(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年7月19日(19.07.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/131356 A1

(51) 国際特許分類:
F02F 3/22 (2006.01)　*F01P 3/08* (2006.01)
F01M 1/06 (2006.01)　*F02F 3/14* (2006.01)
F01M 1/08 (2006.01)　*F16J 1/09* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2017/044313

(22) 国際出願日：　2017年12月11日(11.12.2017)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(30) 優先権データ：
特願 2017-004038　2017年1月13日(13.01.2017)　JP

(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(**HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

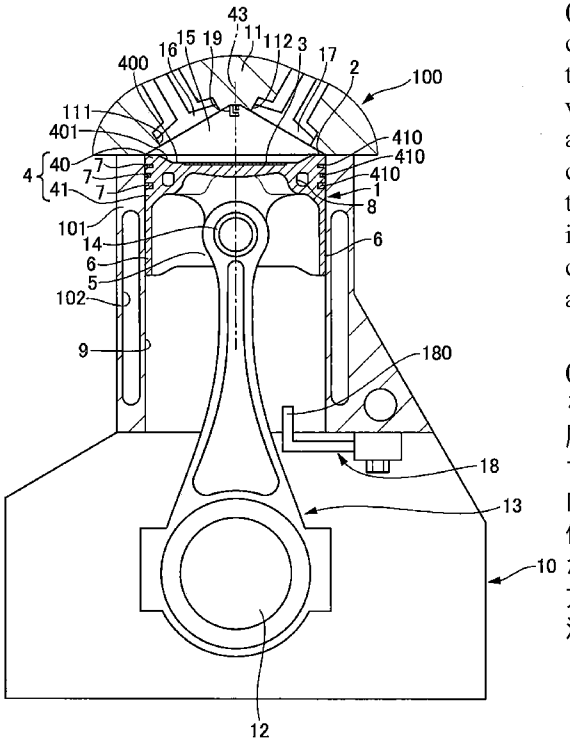
(72) 発明者: 宍戸 圭太郎 (**SHISHIDO, Keitarou**); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名４丁目７番１号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 小野 新次郎，外 (**ONO, Shinjiro** et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目２番１号 新大手町ビル２０６区 ユアサハラ法律特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** PISTON FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称： 内燃機関のピストン



(57) **Abstract:** In order to provide a piston which is for an internal combustion engine and makes it possible to both improve combustion efficiency and suppress knocking, the present invention is provided with: a piston body that contains a metal, has a piston head and a piston skirt, and has a holding part formed in the piston head on a combustion chamber side of the internal combustion engine; a low thermal conductivity layer disposed inside the holding part and having a thermal conductivity lower than the piston body; and a cooling channel that extends inside the piston head in a direction around an axis, and through which a fluid for cooling the piston head can flow.

(57) 要約：燃焼効率の向上とノッキングの抑制との両立を図ることができる内燃機関のピストンを提供する。金属を含み、ピストンヘッドとピストンスカートとを有するピストン本体であって、ピストンヘッドにおける、内燃機関の燃焼室側に保持部が形成されたピストン本体と、保持部内に配置され、ピストン本体より熱伝導率が低い低熱伝導層と、ピストンヘッド内で軸線の周り方向に延び、ピストンヘッドを冷却するための流体が流れることが可能な冷却通路と、を備える。

WO 2018/131356 A1

［続葉有］

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明　細　書

発明の名称 ： 内燃機関のピストン

技術分野

[0001]　本発明は、内燃機関のピストンに関する。

背景技術

[0002]　従来、例えば特許文献１には、金属製であって、ピストン頂部に低熱伝導部材が鋳込まれた内燃機関のピストンが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００９－２５７１８７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　従来のピストンでは、内燃機関の燃焼効率の向上とノッキングの抑制とを両立するのが困難であった。

課題を解決するための手段

[0005]　本発明の一実施形態に係る内燃機関のピストンは、金属を含み、ピストンヘッドとピストンスカートとを有するピストン本体であって、ピストンヘッドにおける、内燃機関の燃焼室側に保持部が形成されたピストン本体と、保持部内に配置され、ピストン本体より熱伝導率が低い低熱伝導層と、ピストンヘッド内で軸線の周り方向に延び、ピストンヘッドを冷却するための流体が流れることが可能な冷却通路と、を備える。

[0006]　よって、燃焼効率の向上とノッキングの抑制との両立を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]第1実施形態の1つのシリンダの軸線を通る平面でエンジンの一部を切った断面を模式的に示す。

[図2]第1実施形態のピストンの斜視図である。

[図3]第1実施形態のピストンをその軸線方向における燃焼室側から見た正面図（以下、軸線方向正面図という。）である。

[図4]第1実施形態のピストンをその軸線を通る平面で切った断面（図3のIV-IV視断面。以下、軸線方向断面という。）を示す。

[図5]第2実施形態のピストンの軸線方向正面図である。

[図6]第3実施形態のピストンの軸線方向正面図である。

[図7]第4実施形態のピストンの軸線方向断面を示す。

[図8]第5実施形態のピストンの軸線方向断面を示す。

[図9]第6実施形態のピストンの軸線方向正面図である。

[図10]第6実施形態のピストンの軸線方向断面を示す。

[図11]第7実施形態のピストンの軸線方向断面を示す。

[図12]第8実施形態のピストンの軸線方向断面を示す。

[図13]第9実施形態のピストンの軸線方向断面における保持部の内周と低熱伝導層の外周との境界部位を拡大して示す。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本発明を実施するための形態を、図面に基づき説明する。

[0009] ［第1実施形態］

まず、構成を説明する。図1に示す本実施形態の内燃機関（エンジン）100は、4ストローク・ガソリンエンジンであり、自動車等の車両に適用される。エンジン100は、ピストン1と、シリンダブロック10と、シリンダヘッド11と、クランクシャフト12と、コネクティングロッド（コンロッド）13と、ピストンピン14と、燃焼室15と、点火装置と、バルブとを備える。バルブは2つの吸気バルブ16と2つの排気バルブ17を有する。シリンダブロック10にはクランクシャフト12が回転可能に設置される。シリンダブロック10には、円筒状のシリンダライナ（シリンダスリーブ）101が設置される。シリンダライナ101の内周側はシリンダ9の内壁として機能する。ピストン1は、シリンダ9の内部に、往復移動可能に収容される。シリンダライナ101の内部には冷却通路102

がある。冷却通路102には冷却水が循環する。

[0010] ピストン1は、ピストン本体2と低熱伝導層3を有する。ピストン1（ピストン本体2）は、有底筒状であり、ピストンヘッド（冠部）4と、ピストンボス（エプロン部）5と、ピストンスカート（スカート部）6とを有する。ピストンヘッド4は、冠面部40とランド部41を有する。シリンダ9の内部におけるピストン本体2の移動方向に対し直交する平面で切ったピストンヘッド4（冠面部40）の断面は略円形である。この断面の中心点を通り、かつピストン本体2の移動方向と平行な線を軸線（基準軸線）43という。軸線43が延びる方向（ピストン本体2の上記移動方向）を軸線方向という。軸線方向においてピストンボス5やピストンスカート6に対しピストンヘッド4の側を一方側といい、その反対側を他方側という。冠面部40は、ピストンヘッド4における軸線方向一方側にある。冠面部40の軸線方向一方側には冠面（頂面）400がある。冠面400は、軸線方向からみて略円形の輪郭を有する。ランド部41は冠面部40の外周側から軸線方向他方側に延びる。ランド部41の外周には、環状の溝（リング溝）410が3つある。リング溝410にはピストンリング7が設置される。ランド部41の内部には、環状の冷却通路（クーリングチャンネル）8がある。

[0011] 図2に示すように、ピストンボス5及びピストンスカート6は、ピストンヘッド4（ランド部41）から軸線方向他方側に延びる。ピストンスカート6及びピストンボス5の内周側は中空である。ピストンボス5は、ピストン1の径方向両側に一対ある。各ピストンボス5はピンボス50を有する。各ピンボス50はピストンピン穴51を有する。ピストンピン穴51は、ピンボス50を貫通してピストン1の径方向に延びる。ピストンスカート6は、ピストン1の径方向両側に一対ある。ピストンスカート6は、ピストン1の周方向（軸線43の周り方向）で両ピストンボス5,5に挟まれる。両ピストンスカート6,6はピストンボス5によって連結される。ピストンスカート6はシリンダ9の内壁に対し摺動する。ピストンピン穴51にはピストンピン14の端部が嵌合する。図1に示すように、ピストン1は、ピストンピン14を介してコンロッド13の一端側（小端部）に連結される。コンロッド13の他端側（大端部）はクランクシャフト12に連結される

。

[0012] シリンダブロック10にはオイルジェット（オイルジェット装置）18が設置される。オイルジェット18は、逆止弁とノズル180を有している。オイルジェット18は、シリンダブロック10の内部の通路（メインギャラリ）からオイルを供給され、このオイルをノズル180からピストン1の軸線方向他方側（ピストンヘッド4における冠面400の反対側）に向けて軸線方向に噴射する。

[0013] シリンダヘッド11は、シリンダ9の開口を塞ぐようにシリンダブロック10に設置される。シリンダヘッド11には、バルブ16,17と、燃料の噴射ノズルと、点火装置とが設置される。図1に示すように（ピストン1が上死点にあるとき）、ピストン1の冠面400とシリンダヘッド11との間に、燃焼室15が区画される。冠面400は燃焼室15の内部の燃焼ガスに直接暴露される。ピストンボス5及びピストンスカート6はピストンヘッド4に対し燃焼室15の反対側にある。燃焼室15はペントルーフ型である。シリンダヘッド11の側においてペントルーフ形状を構成する2つの平面部（傾斜面）のうち一方には2つの吸気ポート111が開口し、他方には2つの排気ポート112が開口する。吸気バルブ16は吸気ポート111と燃焼室15との連通状態を切り替え、排気バルブ17は排気ポート112と燃焼室15との連通状態を切り替える。点火装置は、例えば電子制御式であり、シリンダ9ごとにスパークプラグ（点火プラグ）を備える。スパークプラグの電極19は、ペントルーフの頂点であって、軸線方向で冠面400の中心（軸線43）に重なる位置に設置される。

[0014] ピストン本体2は、軽量化等のため、アルミニウム合金（例えばAl-Si系のAC8A）を材料（素材）として形成される。図2及び図3に示すように、ピストンヘッド4の冠面部40における燃焼室15に臨む側（軸線方向一方側）すなわち冠面400には、凹部401、保持部402、及びバルブリセス403,404がある。凹部401は有底円筒状（底面が平面である浅皿状）である。凹部401の軸心は軸線43と一致する。保持部402は、凹部401の底部にあり、凹部401よりも浅い第2の凹部である。軸線方向から見て保持部402は円形であり、その中心は軸線43と一致する。軸線43を中心とする保持部402の半径は軸線43を中心とする凹部401

の半径よりも小さく、保持部402は凹部401の内部にある。バルブリセス403,404は、ピストン1とバルブ16,17との干渉を避けるため、バルブ16,17の形状に沿って設けられた凹部（バルブ16,17の逃げ溝）である。吸気バルブ16用のリセス403は軸線43に対し吸気ポート111の側にある。排気バルブ17用のリセス404は軸線43に対し排気ポート112の側にある。各リセス403,404は、軸線43を中心とするピストン1の径方向で保持部402よりも外側にある。

[0015] 図3及び図4に示すように、保持部402には低熱伝導層3が収容される。層3は、冠面400に沿って広がる。層3の軸線方向一方側の面は、冠面400（凹部401の底面）に連続してピストン1の径方向に広がる。層3の軸線方向他方側の面は保持部402の底面に接する。層3の外周は保持部402の内周（内壁）に接する。層3の厚さ（保持部402の深さ）は任意である。層3は、金属のバインダー及びジルコニア（二酸化ジルコニウム）を含む。バインダーはアルミニウムを含む。アルミニウムは、純アルミニウムであってもよいし、ピストン本体2と同じアルミニウム合金であってもよいし、純アルミニウムとアルミニウム合金の両方を含んでもよい。また、バインダーは、アルミニウムの他に添加物を含んでもよい。

[0016] 冷却通路8は、本体部80、入口部81、及び出口部82を備える。本体部80は、ランド部41の外周に沿って軸線43の周り方向に延びる。本体部80は、軸線方向から見て、環状であり、保持部402を取り囲む。本体部80は、軸線方向で、リング溝410が形成された領域の少なくとも一部と重なる。本体部80を1つのドーナツ型の円環としてみたとき、この円環の回転軸線83は軸線43と平行である（本実施形態では軸線43と一致する）。また、回転軸線83を通る平面で切った本体部80の形状及び断面積は、回転軸線83（軸線43）の周り方向で一定ある。本体部80において軸線方向で冠面400の側（軸線方向一方側）の端部801、及び冠面400と反対側（軸線方向他方側）の端部802はそれぞれ、軸線43の周り方向において、軸線43に対し直交する単一の平面上にある。

