

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6446188号  
(P6446188)

(45) 発行日 平成30年12月26日(2018.12.26)

(24) 登録日 平成30年12月7日(2018.12.7)

(51) Int.Cl.

F 16 J 9/20 (2006.01)  
F 02 F 5/00 (2006.01)

F 1

F 16 J 9/20  
F 02 F 5/00  
F 02 F 5/00R  
Q

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2014-132185 (P2014-132185)  
 (22) 出願日 平成26年6月27日 (2014.6.27)  
 (65) 公開番号 特開2016-11675 (P2016-11675A)  
 (43) 公開日 平成28年1月21日 (2016.1.21)  
 審査請求日 平成29年5月25日 (2017.5.25)

(73) 特許権者 000139023  
 株式会社リケン  
 東京都千代田区三番町8番地1  
 (74) 代理人 100080012  
 弁理士 高石 橋馬  
 (72) 発明者 川西 実  
 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 掛川 聰  
 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 清水 大志  
 新潟県柏崎市北斗町1-37 株式会社リ  
 ケン柏崎事業所内

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】

ピストンリングの中心軸を通り前記中心軸に平行な断面に現れる外周摺動面の第1の曲面が外に凸であって、前記第1の曲面の曲率半径がクランク室側から燃焼室側に連続的に増加しており、前記断面に現れる前記第1の曲面の頂点が軸方向幅の中央位置よりクランク室側に位置し、前記第1の曲面の前記断面に現れる曲線がインボリュート曲線を変形した曲線で表され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、前記曲線が

$$\begin{aligned} x &= a(\cos \theta + b \cdot \sin \theta) / \\ y &= a(\sin \theta - \cos \theta) / \end{aligned}$$

10

aは3000～10000、bは2～3、θは1～2、nは1～5の範囲内で設定される定数なる関係式を用いて表され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のいずれかに記載のピストンリングにおいて、前記第1の曲面と燃焼室側上側面及びクランク室側下側面の間それぞれに面取り部を有することを特徴とするピストンリング。

## 【請求項 4】

請求項 1 又は 2のいずれかに記載のピストンリングにおいて、前記第1の曲面と燃焼室側上側面及びクランク室側下側面の間それぞれに外に凸の第2及び第3の曲面を有するこ

20

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、前記断面に現れる前記第1の曲面の頂点から燃焼室側端までの半径方向の後退量( $t$ )が、ピストンリングの呼び径( $d_1$ )の0.01%以下であることを特徴とするピストンリング。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ピストンリングに関し、特に、バレル面形状の外周摺動面を有する圧力リングに関する。 10

【背景技術】

【0002】

舶用エンジンを含む大型ディーゼルエンジンは、地球環境問題の顕在化とともに、近年ますます高出力化、高効率化( $\text{CO}_2$ 低減)の傾向にある。具体的には、シリンダ有効圧力や最高圧力の上昇、熱負荷増大による作用応力の増大、あるいは平均ピストン速度の上昇などであり、特に、シリンダ内最高圧力は22 MPaにまで達し、将来は30 MPaまでさらに上昇することが計画されている。第1圧力リング(以下「トップリング」ともいう。)がシリンダライナ面に押し付けられる荷重(以下「リング荷重」ともいう。)は、このシリンダ内最高圧力にほぼ比例的に増大するため、圧力リングの使用環境は非常に過酷になる。 20

【0003】

また、上記のような過酷な使用環境下では、ピストンのリング溝はピストン上部の熱膨張に基づく熱変形や燃焼圧力の影響、ピストン溝の摩耗により軸方向に垂直な方向からやや下向き(燃焼室と反対の方向)に変形する傾向にあり、さらにトップリングはシリンダ内圧力により下向き(燃焼室と反対の方向)に倒される傾向になる。すなわち、トップリングは外周摺動面の軸方向幅の中央位置より燃焼室側でシリンダ壁と摺動接触する傾向となる。極端な場合には、トップリングの当たり面が外周摺動面から外れる、いわゆるエッジ・ローディング(「外周上当たり」ともいう。)が起きることもある。

【0004】

大型ディーゼルエンジンにおけるトラブルは、ピストンリングを含むピストン、シリンダライナに集中し、特に、ピストンリングとシリンダライナのスカッフの問題から重大損傷に至ることが多い。スカッフは、上記のようにリング荷重が増大したとき、また上死点及び下死点の近傍で境界潤滑状態になるときに発生しやすい。 30

