできる。しかし、実施例試料A～Z、AA～ADの中での張力減退率の最大値が5.95％（実施例試料K）であるのに対し、比較例試料a～nの中には、張力減退率が5.95％を超える試料がいくつか存在する（比較例試料c, e, k, m）。参考までに、比較例試料eの張力減退率の最大値は、6.67％であり、これは実施例試料A～Z、AA～ADの中での張力減退率の最大値に比べて0.72％も大きな値である。これらの結果より、本発明に規定する合金組成の条件を満足するピストンリングを採用することで、当該条件を満たさない従来のピストンリングを採用した場合よりも安定した耐熱へたり性の向上が図られることが分かった。このように、実施例試料A～Z、AA～AD及び

比較例試料 a～n の全ての試料は、J I S 規格（J I S B 8 0 3 2－5（1 9 9 8））に定めるトップリングの張力減退率 8 % 以下の基準を満足するものであるが、実施例試料 A～Z、A A～A D の方が比較例試料 a～n よりもより厳しい熱環境下で使用できることの確認ができた。

【0 0 5 7】

（実施例と比較例との対比のまとめ）

表 1 及び表 2 に示す結果より、A l、N i 及び C u それぞれの含有量に関して本発明に規定する条件を満たすことで、C、S i、M n、C r の含有量の増加に伴う、硬さ、疲労強度、及び耐熱へたり性の向上や、熱伝導性の低下を抑制して、これら特性のトータルバランスを安定的に優れたものとし、高圧縮比エンジンの熱負荷の高い環境でも長期間安定して使用できることが分かった。したがって、本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングによれば、M n－C r 鋼として、合金元素を本発明に規定する範囲の量含有することで、オイルリングの熱伝達機能を向上させると共に、ガスシール機能、及びオイルコントロール機能を長期間発揮させることが可能となる。また、表 1 及び表 2 に示すように、本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングは、その外周面に本発明に規定する種類の硬質皮膜を 1 種以上備える限りにおいては、上記した特性に悪影響が及ぼされないこともない。

10

【産業上の利用可能性】

【0 0 5 8】

本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングは、高圧縮比の自動車用ガソリンエンジンに用いた場合でも、オイルリングとして要求される機能を長期間安定して発揮することができるため、内燃機関のオイル消費の低減や内燃機関の長寿命化を図ることができる。したがって、本発明に係る内燃機関用高熱伝導性ピストンリングによれば、オイルの効率的消費が可能になり、資源の有効利用、環境負荷を低減化するという観点から好ましい。

20

【符号の説明】

【0 0 5 9】

- 1 ピストンリング
- 1 a 合い口
- 2 母材
- 3 硬質皮膜
- 4 表面処理層
- 5 外周面
- 6 上面
- 7 内周面
- 8 下面
- 1 0 ピストン
- 1 1 ピストン冠面
- 1 2 ピストンリング溝
- 2 0 シリンダ
- 2 1 シリンダ内壁面
- a 合い口部分
- 4 0 疲労強度試験機
- 4 1 支持台
- 4 1 a 固定部
- 4 2 テコアーム
- 4 2 a 固定部
- 4 3 連結部
- 4 4 ガイド
- 4 5 動力伝達バー

30

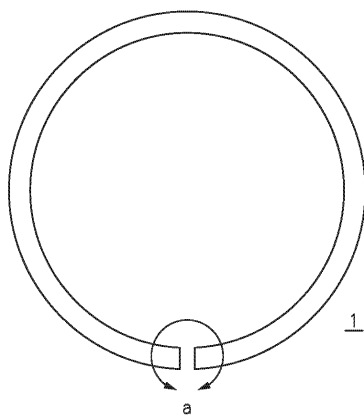
40

50

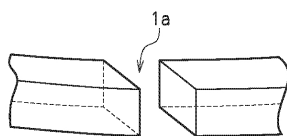
4 6 偏心カム

【図 1】

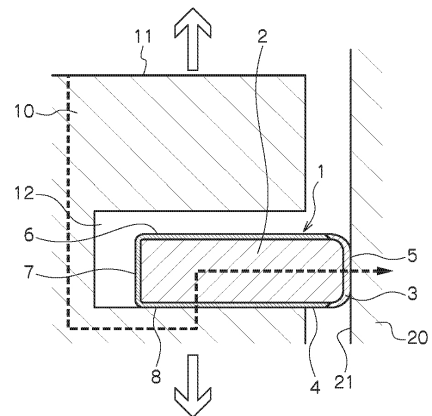
(A)



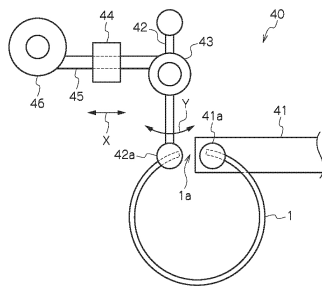
(B)



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		
	F 0 2 F	5/00	A
	C 2 1 D	9/40	A

(72)発明者 藤村 和浩
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 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

(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

審査官 本多 仁

(56)参考文献 特開2013-007404 (JP, A)
国際公開第2009/119388 (WO, A1)
特開2009-235561 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C 2 2 C 38/00-38/60
F 0 2 F 5/00
F 1 6 J 9/26