[0017] 入口部81及び出口部82は、ピストンヘッド4の軸線方向他方側の端部42に開口する一対の開口部である。入口部81及び出口部82は、軸線方向に延びて本

体部80に接続し、軸線方向から見て本体部80に重なる。入口部81は軸線43に対し排気ポート112（バルブリセス404）の側に1つあり、出口部82は軸線43に対し吸気ポート111（バルブリセス403）の側に1つある。入口部81及び出口部82は、軸線43を挟んで反対側にある。軸線方向から見て、入口部81及び出口部82は、軸線43を通る同じ直線上にある。ピストン1の周方向で、入口部81は一方のピストンボス5に隣接し、出口部82は他方のピストンボス5に隣接する。入口部81は軸線方向でオイルジェット18（ノズル180）の噴射口に対向する。

[0018] 軸線43を中心とする保持部402及び低熱伝導層3の半径は、冷却通路8（本体部80）の回転軸線83を中心とする内周の半径よりも小さい。保持部402及び層3は、軸線43を中心とするピストン1の径方向において冷却通路8（本体部80）よりも内側にある。言い換えると、軸線方向から見て、層3の外周は、冷却通路8（本体部80）の内周よりも上記径方向内側（軸線43に近い側）にあり、軸線43の周り方向における任意の位置で、層3は冷却通路8と重ならない。

[0019] 以下、本実施形態のピストン1の製造方法を説明する。製造方法は、鋳造工程、熱処理工程、低熱伝導層形成工程、及び機械加工工程を含む。鋳造工程で、ピストン本体2の原型（中間加工材）を鋳造する。具体的には、冷却通路8を形成するための中子を金型に設置する。中子は、粉末の塩を押し固めることで、本体部80と同じ円環状に形成される。中子は、高温状態で金型に設置され、入口部81と出口部82に対応する位置でピンにより支持される。金型においてピストン本体2（の型）の軸線43が鉛直方向に延びる場合、中子の回転軸線方向片側（鉛直方向下側）における上記対応する位置に、鉛直方向上側に向って突出するピンを刺し、中子が水平となるようにこれらのピンにより中子を支持する。このとき、中子の回転軸線はピストン本体2（の型）の軸線43と一致する。中子の上下両端（回転軸線方向端部が位置する平面）が水平となり、軸線43に対し直交する。この状態で、アルミニウム合金の溶湯を上記金型に流し込み、凝固させる。ピストン本体2（ピストンスカート6等）の内周及び冷却通路8の本体部80が形成されると共に、凹部401及び保持部402の

原型が形成される。なお、凹部401及び保持部402の原型を機械加工により形成してもよい。

[0020] 熱処理工程で、熱処理を行う。これにより、鋳造された原型の性質を改善して適当な強度・硬さに調整する。低熱伝導層形成工程で、原型（における燃焼室15の側）に低熱伝導層3を形成する。層3は、早くとも上記熱処理工程後に形成される。（熱処理工程は低熱伝導層形成工程の前に行われる。）本実施形態では、上記熱処理工程後、機械加工工程前に、層3を形成する。機械加工工程で、層3が形成された原型を旋盤等により機械加工する。ピストンヘッド4のうち燃焼室15に臨む側を切削加工し、冠面400を形成する。また、中子を支持するピンを抜いてできる孔の内壁を加工し、冷却通路8の入口部81と出口部82を形成する。なお、塩製の中子は熱湯（熱水）で溶かされ除去される。さらに、ピストンピン穴51やリング溝410を加工するとともに、ピストンヘッド4やピストンスカート6の外周等、ピストン本体2の外径を仕上げる。これによりピストン1が形成される。

[0021] 低熱伝導層形成工程は、材料準備工程と、材料設置工程と、焼結工程とを含む。材料準備工程で、低熱伝導層3を形成するための材料（以下、形成材料という。）を準備する。形成材料は、バインダーの粉末とジルコニアの粉末とを含む。バインダーの粉末はアルミニウム粉である。アルミニウム粉とジルコニアの粉末とを所定の（重量又は体積の）比率で混ぜ合わせ、粉体である混合材料としての形成材料を準備する。この混合材料においてジルコニアの粉末はアルミニウム粉の中に分散している。材料設置工程で、形成材料を、（熱処理が行われた）保持部402の原型に充填する。なお、保持部402の原型のどの位置まで形成材料を入れるかは任意である。焼結工程で、充填された形成材料（具体的にはそのうちの主にアルミニウム粉）を焼結する。本実施形態では、放電プラズマ焼結法を利用し、機械的な加圧とパルス通電加熱とによって焼結を行う。ピストン1の上記原型の軸線方向両側に炭素電極を接触させる。形成材料を軸線方向で加圧した状態で、電源からパルス電圧（電流）を印加する。通電による各アルミニウム粉の発熱や粒子間に発生する放

電プラズマエネルギー等により、形成材料が焼結される。（当初よりも体積が減少した）焼結体が保持部402の内部に形成される。焼結体は、冠面400に直交する方向に広がる焼結層である。これにより、焼結体を収容する保持部402を備えたピストンヘッド4の原型が形成される。その後に行われる機械加工工程では、ピストンヘッド4の一部とともに焼結体の一部を切削加工し、焼結体を表面に含む冠面400を仕上げる。この焼結体が層3となる。

[0022] 次に、作用効果を説明する。吸入行程で、シリンダ9の内部でピストン1が下降すると、吸気ポート111からシリンダ9への吸気が行われる。圧縮行程で、全てのポート111,112が閉じられた状態でピストン1が上昇すると、（燃料を含む）混合気が圧縮される。スパークプラグが上記混合気に点火すると、上記混合気が爆発（燃焼）して燃焼ガスとなる。本実施形態では、火元であるスパークプラグ（電極19）が燃焼室15の頂上中央付近（バルブ16,17の間）にある。また、燃焼室15の形状はペントルーフ型であるため、燃焼室15の外周側の内壁がピストン1の冠面400（上死点時のピストンヘッド4）に近い。よって、圧縮行程でピストン1が上昇すると、燃焼室15の外周側にある混合気が中央側に押し出される。電極19に向かって混合気が集まるため、混合気が燃えやすくなる（燃焼効率が向上する）。燃焼は、火炎が順次混合気内を伝播することによって進行する。火炎は電極19から軸線方向他方側（冠面400の側）及び外周側へ伝播する。

[0023] 低熱伝導層3は、ピストンヘッド4における軸線方向一方側（燃焼室15の側）にある。層3は、燃焼室15からピストン本体2への熱伝導性を低めるための構造体であり、燃焼室15とピストン本体2との間にあって断熱層として機能する。層3は、燃焼室15内のガスからピストンヘッド4（ピストン本体2）への熱伝達を低下させ、混合気の熱がピストン本体2に奪われるのを抑制する。よって、エンジン100の燃焼効率の低下（冷却損失）を抑制し、エンジン100の熱効率の向上を図ることができる。

[0024] なお、エンジン100が筒内直噴式である場合、低熱伝導層3は、冠面400において、少なくとも燃料の噴射領域に対応した箇所（燃料が衝突・爆発し、温

度や圧力が最も高くなる部位及びその周辺）に形成されることが好ましい。この箇所に層3があることで、燃焼室15内のガスからピストンヘッド4（ピストン本体2）への熱伝達をより効果的に低下させることができる。また、層3によりピストン本体2への熱吸収が抑制されることから、冠面400において燃料が付着する箇所が速やかに高温になるとともに、高温状態を維持する。よって、付着した燃料が速やかに気化・燃焼するため、燃焼効率が向上し、排ガス特性の悪化を抑制できる。なお、冠面400において上記箇所以外に層3を形成しなければ、上記箇所以外の部位で不必要に高温となってノッキングが発生する事態を抑制できる。

[0025] 層3の中のジルコニアは、低熱伝導性材料であり、ピストン本体2の素材（母材金属）であるアルミニウム合金よりも、熱伝導率が低い。よって、層3は全体として（平均的に）熱伝導率がピストン本体2よりも低い。なお、低熱伝導性材料としてはジルコニアに限らず、例えばグラファイト（黒鉛）等を用いてもよい。また、層3は、熱伝導率が平均してピストン本体2よりも低ければよく、例えば、低熱伝導性材料を積極的に含んでいなくてもよい。例えば、ピストンヘッド4における燃焼室15に面する部位が空隙を多く含むことで、ピストン本体2よりも低い熱伝導率を有する層として機能してもよい。本実施形態では、層3が低熱伝導性材料を積極的に含むため、ピストン本体2よりも低い所望の熱伝導率を有する層の形成が比較的容易である。

[0026] 形成材料中のアルミニウム粉は、互いに又はピストン本体2と接着することでバインダーとして機能し、ジルコニアを層3に保持する。なお、バインダーは、アルミニウムに限らず、他の金属（マグネシウム等）を含んでもよい。また、金属に限らずポリアミドイミド等のエンジニアリングプラスチックをバインダーとして用いてもよい。本実施形態では、バインダーがピストン本体2と共通する素材であるアルミニウムを含むことから、層3とピストン本体2との接合力を容易に向上できる。なお、低熱伝導性材料を含む層3を、バインダーの焼結によらず形成してもよい。本実施形態では、層3におけるバインダー（アルミニウム粉）の焼結体は、鋳造によるピストン本体2よりも、微少な

空隙（気孔）を多く含む。空隙は中実な固体よりも熱伝導率が低い。よって、層3は全体として熱伝導率がピストン本体2よりも更に低くなる。なお、摩擦撹拌溶接（接合）の原理を利用して焼結を行ってもよい。例えば、回転駆動した工具を形成材料に押し当てることで、形成材料を焼結する。本実施形態では、放電プラズマ焼結法を利用するため、ピストンヘッド4の変形が比較的少ない点で有利である。

[0027] 低熱伝導層3は保持部402によりピストンヘッド4（冠面部40）に保持される。よって、層3の損傷や脱落が抑制されるため、ピストン1の耐久性を向上できる。なお、予め成形した層（プリフォーム）3を保持部402に設置し、これをピストン本体2に接合させてもよい。また、保持部402は（第2の）凹部でなくてもよい。本実施形態では、（第2の）凹部を保持部402として機能させるため、層3をより強固に保持可能である。ここで保持部402は単一の凹部に限らず、例えば複数の凹凸を有してもよい。また、冠面部40に陽極酸化処理を施すことで層3を成長させてもよい。この場合、冠面部40における陽極酸化皮膜を取り囲む部分が保持部402として機能する。言換えると、冠面部40に保持部402を機械的に形成しなくてもよい。層3は、冠面部40における燃焼室15の側にあればよく、燃焼室15に露出していなくてもよい。本実施形態では、層3は、燃焼室15に露出しており、燃焼室15に臨む冠面400の一部（燃焼室15の壁の一部）を構成する。よって、燃焼室15からピストン本体2への熱伝導性をより効果的に低下させることができる。

[0028] 一方、ピストンヘッド4の温度が高くなり過ぎると、ノッキングの原因となりうる。火炎が伝播する前方の未燃混合気（エンドガス）が燃焼ガスによって圧縮され、高温・高圧となる。このエンドガスが自己着火するとノッキングが発生する。ピストンヘッド4の温度が高くなり過ぎると、エンドガスが自己着火しやすい。具体的には、火炎は燃焼室15の中央側（スパークプラグの電極19）から外周側へ向かって伝播するため、ノッキングは外周側で発生しやすい。また、吸気ポート111よりも排気ポート112のほうが高温となるため、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうでノッキ

ングが発生しやすい。

[0029] 燃焼室15からピストンヘッド4に伝わった熱は、ピストンリング7を介してシリンダライナ101及びその内部（冷却通路102）の冷却水に伝わることで放出される。また、上記熱は、ピストン1の裏面（ピストンヘッド4における燃焼室15の反対側）にオイルが付着し流出したり、冷却通路8の内部をオイルが流通したりすることでも、放出される。オイルは冷却液として機能する。このオイルの付着や流通は、例えばオイルジェット18からのオイルの噴射により行われる。具体的には、冷却通路8の入口部81は、オイルジェット18から噴射されるオイルの入り口となる。入口部81から導入されたオイルは、本体部80の内部を軸線43の周り方向一方側及び他方側に流れる。流れる過程で、オイルは、ピストン本体2の内部でピストンヘッド4の熱を奪いながら、自らは徐々に温度が上昇する。出口部82はオイルの出口となる。出口部82に到達したオイルは、出口部82から排出される。排出されたオイルは例えば自重により落下し、エンジン100の下部のオイルパンに戻る。このように、ピストン1が冷却通路8を備えることで、ピストンヘッド4が効率よく冷却されるため、ノッキングの発生を抑制できる。燃焼時の冷却損失の（層3による）低減と、ノッキングの抑制との両立を図ることができる。

[0030] 低熱伝導層3は、軸線43を中心とするピストン1の径方向において、冷却通路8よりも内側にある。軸線方向から見て、燃焼が開始される冠面400の中央側に低熱伝導層3があることで、燃焼時の冷却損失を効果的に低減することができる。また、軸線方向から見て、冠面400の外周側に冷却通路8の投影部分（図3の破線）があることで、ノッキングが発生しやすい外周側が冷却されるため、ノッキングを効果的に抑制することができる。軸線方向から見て、冷却通路8の上記投影部分に低熱伝導層3が重ならないため、冠面400の外周側が冷却通路8により効率的に冷却される。よって、燃焼時の冷却損失の低減とノッキングの抑制とを高いレベルで両立させることができる。