【0005】

これまでの大型ディーゼルエンジン用トップリングは、外周摺動面にめっきや溶射により硬質皮膜を被覆し、さらにバレル面形状に研磨加工して、耐久性と油膜生成機能の向上を図ってきた。例えば、特許文献1は、外周すべり面を、その断面形状が上方から第1、第2及び第3の異なる曲率半径の円弧からなる複合面で構成し、第2の曲率半径が第1及び第3の曲率半径より大きく且つ第2の曲率半径によって画定される第2の外周すべり面の軸方向幅がピストンリングの軸方向幅のほぼ1/2であり、第2の外周すべり面の断面円弧の曲率中心がピストンリングの軸方向幅内で幅中央以下の位置にあり、かつ、第1、第2及び第3の外周すべり面がその境界部に凹部が形成されない状態で連なっていることを特徴とするピストンリングを開示している。 40

【0006】

また、特許文献2は、外周摺動面がバレル形状で、上下側面と交差する部分に面取り加工したコーナー部を有するピストンリングにおいて、外周摺動面に窒化層やPVD層の表面処理層を形成した場合に、バレル面とコーナー部の境界のエッジ部で表面処理層のクラックや剥離が生じないピストンリングを提供することを目的に、コーナー部が半径0.05 mm以上でバレル面半径よりは小さい曲面形状をなすとともに、コーナー部とバレル部とが稜線部が存在することなく連続的につながって形成されているピストンリングを開示してい 50

る。

#### 【0007】

また、特許文献3は、ピストンリングの外周面とシリンダライナの摺動面との間のガスシール能力不足による吹き抜けガス量の増大を防止し、ピストンリングバック部の汚れや、吹き抜けガス中の亜硫酸ガスによるシリンダライナの腐食を防止し、且つ、接触圧力を低減したピストンリングを提供することを目的に、ピストンリングの外周面を、曲率半径R=1.18D～1.35D(D:シリンダ内径)の円弧プロファイルに設定したピストンリングを開示している。ガスシール能力を表す漏れ流量Qが円弧プロファイルの曲率半径Rの3乗に反比例することを考慮し、曲率半径Rを大きくしたことの特徴を有するものである。

#### 【0008】

しかし、特許文献1～3のピストンリングは、外周バレル面とコーナー部を滑らかな曲線で繋ぎ、又はバレル面の曲率半径を従来よりも一律に大きくしているものの、ピストンやピストンリングの挙動に注目した対策とはなっていないため、十分とはいえない状況にある。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0009】

【特許文献1】実開昭57-196238号公報

【特許文献2】特開2002-39384号公報

【特許文献3】特開2009-91927号公報

10

20

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0010】

本発明は、圧力や熱負荷の増大した過酷な使用環境下においても、優れた耐スカッフ性及び耐摩耗性を示すピストンリングを提供することを課題とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0011】

本発明者らは、ピストンリングの外周摺動面の形状について鋭意研究の結果、リング当たり面のヘルツ応力を低減することにより、耐スカッフ性及び耐摩耗性に優れたピストンリングを提供できることに想到した。

30

#### 【0012】

すなわち、本発明のピストンリングは、ピストンリングの中心軸を通り前記中心軸に平行な断面に現れる外周摺動面の第1の曲面が外に凸であって、前記第1の曲面の曲率半径がクランク室側から燃焼室側に連続的に増加しており、前記断面に現れる前記第1の曲面の頂点が軸方向幅の中央位置よりクランク室側に位置し、前記第1の曲面の前記断面に現れる曲線がインボリュート曲線を変形した曲線で表されることを特徴とする。

#### 【0014】

前記第1の曲面の前記断面に現れる曲線は、

$$x = a(\cos \theta + b \cdot \sin \theta)/$$

$$y = a(\sin \theta - b \cdot \cos \theta)/$$

aは3000～10000、bは2～3、θは1～2、nは1～5、の範囲内で設定される定数なる関係式を用いて表されることがより好ましい。

#### 【0015】

また、前記第1の曲面と燃焼室側上側面及びクランク室側下側面の間は、それぞれに面取り部を有することが好ましく、又は、それぞれに外に凸の第2及び第3の曲面を有することが好ましい。

#### 【0016】

また、前記断面に現れる前記第1の曲面の頂点から燃焼室側端までの半径方向の後退量(t)(以下、単に「半径方向の後退量」又は「燃焼室側の外周摺動面の後退量」ともい

40

50

う。)は、ピストンリングの呼び径( $d_1$ )の0.01%以下であることが好ましい。

**【発明の効果】**

**【0017】**

本発明のピストンリングは、外周摺動面の第1の曲面形状が、クランク室側から燃焼室側に曲率半径が連続的に増加しているため、燃焼室側の曲率半径が大きく、シリンダ内最高圧力が負荷され燃焼室側でシリンダ壁と摺動接触しても、燃焼室側の曲率半径を大きくしてあるのでリング荷重による接触(ヘルツ)応力を低減することができ、スカッフを回避し、重大損傷に至ることが避けられる。また、燃焼室側の曲率半径が大きいと油膜も厚く形成されるので、オイルが上死点付近まで残って、さらにスカッフの回避にも貢献する。さらに、第1の曲面形状を、例えば、インボリュート曲線を変形した曲線で表せば、曲率半径を所望の範囲で連続的に変えることが可能となり、さらに数値制御による加工によって形成すること、あるいは数値制御により形成した形状の砥石により成形加工することも可能となって、確実に、且つ効率よく、クランク室側から燃焼室側に連続的に曲率半径が増加した第1の曲面を形成することが可能となる。10

**【図面の簡単な説明】**

**【0018】**

【図1】本発明の実施態様にかかるピストンリングの断面図(外周摺動面が第1の曲面で構成されている)である。

【図2】本発明の別の実施態様にかかるピストンリングの断面図(外周摺動面の頂点が下側面側端に位置する)である。20

【図3】本発明の別の実施態様にかかるピストンリングの断面図(第1の曲面と燃焼室側上側面及びクランク室側下側面の間それぞれに面取り部を有する)である。

【図4】本発明の別の実施態様にかかるピストンリングの断面図(第1の曲面と燃焼室側上側面及びクランク室側下側面の間それぞれに外に凸の第2及び第3の曲面を有する)である。

**【発明を実施するための形態】**

**【0019】**

図1～図4は、本発明の実施態様にかかる、軸方向幅( $h_1$ )、径方向厚さ( $a_1$ )のピストンリング(1)の断面を示している。断面はピストンリング(1)の中心軸を通る中心軸に平行な断面であり、外周摺動面は外に凸の第1の曲面(2)を含んでいる。そして、この第1の曲面(2)は、曲率半径( $R$ )がクランク室側(図の下部)から燃焼室側(図の上部)に連続的に増加していることを特徴としている。これにより、第1の曲面(2)の燃焼室側の曲率半径が大きくなり、第1の曲面(2)の燃焼室側でシリンダ壁と摺動接触しても、リング荷重による接触ヘルツ応力を低減し、結果的にPV値(面圧 $P$ とピストン速度 $V$ の積)を低減し、スカッフを回避することができる。30

**【0020】**

曲率半径( $R$ )が連続的に増加する曲線としては、例えば、インボリュート曲線が挙げられる。インボリュート曲線は、円に巻き付けた糸をぴんと張った状態でほどいていくときの糸の端点が描く軌跡をいい、

$$x = \cos + \sin$$

$$y = \sin - \cos$$

で表されるが、本発明のピストンリングの外周摺動面の第1の曲面(2)に適した曲率変化とするためには、上記曲線をパラメータ $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ を用いて変形し、

$$x = a(\cos + b \cdot \sin)/$$

$$y = a(\sin - \cos)/$$

$a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ は定数

なる関係式で表される曲線(変形インボリュート曲線)を用いることが好ましい。ここで $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ は適用するピストンリングに応じて適宜設定できるが、 $a$ は3000～10000、 $b$ は2～3、 $c$ は1～2、 $d$ は1～5とすることが好ましい。上記関係式の座標軸を所定量回転し、且つ所定量平行移動することにより、例えば $x$ 軸を $a_1$ 方向(リング軸に垂直な方向)

40

50

、y軸をh1方向（リング軸方向）として、第1の曲面(2)の頂点を原点とした曲線を描くことができる。

#### 【0021】

上記のように明確に数式で表される曲線は、第1の曲面の形成に際し、数値制御による加工や、数値制御により形成した形状の砥石による成形加工を可能とするため、製造を容易にし、製造品質を向上する。

#### 【0022】

図2～図4は、本発明の図1とは別の実施態様にかかるピストンリングを示している。図1及び図2は外周摺動面が第1の曲面からのみ構成され、第1の曲面の頂点(2)が、図1では上側面と下側面の間に位置しているが図2では下側面側端に位置している。図3は第1の曲面(2)と燃焼室側上側面(3)及びクランク室側下側面(4)の間それぞれに面取り部(5,5)を有しており、図3は面取り部(5,5)の代わりに外に凸の第2及び第3の曲面(6,6)を有している。