[0031] なお、冷却通路8は、軸線43の周り方向に延びていればよく、軸線方向から見た形状が、多角形状等であってもよい。本実施形態では、上記形状が円環

状であるため、ピストンヘッド4の外周側を効率よく冷却可能である。また、冷却通路8は、軸線43の周り方向で連続的でなく非連続的であってもよい。例えば円弧状であってもよい。本実施形態では、冷却通路8は軸線43の周り方向で連続的な環状であるため、ピストンヘッド4の全周を効率よく冷却可能である。また、冷却通路8において、ピストンヘッド4における燃焼室15の反対側（端部42）で、入口部81及び出口部82のみが開口するのでなく、軸線43の周り方向における任意の箇所、例えば全部が開口してもよい。言い換えると、冷却通路8は筒状に限らず半筒状であってもよい。本実施形態では、冷却通路8が筒状であり、オイルが本体部80の底部（軸線方向他方側の端部802）の上を流れる。このため、通路8にオイルが保持され、ピストンヘッド4を効率よく冷却可能である。

[0032] 冷却通路8（本体部80）は、軸線方向における燃焼室15と反対側（軸線方向他方側）の端部802が、軸線43の周り方向において、軸線43に対し直交する単一の平面上にある。よって、ピストン1の鋳造工程で、軸線43が鉛直線上を延びるようにピストン本体2の型を設置した場合、鋳造されるピストン本体2において、冷却通路8の鉛直方向下側の端部802が水平になる。冷却通路8を形成するための中子は、その鉛直方向下側の端部が水平になるように設置される。中子の設置や支持が容易となるため、ピストン1の鋳造工程を容易化し、生産性を向上できる。

[0033] 軸線43を通る平面で切った冷却通路8（本体部80）の形状は、軸線43の周り方向で一定である。よって、冷却通路8を中子を用いて形成する場合、軸線43を通る平面で切った中子の形状も、軸線43の周り方向で一定となる。言換えると、中子の回転軸線を通る平面で切った中子の断面形状が上記回転軸線の周り方向で一定となる。このため、中子を形成して設置する際、高温状態の中子が冷却して収縮することに伴う中子の割れ（損傷）が抑制される。よって、ピストン1の生産性を向上することができる。なお、中子の材料は塩に限らず砂等であってもよい。本実施形態のように中子を塩で形成する場合、中子の強度確保や中子の除去容易性の点で有利である。

[0034] 冷却通路8の内部のオイルの温度は、入口部81の側で低く、出口部82の側で（ピストンヘッド4の熱を奪った分）高くなる。これにより、出口部82の側よりも入口部81の側のほうが、ピストンヘッド4とオイルとの温度差を大きくできることから、ピストンヘッド4（冠面400）の冷却効率が高い。本実施形態では、入口部81は軸線43に対し排気ポート112の側にあり、出口部82は軸線43に対し吸気ポート111の側にある。よって、上記冷却効率は、排気ポート112の側（入口部81の側）のほうが吸気ポート111の側（出口部82の側）よりも高くなる。ノッキングが発生しやすい排気ポート112の側のほうで上記冷却効率を高くすることにより、ノッキングの発生をより効果的に抑制することができる。ここで、ピストンヘッド4において、軸線43に対し排気ポート112の側とは、軸線方向から見て、軸線43を通ってピストン1の径方向に延びる1本の直線によりピストンヘッド4を二分したときに排気ポート112（のシリンダヘッド11における開口部の中心）又は排気バルブ17（の軸心）が位置する側をいう。上記直線として、例えばピストンピン穴51の軸心に平行なものを選択可能である。軸線43に対し吸気ポート111の側も、同様にして定義される。排気ポート112（排気バルブ17）の位置する側であるか、吸気ポート111（吸気バルブ16）の位置する側であるかどうかは、種々の方法により特定可能である。例えば、バルブリセス403,404の円弧から推定されるバルブの径が小さいほうが排気バルブ17であり、大きいほうが吸気バルブ16である。このようにバルブリセス403,404の形状から、上記位置する側を特定可能である。また、ピストンピン穴51（の軸心）が軸線43に対しスラスト側に寄っているか反スラスト側に寄っているか等によっても、特定可能である。

[0035] オイルジェット18は、シリンダブロック10に設置されるタイプに限らず、クランクシャフト12から供給されるオイルをコンロッド13の内部の孔から噴射するタイプでもよい。本実施形態では、シリンダブロック10にオイルジェット18が設置されているため、コンロッド13の運動状態に関わらず、ピストン1における任意の位置（例えば入口部81）に正確にオイルを噴射可能である。よって、冷却通路8にオイルが効果的に流れ、ピストンヘッド4を効率よく

冷却可能である。

[0036] ［第2実施形態］

まず、構成を説明する。以下、第1実施形態と共通する部材や構造については第1実施形態と同じ符号を付して、説明を省略する。図5に示すように、保持部402は、軸線方向から見て楕円状であり、その中心は軸線43に対し吸気ポート111（バルブリセス403）の側に寄っている。保持部402は凹部401の内部にある。保持部402及び低熱伝導層3は、軸線方向から見て、軸線43（冠面400の中央部）と重なると共に、冷却通路8よりも内側にあり、冷却通路8と重ならない。軸線43に対し直交する方向における低熱伝導層3の面積は、軸線43に対し排気ポート112（バルブリセス404）の側よりも吸気ポート111（バルブリセス403）の側のほうが大きい。他の構成は第1実施形態と同じである。

[0037] 次に、作用効果を説明する。軸線43に対し直交する方向における（軸線方向から見た）低熱伝導層3の面積は、軸線43に対し排気ポート112の側よりも吸気ポート111の側のほうが大きい。言換えると、上記面積は、吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが小さい。このため、（層3が覆わないことで）冷却通路8が効率よく冷却可能な冠面400の範囲が、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうで大きくなる。すなわち、冷却通路8による冠面400の冷却効率は、排気ポート112の側のほうが吸気ポート111の側よりも高くなる。一方、吸気ポート111の側で層3の上記面積が大きいことで、燃焼時の冷却損失を効果的に低減することができる。よって、上記冷却損失の低減とノッキングの抑制とを高いレベルで両立させることができる。他の作用効果は第1実施形態と同じである。

[0038] ［第3実施形態］

まず、構成を説明する。以下、第1実施形態と共通する部材や構造については第1実施形態と同じ符号を付して、説明を省略する。図6に示すように、保持部402は、軸線43に対し吸気ポート111の側にある。保持部402の大部分は凹部401の内部にある。保持部402の一部分はピストン1の径方向で凹部401よりも外周側にあって吸気バルブ16用のリセス403を包含する。軸線方向から見て

、保持部402及び低熱伝導層3は、軸線43（冠面400の中央部）と重ならないと共に、軸線43に対し吸気ポート111（バルブリセス403）の側で冷却通路8（破線）と重なり、排気ポート112（バルブリセス404）の側で冷却通路8と重ならない。軸線43に対し直交する方向における層3の面積は、軸線43に対し排気ポート112の側よりも吸気ポート111の側のほうが大きい。他の構成は第1実施形態と同じである。

[0039] 次に、作用効果を説明する。軸線43に対し直交する方向における（軸線方向から見た）低熱伝導層3の面積は、軸線43に対し排気ポート112の側よりも吸気ポート111の側のほうが大きい。言換えると、上記面積は、吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが小さい。このため、軸線方向から見て、冷却通路8の投影部分（破線）が層3と重なる面積を、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうで小さくすることが容易である。この場合、冷却通路8による冠面400の冷却効率は、排気ポート112の側のほうで吸気ポート111の側よりも一層高くなる。一方、軸線方向から見て、冷却通路8の上記投影部分を層3が覆う面積を、軸線43に対し排気ポート112の側よりも吸気ポート111の側のほうで大きくすることが容易である。この場合、燃焼時の冷却損失を一層効果的に低減することができる。よって、上記冷却損失の低減とノッキングの抑制とをより高いレベルで両立させることができる。本実施形態では、排気ポート112の側で、軸線方向から見て、冷却通路8の上記投影部分は層3と重ならない（重なる面積がゼロ）。よって、上記冷却効率をより効果的に高くできる。また、吸気ポート111の側で、軸線方向から見て、冷却通路8の上記投影部分の大部分が層3により覆われる。よって、上記冷却損失をより効果的に低減できる。他の作用効果は第2実施形態と同じである。

[0040] ［第4実施形態］

まず、構成を説明する。以下、第1実施形態と共通する部材や構造については第1実施形態と同じ符号を付して、説明を省略する。図7に示すように、凹部401の底面に対する保持部402の軸線方向深さは、吸気ポート111の側の端部

405及び排気ポート112の側の端部406で略ゼロである。上記深さは、端部405から軸線43の側へ向うにつれて徐々に大きくなり、端部405と軸線43との間の部位407で最も大きくなり、部位407から端部406へ向うにつれて徐々に小さくなる。低熱伝導層3の軸線方向一方側の面は、凹部401の底面に連続してピストン1の径方向に広がる平面状である。よって、軸線方向における層3の厚さも、端部405から部位407へ向うにつれて徐々に大きくなり、部位407で最も大きくなり、部位407から端部406へ向うにつれて徐々に小さくなる。軸線方向における層3の厚さは、軸線43に対し排気ポート112の側よりも吸気ポート111の側のほうが平均して大きい。他の構成は第1実施形態と同じである。

[0041] 次に、作用効果を説明する。軸線方向における低熱伝導層3の厚さは、軸線43に対し排気ポート112の側よりも吸気ポート111の側のほうが平均して大きい。言換えると、層3の上記厚さは、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが平均して小さい。このため、排気ポート112の側では、軸線方向から見て層3が吸気ポート111の側と同じ面積であっても、層3による熱伝導率の低減効果が小さい。よって、冷却通路8による冠面400の冷却効率は、排気ポート112の側のほうが吸気ポート111の側よりも高くなる。一方、吸気ポート111の側で層3の上記厚さが平均して大きいことで、軸線方向から見て層3が排出ポート側と同じ面積であっても、層3による熱伝導率の低減効果が大きい。よって、燃焼時の冷却損失の低減とノッキングの抑制とを高いレベルで両立させることができる。なお、層3の上記厚さが、吸気ポート111の側の（一定の深さを有する）端部405から排気ポート112の側の端部406へ向うにつれて徐々に小さくなるようにしてもよい。保持部402の底面（層3の軸線方向他方側の面）は平面状に限らず曲面状であってもよい。他の作用効果は第1実施形態と同じである。

[0042] ［第5実施形態］

まず、構成を説明する。以下、第1実施形態と共通する部材や構造については第1実施形態と同じ符号を付して、説明を省略する。図8に示すように、保持部402の底面は、ピストン1の径方向に広がる平面状である。凹部401の底面

に対する保持部402の軸線方向深さは、吸気ポート111の側の端部405から軸線43までの範囲よりも、排気ポート112の側の端部406から軸線43までの範囲のほうが、小さい。低熱伝導層3の軸線方向一方側の面は、凹部401の底面に連続してピストン1の径方向に広がる平面状である。よって、軸線方向における層3の厚さも、端部405から軸線43までの範囲よりも、端部406から軸線43までの範囲のほうが、小さい。すなわち、軸線方向における層3の厚さは、軸線43に対し排気ポート112の側よりも吸気ポート111の側のほうが大きい。他の構成は第1実施形態と同じである。

[0043] 作用効果は第4実施形態と同じである。なお、低熱伝導層3の上記厚さが、軸線43に対し排気ポート112の側よりも吸気ポート111の側のほうが平均して大きければよく、例えば、層3の上記厚さが変化する段差部408が、軸線43の位置でなく、吸気ポート111の側の端部405と軸線43との間等にあってもよい。また、軸線方向から見て、上記段差部408が直線状でなく曲線状であってもよい。

[0044] ［第6実施形態］

まず、構成を説明する。以下、第1実施形態と共通する部材や構造については第1実施形態と同じ符号を付して、説明を省略する。図9及び図10に示すように、冷却通路8の本体部80の回転軸線83を中心とする半径方向における本体部80の寸法（幅）は、吸気ポート111（バルブリセス403）の側の端部803で最小であり、排出ポート112（バルブリセス404）の側の端部804で最大である。本体部80の上記寸法は、回転軸線83の周り方向で端部803から端部804に向うにつれて徐々に大きくなる。軸線方向における冷却通路8の投影部分（破線）の面積（投影面積）は、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが大きい。回転軸線83を通る平面で切った本体部80の断面積は、端部803で最小であり、端部804で最大である。上記断面積は、回転軸線83の周り方向で端部803から端部804へ向うにつれて徐々に大きくなる。軸線43を通る平面で切った冷却通路8（本体部80）の断面積は、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが平均して大きい。他の構成は第1

実施形態と同じである。

[0045] 次に、作用効果を説明する。冷却通路8の軸線方向における上記投影面積は、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが大きい。このため、冠面400の側から見たときの冷却通路8の受熱面、言換えると冷却通路8が効率よく冷却可能な冠面400の範囲が、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうで大きくなる。よって、冷却通路8による冠面400の冷却効率は、排気ポート112の側のほうが吸気ポート111の側よりも高くなる。一方、吸気ポート111の側で上記投影面積（冷却通路8の受熱面）が小さいことで、燃焼時の冷却損失を効果的に低減することができる。よって、上記冷却損失の低減とノッキングの抑制とを高いレベルで両立させることができる。

[0046] 軸線43を通る平面で切った冷却通路8の断面積は、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが平均して大きい。このため、冷却通路8の内壁においてオイルが付着可能な面積、言換えると冷却通路8が冷却可能なピストンヘッド4の内部の表面積が、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうで大きい。よって、冷却通路8による冠面400の冷却効率は、排気ポート112の側のほうが吸気ポート111の側よりも高くなる。一方、吸気ポート111の側で上記断面積が排気ポート112の側よりも平均して小さいことで、燃焼時の冷却損失を効果的に低減することができる。他の作用効果は第1実施形態と同じである。

[0047] ［第7実施形態］

まず、構成を説明する。以下、第1実施形態と共通する部材や構造については第1実施形態と同じ符号を付して、説明を省略する。図11に示すように、冷却通路8の本体部80において軸線方向で冠面400と反対側（軸線方向他方側）の端部802は、軸線43の周り方向において、軸線43に対し直交する単一の平面上にある。本体部80において軸線方向で冠面400の側（軸線方向一方側）の端部801は、軸線43に対し排気ポート112の側の一部の領域（軸線43の周り方向でバルブリセス404と重なる領域）805で、他の領域に比べ、端部802からの距

離が大きく、冠面400からの距離が小さい。冠面400と冷却通路8（端部801）との間の軸線方向距離は、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが平均して小さい。軸線43を通る平面で切った冷却通路8（本体部80）の断面積は、上記一部の領域805で他の領域に比べ大きい。上記断面積は、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが平均して大きい。他の構成は第1実施形態と同じである。

[0048] 次に、作用効果を説明する。ピストンヘッド4における冠面400と冷却通路8との間の軸線方向距離は、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが平均して小さい。このため、冷却通路8による冠面400の冷却効率は、排気ポート112の側のほうが吸気ポート111の側よりも高くなる。一方、吸気ポート111の側で上記距離が大きいことで、燃焼時の冷却損失を効果的に低減することができる。よって、上記冷却損失の低減とノッキングの抑制とを高いレベルで両立させることができる。他の作用効果は第6実施形態と同じである。

[0049] ［第8実施形態］

まず、構成を説明する。以下、第1実施形態と共通する部材や構造については第1実施形態と同じ符号を付して、説明を省略する。図12に示すように、冷却通路8の本体部80の回転軸線83は、軸線43に対して平行でなくゼロより大きい角度を有する。本体部80において軸線方向で冠面400の側（軸線方向一方側）の端部801、及び冠面400と反対側（軸線方向他方側）の端部802はそれぞれ、回転軸線83の周り方向において、回転軸線83に対し直交する単一の平面上にあると共に、軸線43に直交する平面に対し傾斜している。この傾斜により、端部801が、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうで、冠面400に近くなる。端部801は、軸線43に対し吸気ポート111の側の端部803から排気ポート112の側の端部804へ向うにつれて徐々に冠面400に近づく。冠面400と冷却通路8（端部801）との間の距離は、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが平均して小さい。軸線43を通る平面で切った冷却通路8（本体部80）の形状及び断面積は、軸線43の周り方向

で一定である。このような冷却通路8の配置は、例えば、鋳造工程で中子の回転軸線がピストン本体2（の型）の軸線43に対して傾斜するように中子を金型に設置することで、実現可能である。他の構成は第1実施形態と同じである。

[0050] 次に、作用効果を説明する。軸線43を通る平面で切った冷却通路8（本体部80）の形状は、軸線43の周り方向で一定である。よって、第1実施形態と同じく、中子の割れを抑制できる。なお、冷却通路8と同じようにピストンヘッド4の軸線方向他方側（燃焼室15と反対側）を傾斜させてもよい。すなわち、ピストンヘッド4の軸線方向他方側の端部42と冷却通路8（本体部80）との間の軸線方向距離（肉厚）が、軸線43に対し排気ポート112の側で吸気ポート111の側と同じとなるように、端部42の形状を形成してもよい。この場合、上記肉厚を可及的に小さくし、ピストンヘッド4の質量を減らすことで、ピストン1の軽量化や材料削減を図ることができる。また、冷却通路8と同じようにピストンヘッド4の軸線方向一方側（燃焼室15の側）を傾斜させてもよい。すなわち、ピストンヘッド4における冠面400と冷却通路8との間の軸線方向距離（肉厚）が、軸線43に対し排気ポート112の側で吸気ポート111の側と同じとなるように、ピストンヘッド4の軸線方向一方側の端部（冠面400）の形状を形成してもよい。本実施形態では、冠面400が軸線43に対し直交しているため、冠面400と冷却通路8との間の軸線方向距離は、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうが平均して小さい。よって、第7実施形態と同じ作用効果が得られる。他の作用効果は第1実施形態と同じである。

[0051] ［第9実施形態］

まず、構成を説明する。以下、第1実施形態と共通する部材や構造については第1実施形態と同じ符号を付して、説明を省略する。図13に示すように、ピストン1の径方向において、保持部402の内壁と低熱伝導層3の外周との間に隙間409がある。この隙間409は、軸線43の周り方向における層3の全範囲にある。他の構成は第1実施形態と同じである。

[0052] 次に、作用効果を説明する。低熱伝導層3からもピストン本体2（保持部402）へ熱が伝導しうる。本実施形態では、保持部402と層3との間に、ピストン1

の径方向において、隙間409がある。隙間409は、熱伝導率が低い空気層となり、層3から保持部402（ピストン本体2）への熱の伝導路を遮断して熱の伝達を抑制する。このため、層3の外周側（層3よりもピストン1の径方向外側）における冠面400を冷却通路8が冷却する効率が向上する。よって、ノッキングの抑制効果を向上することができる。なお、冠面400の表面には、火炎がピストン1により冷却されて消失する薄い層が形成される。隙間409の大きさを上記薄い層の厚さ以下に設定すれば、上記隙間に火炎が入り込むことが抑制されるため、上記熱伝達の抑制効果をより確実に得ることができる。なお、隙間409は、軸線43の周り方向における層3の一部の範囲にあってもよい。例えば、軸線43に対し吸気ポート111の側よりも排気ポート112の側のほうに、軸線43の周り方向で多くの（広範囲にわたる）隙間409があってもよい。この場合、冷却通路8による冠面400の冷却効率は、排気ポート112の側のほうが吸気ポート111の側よりも高くなる。よって、層3による冷却損失の低減とノッキングの抑制とを高いレベルで両立させることができる。他の作用効果は第1実施形態と同じである。

[0053] ［他の実施形態］

以上、本発明を実施するための形態を、図面に基づき説明したが、本発明の具体的な構成は、実施形態に限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等があっても本発明に含まれる。また、上述した課題の少なくとも一部を解決できる範囲、または、効果の少なくとも一部を奏する範囲において、特許請求の範囲および明細書に記載された各構成要素の任意の組み合わせ、または、省略が可能である。例えば、車両に限らず船舶等に搭載されるエンジンにも本発明を適用可能である。エンジンは火花点火機関（ガソリン機関）であればよく、その形式は任意である。例えば、エンジンは2ストロークエンジンでもよいしターボ過給等の過給システムを備えてもよい。燃料の供給方式は、シリンダ（燃焼室）内に直接噴射する筒内直噴式でもよいし、吸気ポートに噴射するポート噴射式でもよい。ピストン（ピストン本体）の形状は任意である。例えば、冠面における凹部の有無やその形

状・位置は上記に限らず任意である。冷却通路を流れる流体は、ピストンヘッドを冷却することができればよく、オイルに限らない。

[0054] ［実施形態から把握しうる他の態様］

以上説明した実施形態から把握しうる他の態様について、以下に記載する。

(1) 本技術的思想の内燃機関のピストンは、その1つの態様において、

金属を含み、ピストンヘッドとピストンスカートとを有するピストン本体であって、前記ピストンヘッドにおける、前記内燃機関の燃焼室側に保持部が形成されたピストン本体と、

前記保持部内に配置され、前記ピストン本体より熱伝導率が低い低熱伝導層と、

前記内燃機関のシリンダ内における前記ピストン本体の移動方向に対し直交する平面で切った前記ピストンヘッドの断面の中心点を通る線であって、前記ピストン本体の移動方向と平行な線を軸線と定義したとき、前記ピストンヘッド内で前記軸線の周り方向に延び、前記ピストンヘッドを冷却するための流体が流れることが可能な冷却通路と、

を備える。

(2) より好ましい態様では、前記態様において、

前記ピストンヘッドのうちの前記燃焼室側の冠面に対する前記冷却通路による冷却効率は、前記軸線に対し前記内燃機関のシリンダヘッドの排気ポート側の方が吸気ポート側よりも高い。

(3) 別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記低熱伝導層は、前記ピストンの径方向において前記冷却通路よりも内側に位置する。

(4) さらに別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記軸線に対し直交する方向における前記低熱伝導層の面積は、前記軸線に対し前記排気ポート側よりも前記吸気ポート側の方が大きい。

(5) さらに別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記軸線方向における前記低熱伝導層の厚さは、前記軸線に対し前記排気ポート側よりも前記吸気ポート側の方が平均的に大きい。

(6) さらに別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記軸線を通る平面で切った前記冷却通路の断面積は、前記軸線に対し前記吸気ポート側よりも前記排気ポート側の方が平均的に大きい。

(7) さらに別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記ピストンヘッドのうちの前記燃焼室側の冠面と前記冷却通路との間の前記軸線方向の距離は、前記軸線に対し前記吸気ポート側よりも前記排気ポート側の方が平均的に小さい。

(8) さらに別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記軸線を通る平面で切った前記冷却通路の形状は、前記軸線の周り方向において一定であり、

前記冷却通路は、前記軸線方向における前記冠面側の端部が、前記軸線に対し前記吸気ポート側よりも前記排気ポート側の方が前記冠面に近くなるように、前記軸線に直交する平面に対し傾斜している。

(9) さらに別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記流体は、内燃機関のシリンダブロックから供給されるとともにジェット装置から噴射される冷却液であり、

前記冷却通路は、前記ピストンヘッドのうちの前記燃焼室と反対側の部分で開口する一対の入口部及び出口部を備え、

前記入口部は、前記軸線に対し前記排気ポート側に位置し、前記冷却液の入り口となり、

前記出口部は、前記軸線に対し前記吸気ポート側に位置し、前記冷却液の出口となる。

(10) さらに別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記冷却通路の前記軸線方向における投影面積は、前記軸線に対し前記吸気ポート側よりも前記排気ポート側の方が大きい。

(11) さらに別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記冷却通路の、前記軸線方向における前記燃焼室と反対側の端部は、前記軸線の周り方向において、前記軸線に対し直交する単一の平面上に位置する。

(12) さらに別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記保持部と前記低熱伝導層との間に、前記ピストンの径方向において、隙間が形成される。

[0055] 本願は、２０１７年１月１３日出願の日本特許出願番号２０１７－４０３８号に基づく優先権を主張する。２０１７年１月１３日出願の日本特許出願番号２０１７－４０３８号の明細書、特許請求の範囲、図面及び要約書を含む全ての開示内容は、参照により全体として本願に組み込まれる。

符号の説明

[0056] １ ピストン、２ ピストン本体、３ 低熱伝導層、４ ピストンヘッド、４００ 冠面、４０２ 保持部、４３ 軸線、６ ピストンスカート、８ 冷却通路、９ シリンダ、１００ エンジン（内燃機関）、１１ シリンダヘッド、１１１ 吸気ポート、１１２ 排気ポート、１５ 燃焼室

請求の範囲

[請求項1] 内燃機関のピストンであって、

金属を含み、ピストンヘッドとピストンスカートとを有するピストン本体であって、前記ピストンヘッドにおける、前記内燃機関の燃焼室側に保持部が形成されたピストン本体と、

前記保持部内に配置され、前記ピストン本体より熱伝導率が低い低熱伝導層と、

前記内燃機関のシリンダ内における前記ピストン本体の移動方向に対し直交する平面で切った前記ピストンヘッドの断面の中心点を通る線であって、前記ピストン本体の移動方向と平行な線を軸線と定義したとき、前記ピストンヘッド内で前記軸線の周り方向に延び、前記ピストンヘッドを冷却するための流体が流れることが可能な冷却通路と、

を備える内燃機関のピストン。

[請求項2] 請求項１に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記ピストンヘッドのうちの前記燃焼室側の冠面に対する前記冷却通路による冷却効率は、前記軸線に対し前記内燃機関のシリンダヘッドの排気ポート側の方が吸気ポート側よりも高い

内燃機関のピストン。

[請求項3] 請求項２に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記低熱伝導層は、前記ピストンの径方向において前記冷却通路よりも内側に位置する