#### 【0023】

本発明のピストンリングは、基本的に、第1の曲面の頂点は軸方向幅の中央位置よりクランク室側に位置することが好ましい。後退量(t)はピストンリングの呼び径(d1)の0.01%以下であることが好ましく、0.007%以下であることがより好ましい。また、下限は0.001%であることが好ましい。

#### 【0024】

本発明のピストンリングは、シリンダ内最高圧力の大きな、呼び径が200 mm以上1100 mm未満の大型ディーゼルエンジンで好ましく使用できるが、外周摺動面が所定の形状を満足すれば、その適用エンジンを限定するものではなく、呼び径200 mm未満の中型ディーゼルエンジンにも使用できる。

#### 【0025】

また、本発明のピストンリングの母材は、鋳鉄材でも鋼材でも適用可能であるが、高出力化や高効率化に有効に対応し、さらに軽量化や低張力化を目指すには鋼材を適用することが好ましい。鋼材を母材に適用する場合、炭素鋼、低合金鋼、バネ鋼、軸受鋼、マルテンサイト系ステンレスから選択された鋼であることが好ましい。炭素鋼であればCが0.6～0.8質量%程度の高炭素鋼、バネ鋼であればSUP9、SUP10、SUP12等、軸受鋼であればSUJ2、マルテンサイト系ステンレスであればSUS420J2やSUS440Bが好ましく使用される。高温強度、熱伝導率、耐熱ヘタリ性等、求められる要求特性により適した鋼材が選択される。

#### 【0026】

本発明のピストンリングは、窒化皮膜、めっき皮膜、溶射皮膜、化成処理皮膜、及びイオンプレーティング皮膜からなるグループから選択された1又は2以上の皮膜を有していることが好ましい。めっき皮膜には、硬質クロムめっき皮膜、多層クロムめっき皮膜、ニッケル複合めっき皮膜が含まれ、溶射皮膜には、モリブデン溶射皮膜やサーメット溶射皮膜、イオンプレーティング皮膜には、CrN皮膜やTiN皮膜が含まれる。

#### 【実施例】

#### 【0027】

##### 実施例1

材料組成が、質量%で、C:0.48%、Si:0.21%、Mn:0.79%、Cr:1.02%、V:0.22%で、外径110 mm、長さ200 mmの棒鋼から、リングローリング加工により筒状素材を作製し、機械加工を施し、呼び径(d1)330 mm、幅(h1)5 mm、厚さ(a1)9 mmの矩形断面の鋼製トップリングを作製した。次に、460℃、5時間のガス窒化によりリング全面に窒化層を約70 μm形成し、さらに外周には、高速フレーム溶射によりNi合金基地中に微細なCr炭化物粒子が分散した複合材粒子を主たる構成粒子（スルザーメテコ社のSM5241粉末）とするサーメット溶射皮膜を約500 μm形成し、最終的には溶射皮膜の膜厚約350 μmまで仕上研磨を施した。ここで、ガス窒化により表面に生成した化合物層（白層）は研削除去した。

#### 【0028】

10

20

30

40

50

仕上研磨により形成した外周摺動面の第1の曲面は、

$$\begin{aligned}x &= a(\cos \alpha + b \cdot \sin \beta) / \\y &= a(\sin \alpha - \cos \beta) / \\a &= 6000, b = 3, \alpha = 1, \beta = 1.5\end{aligned}$$

なる変形インボリュート曲線を用い、第1の曲面の頂点（燃焼室側上側面から3.5 mmの距離とした）が座標軸の原点となるように、上記変形インボリュート曲線の座標軸を適宜回転させ、平行移動して描いている。また、この場合、下側面から0.5 mmの位置の曲率半径が70 mm、頂点位置の曲率半径が300 mm、上側面から0.5 mmの位置の曲率半径が460 mmとなる。この形状に成形した成形砥石を用いて、第1の曲面を形成し、上下側面から0.5 mmの領域は面取り加工を施し、仕上研磨を完了した。また、燃焼室側の外周摺動面の後退量（t）は0.009 mmで、呼び径（d1）の0.002%であった。  
10

#### 【0029】

##### 実機試験

実機試験は、ボア径330 mmの6気筒4ストローク中速ディーゼルエンジンの試験機において、6気筒全てに実施例1のトップリングを装着したピストンを使用して行った。トップリング以外は、従来から使用されてきたピストンリングを使用した。300時間の運転中はスカッフ等のトラブルは無く、トップリングを取り出して摺動面を観察した結果も特に異常はなかった。