内燃機関のピストン。

[請求項4] 請求項２に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記軸線に対し直交する方向における前記低熱伝導層の面積は、前記軸線に対し前記排気ポート側よりも前記吸気ポート側の方が大きい

内燃機関のピストン。

[請求項5] 請求項２に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記軸線方向における前記低熱伝導層の厚さは、前記軸線に対し前記排気ポート側よりも前記吸気ポート側の方が平均的に大きい

内燃機関のピストン。

[請求項6] 請求項１に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記軸線を通る平面で切った前記冷却通路の断面積は、前記軸線に対し前記吸気ポート側よりも前記排気ポート側の方が平均的に大きい

内燃機関のピストン。

[請求項7] 請求項１に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記ピストンヘッドのうちの前記燃焼室側の冠面と前記冷却通路との間の前記軸線方向の距離は、前記軸線に対し前記吸気ポート側よりも前記排気ポート側の方が平均的に小さい

内燃機関のピストン。

[請求項8] 請求項７に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記軸線を通る平面で切った前記冷却通路の形状は、前記軸線の周り方向において一定であり、

前記冷却通路は、前記軸線方向における前記冠面側の端部が、前記軸線に対し前記吸気ポート側よりも前記排気ポート側の方が前記冠面に近くなるように、前記軸線に直交する平面に対し傾斜している

内燃機関のピストン。

[請求項9] 請求項１に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記流体は、内燃機関のシリンダブロックから供給されるとともにジェット装置から噴射される冷却液であり、

前記冷却通路は、前記ピストンヘッドのうちの前記燃焼室と反対側の部分で開口する一対の入口部及び出口部を備え、

前記入口部は、前記軸線に対し前記排気ポート側に位置し、前記冷却液の入り口となり、

前記出口部は、前記軸線に対し前記吸気ポート側に位置し、前記冷却液の出口となる

内燃機関のピストン。

[請求項10] 請求項１に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記冷却通路の前記軸線方向における投影面積は、前記軸線に対し前記吸気ポート側よりも前記排気ポート側の方が大きい

内燃機関のピストン。

[請求項11] 請求項１に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記冷却通路の、前記軸線方向における前記燃焼室と反対側の端部は、前記軸線の周り方向において、前記軸線に対し直交する単一の平面上に位置する

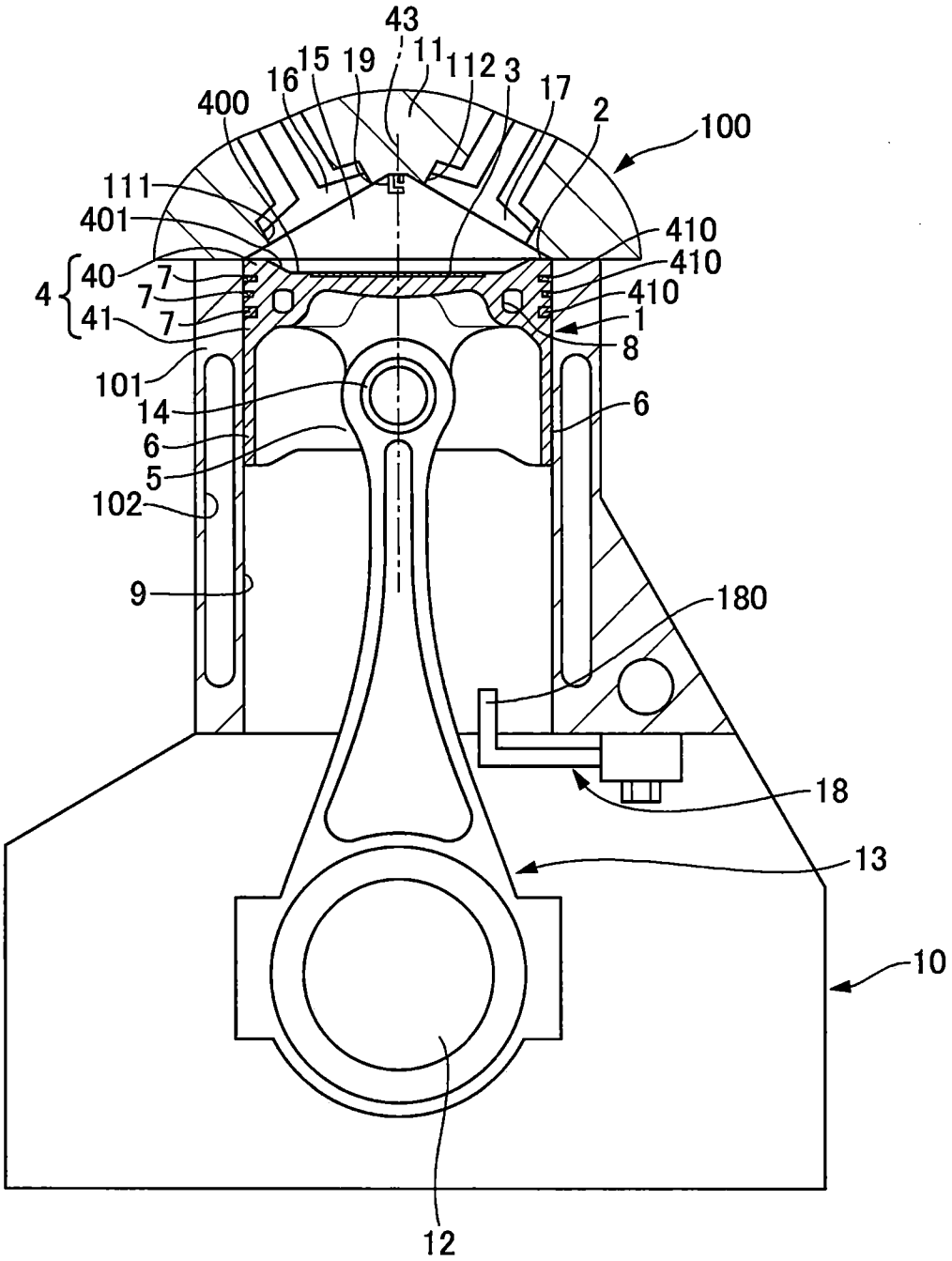
内燃機関のピストン。

[請求項12] 請求項１に記載の内燃機関のピストンにおいて、

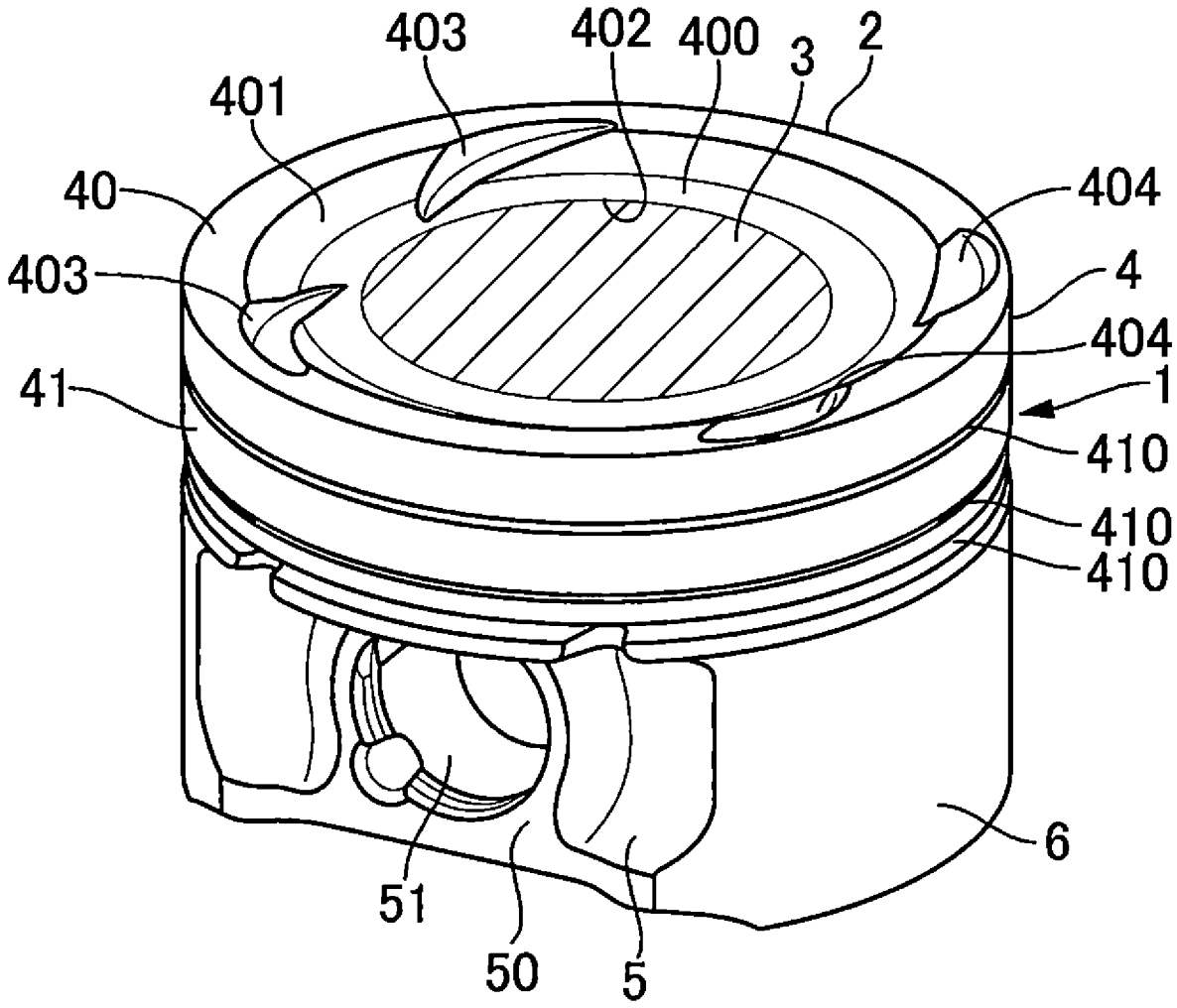
前記保持部と前記低熱伝導層との間に、前記ピストンの径方向において、隙間が形成される

内燃機関のピストン。

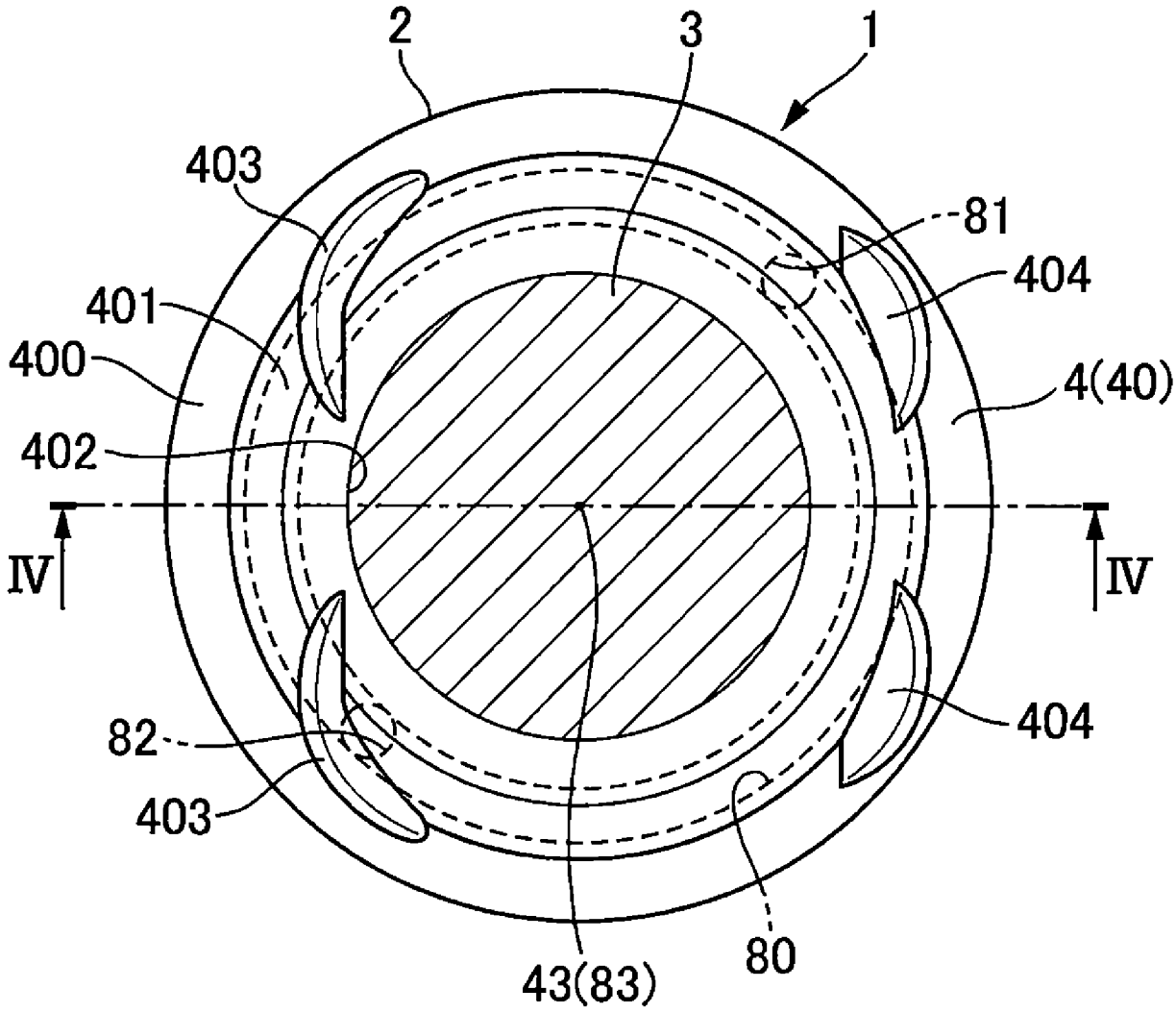
[図1]


43
11
15
19
112
3
16
17
400
2
100
111
401
410
410
410
4
40
41
7
7
7
1
8
101
14
6
6
5
102
9
180
18
13
10
12

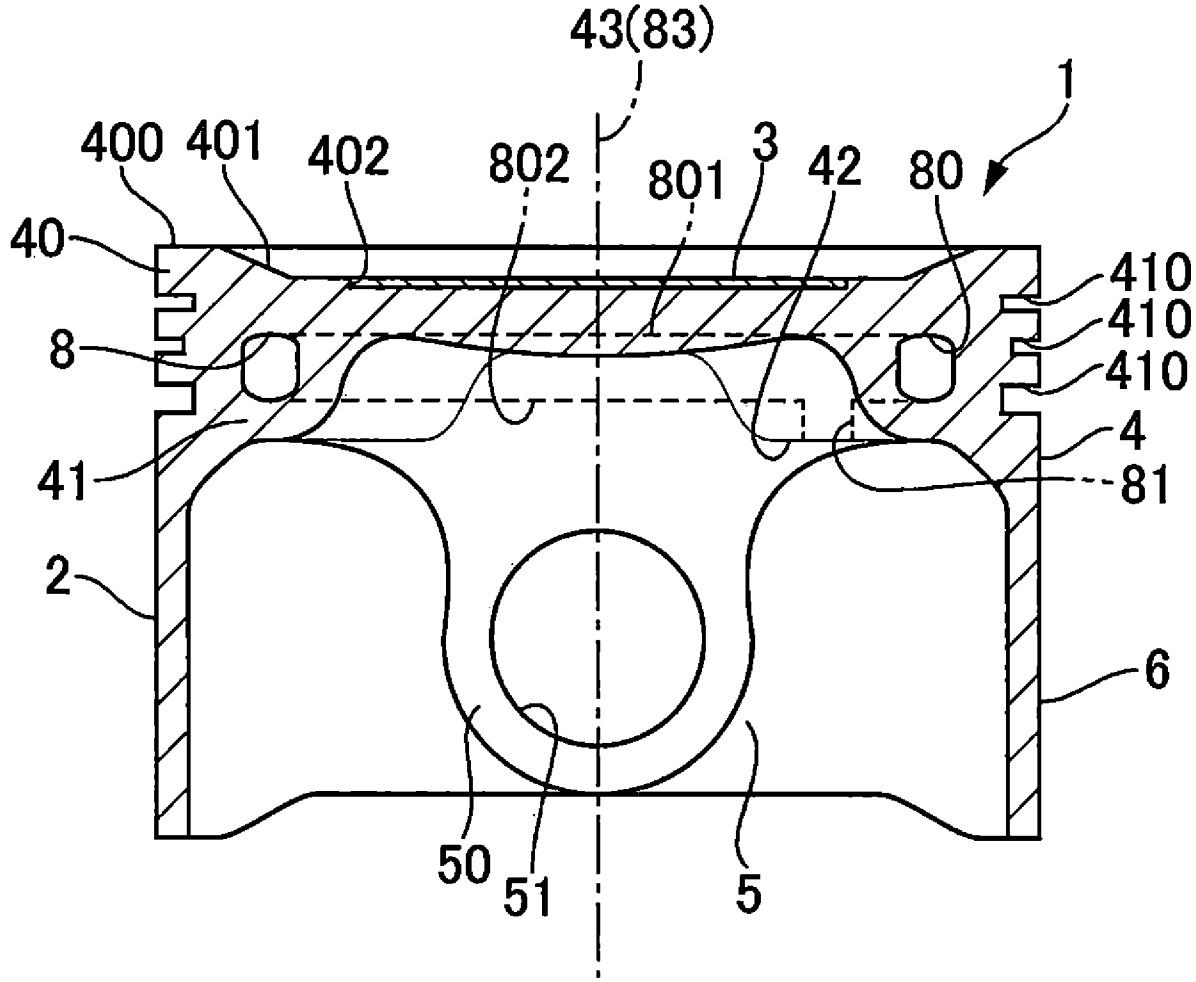
[図2]



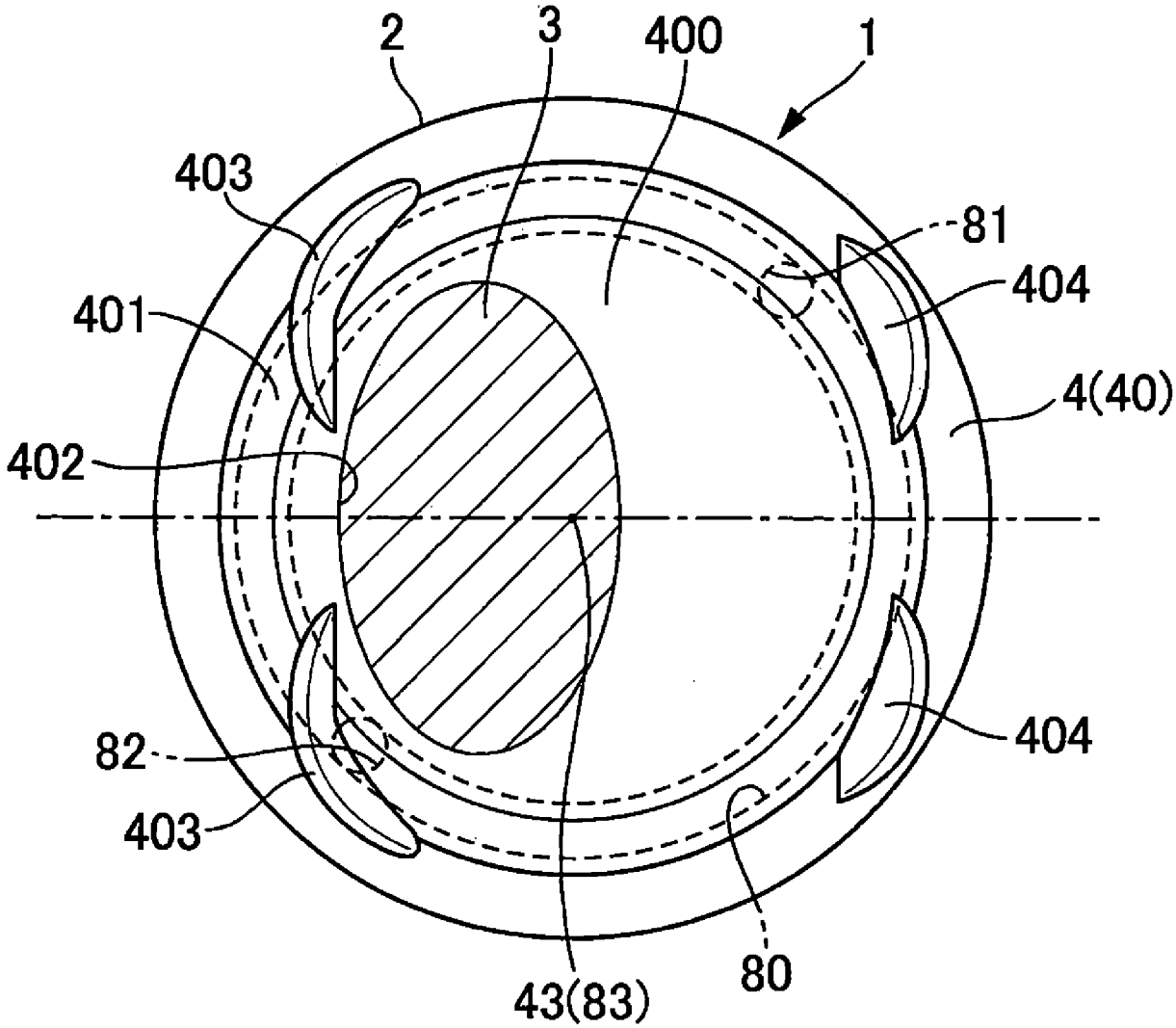
[図3]



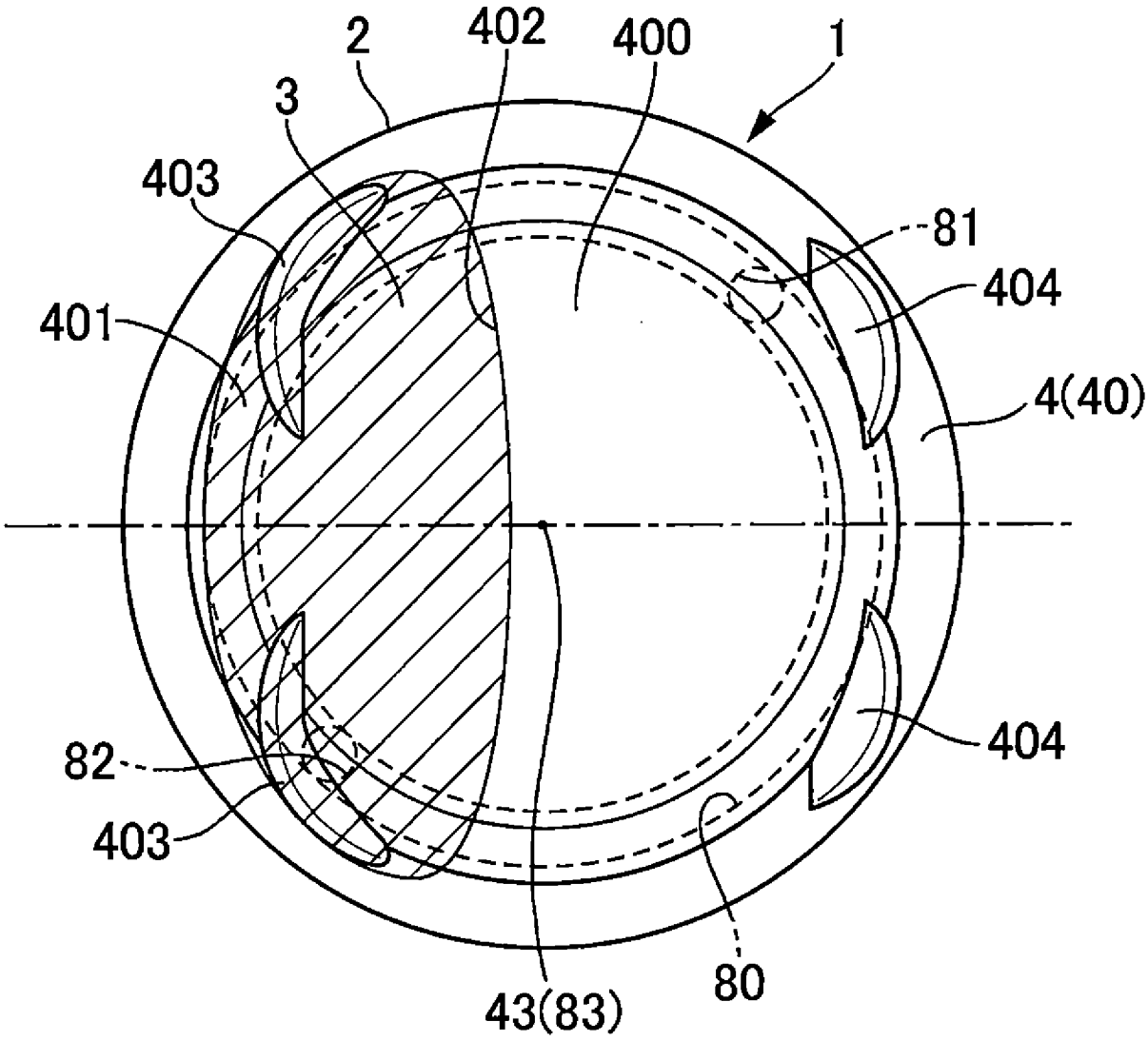
[図4]