#### 【0030】

##### 実施例2～4

変形インボリュート曲線のパラメータa、b、α、βを表1に示す値とした以外は実施例1と同様にして実施例2～4の鋼製トップリングを作製した。実施例2～4の下側面側（下側面から0.5 mmの位置）、頂点位置、上側面側（上側面から0.5 mmの位置）における曲率半径と、後退量（t）についても、実施例1の結果とともに表1に示す。さらに、実施例2～4のトップリングを2気筒ずつ装着して実施例1と同様に実機試験を行った結果、いずれのトップリングを使用した気筒においてもトラブルは無く、またトップリングの摺動面も異常はなかった。  
20

#### 【0031】

##### 【表1】

	パラメータ				後退量*		曲率半径, mm		
	a	b	α	β	t, mm	t/d1 %	下側面側	頂点位置	上側面側
実施例1	7000	3	1	2	0.009	0.0027	70	300	460
実施例2	6000	3	1	2	0.010	0.0030	110	300	440
実施例3	8000	3	1	1.7	0.007	0.0021	250	350	500
実施例4	5000	3	1	1.8	0.010	0.0030	120	250	370

\* 後退量は燃焼室側の外周摺動面の後退量（t）を意味する。  
30

#### 【0032】

##### 実施例5

材料組成が、質量%で、C:3.7%、Si:2.7%、Mn:0.6%、P:0.04%、S:0.01%、Cr:0.10%、Ni:0.90%、V:0.07%、Cu:2.39%の鑄鉄を溶解、鋳造、機械加工して、呼び径（d1）330 mm、幅（h1）7 mm、厚さ（a1）10 mmの矩形断面のCV黒鉛鑄鉄製圧力リングを作製した。変形インボリュート曲線のパラメータをa = 6000、b = 3、α = 1、β = 1.7として、燃焼室側上側面から4.5 mmの距離とした第1の曲面の頂点が座標軸の原点となるように、上記変形インボリュート曲線の座標軸を適宜回転させ、平行移動して描いている。また、この場合、下側面から0.5 mmの位置の曲率半径がR65 mm、頂点位置の曲率半径がR280 mm、上側面から0.5 mmの位置の曲率半径がR450 mmとなる。この形状に成形した成  
40

形砥石を用いて、第1の曲面を形成し、上下側面から0.5 mmの領域は面取り加工を施し、仕上研磨を完了した。また、燃焼室側の外周摺動面の後退量( $t$ )は0.024 mmで、呼び径( $d_1$ )の0.007%であった。

### 【0033】

実施例5についても、実施例1と同様な実機試験を行った結果、いずれの気筒においてもトラブルは無く、またトップリングの摺動面も異常はなかった。

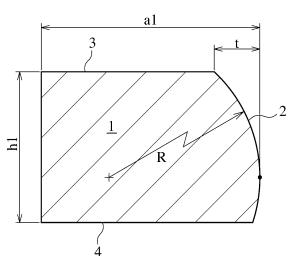
### 【符号の説明】

#### 【0034】

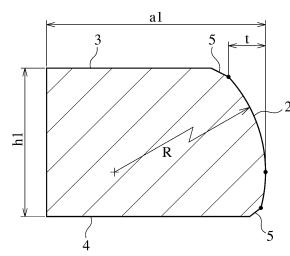
- 1 ピストンリング
- 2 第1の曲面
- 3 燃焼室側上側面
- 4 クランク室側下側面
- 5 面取り部
- 6 第2及び第3の曲面

10

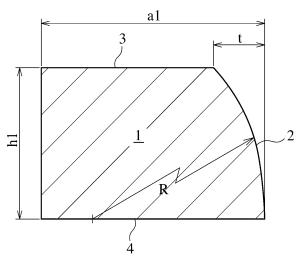
【図1】



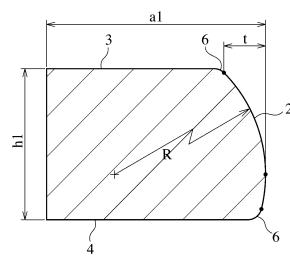
【図3】



【図2】



【図4】



---

フロントページの続き

審査官 谷口 耕之助

(56)参考文献 特開平06-185620(JP,A)  
特開2009-091927(JP,A)  
特開2005-273583(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 16 J 9 / 20  
F 02 F 5 / 00