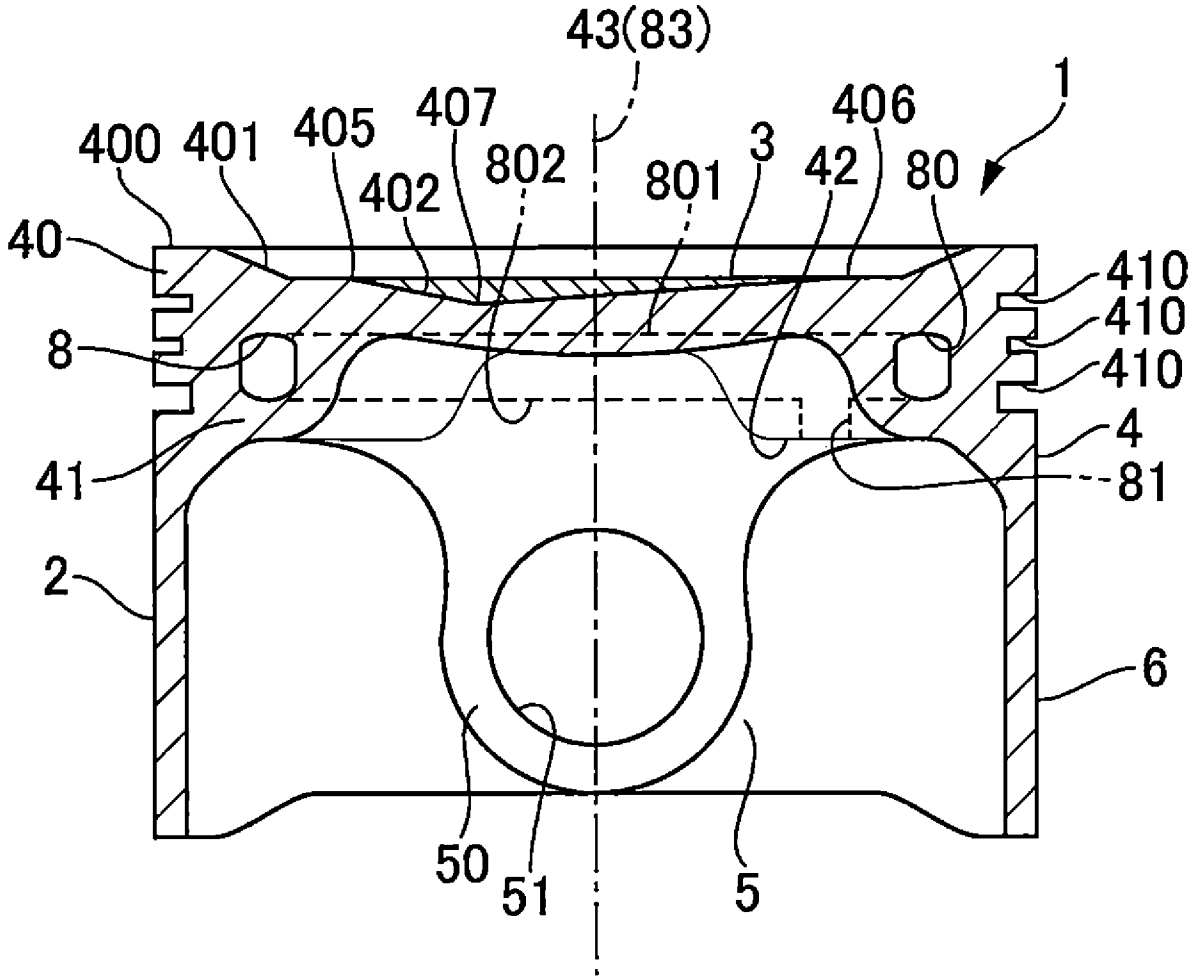
[図5]



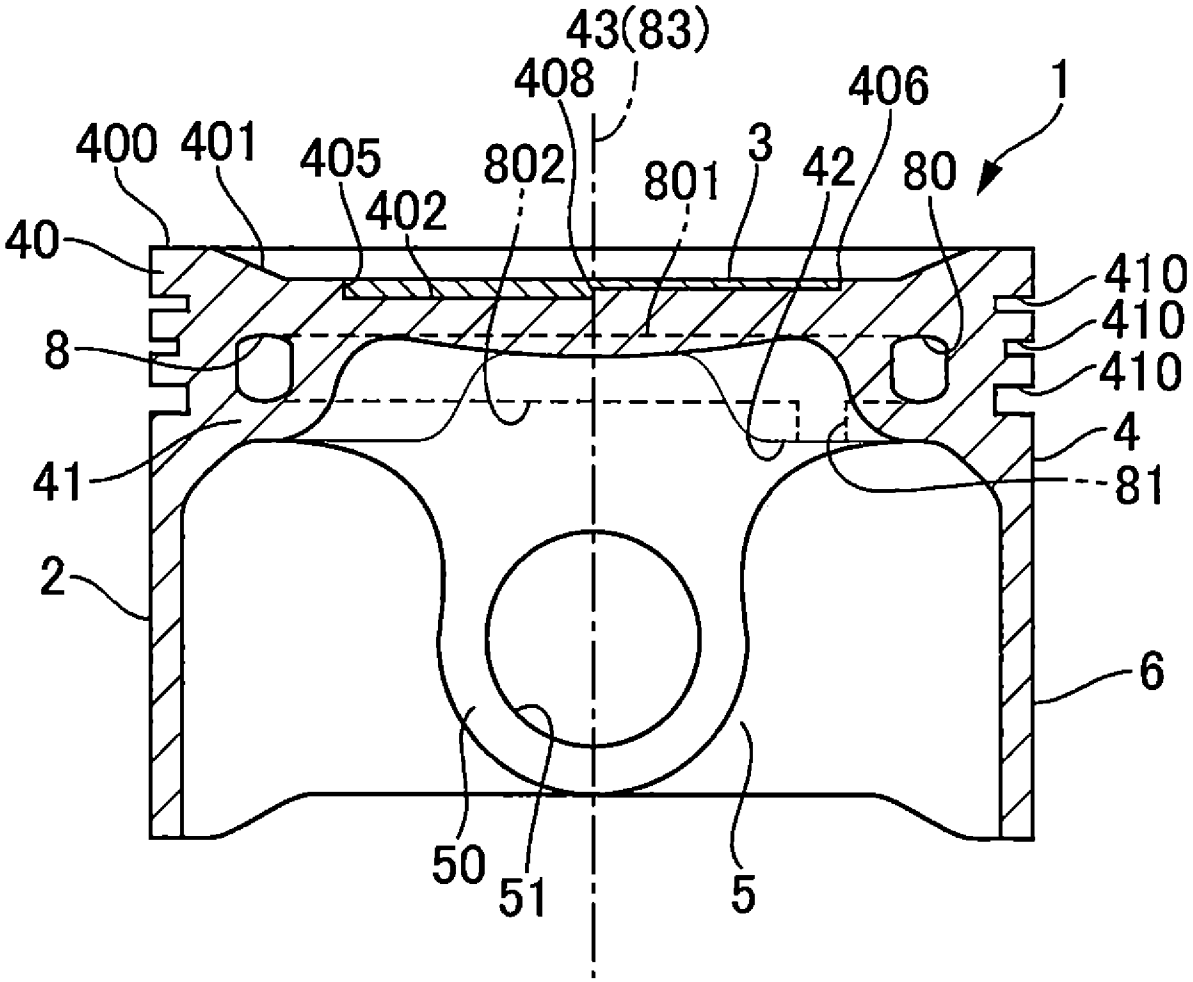
[図6]



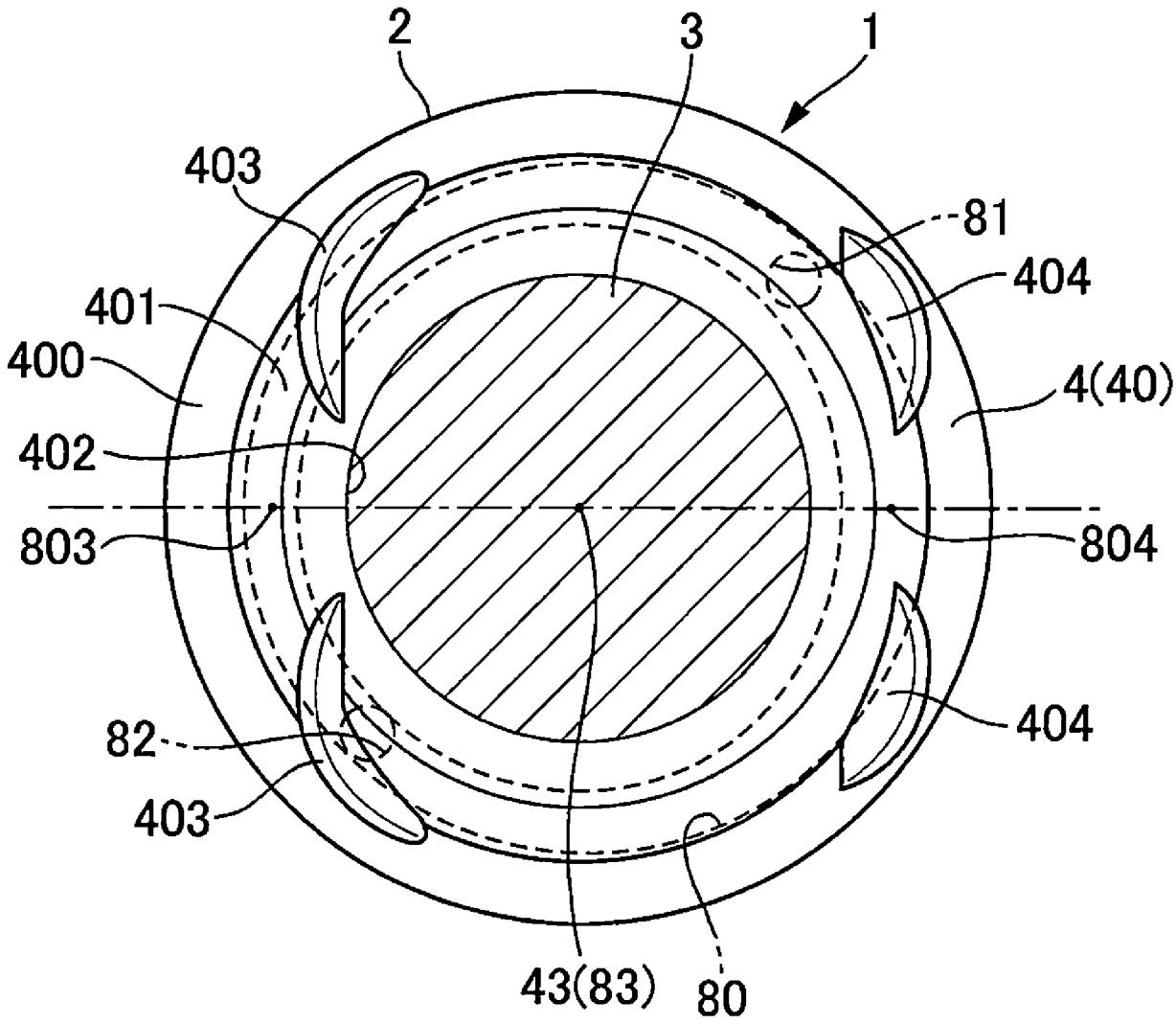
[図7]


43(83)
1
400
401
405
407
802
402
801
3
42
406
80
40
410
410
410
8
4
41
81
2
6
50
51
5

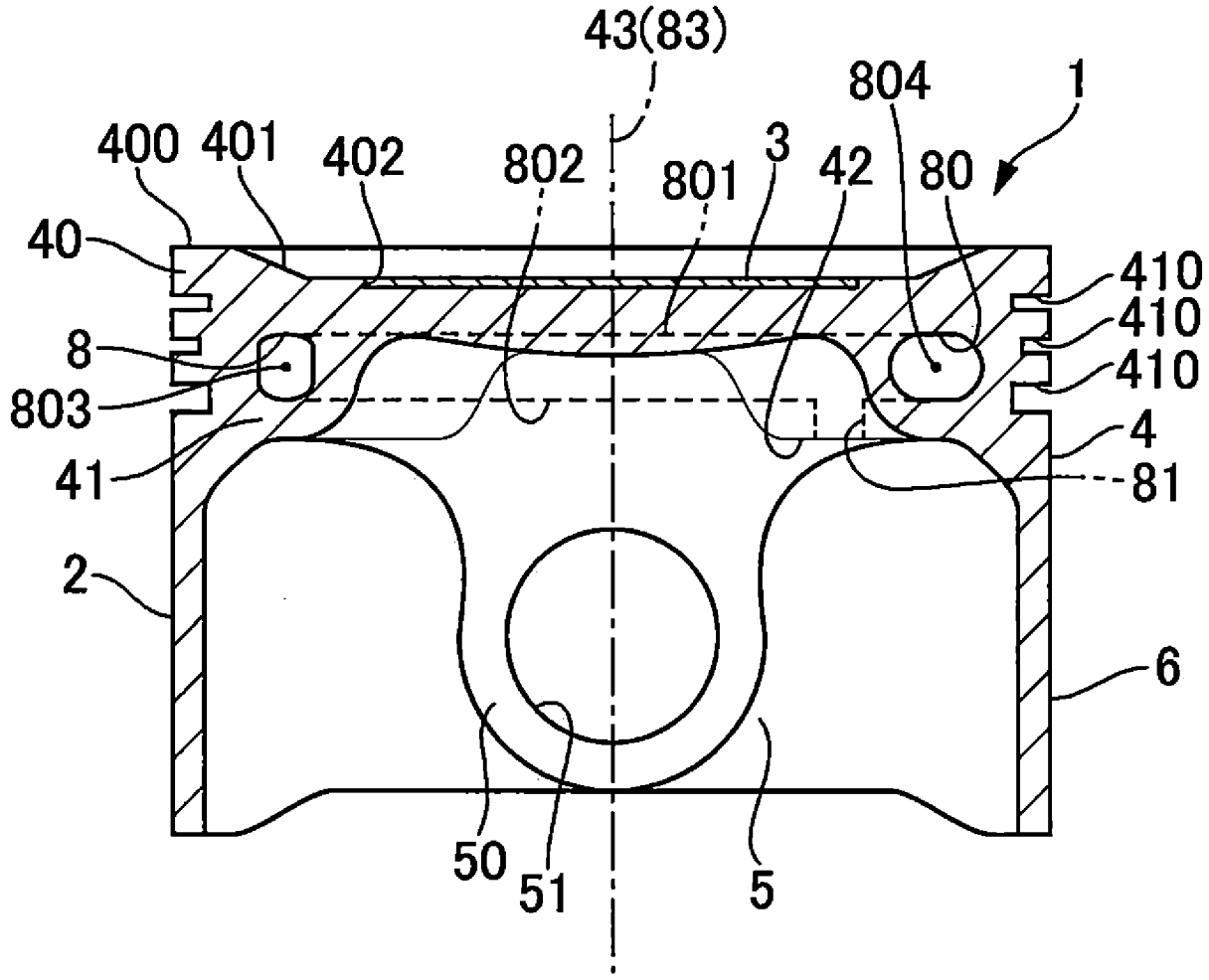
[図8]


43(83)
408
406
1
400
401
405
802
801
3
42
80
402
40
410
410
410
8
4
41
81
2
6
50
51
5

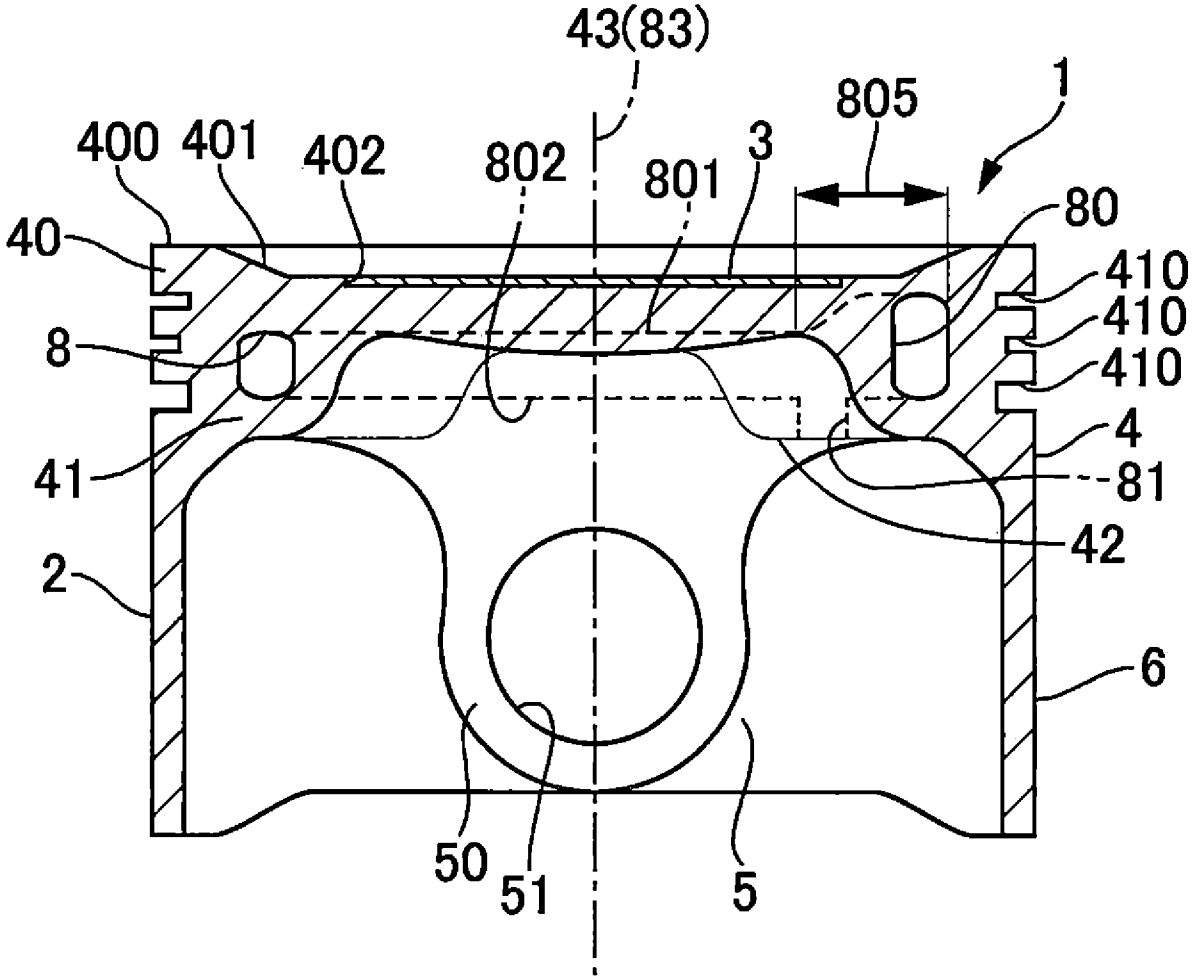
[図9]



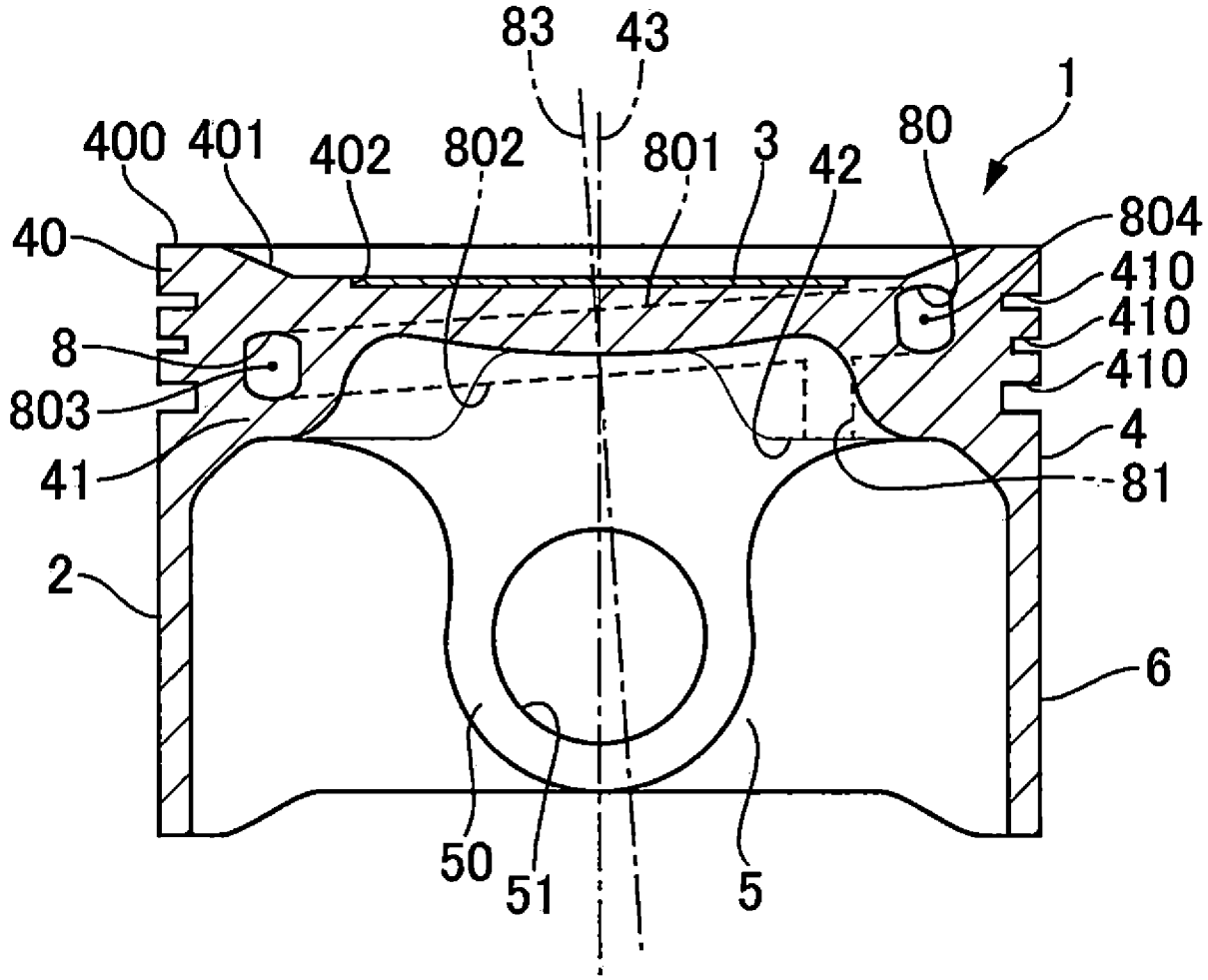
[図10]


43(83)
804
1
400
401
402
802
801
3
42
80
40
410
410
410
8
803
41
4
81
2
6
50
51
5

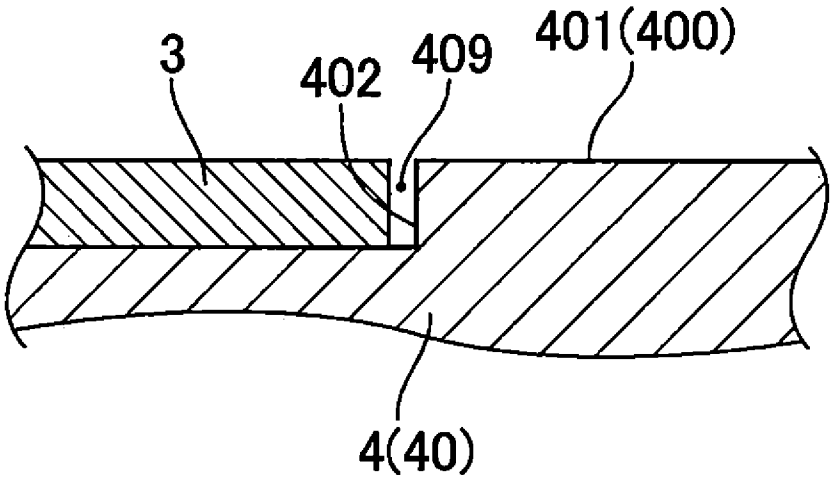
[図11]


43(83)
805
1
400
401
402
802
801
3
80
40
410
410
410
8
4
41
81
42
2
6
50
51
5

[図12]


83
43
1
400
401
402
802
801
3
42
80
804
40
410
410
8
410
803
4
41
81
2
6
50
51
5

[図13]


3
402
409
401(400)
4(40)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/044313

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. F02F3/22(2006.01)i, F01M1/06(2006.01)i, F01M1/08(2006.01)i, F01P3/08(2006.01)i, F02F3/14(2006.01)i, F16J1/09(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int. Cl. F02F3/22, F01M1/06, F01M1/08, F01P3/08, F02F3/14, F16J1/09

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018
Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-257187 A (TOYOTA CENTRAL R&D LABS INC.) 05 November 2009, paragraphs [0042]-[0048], fig. 1 & US 2009/0260594 A1, paragraphs [0087]-[0097], fig. 1 & US 2013/0327491 A1	1-12
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 064756/1978 (Laid-open No. 165606/1979) (YANMAR DIESEL ENGINE CO., LTD.) 20 November 1979, pp. 3-4, fig. 1-2 (Family: none)	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/044313

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-84790 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 12 May 2014, paragraphs [0010], [0028]-[0029], fig. 1-9 (Family: none)	1-12
Y	JP 2013-24143 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 04 February 2013, paragraph [0037], fig. 1-2 (Family: none)	5
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 158418/1977 (Laid-open No. 84418/1979) (HINO MOTORS, LTD.) 15 June 1979, pp. 2-4, fig. 1-2 (Family: none)	8-9
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 056525/1981 (Laid-open No. 171149/1982) (KOMATSU LTD.) 28 October 1982, pp. 2-4, fig. 2 (Family: none)	8
Y	JP 2-301648 A (YAMAHA MOTOR CO., LTD.) 13 December 1990, fig. 1 (Family: none)	9
Y	WO 2012/137288 A1 (TOYOTA MOTOR CORP.) 11 October 2012, paragraph [0013], fig. 1 (Family: none)	10
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 176435/1987 (Laid-open No. 80650/1989) (NGK SPARK PLUG CO., LTD.) 30 May 1989, fig. 1-3 (Family: none)	12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０４４３１３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F02F3/22(2006.01)i, F01M1/06(2006.01)i, F01M1/08(2006.01)i, F01P3/08(2006.01)i, F02F3/14(2006.01)i, F16J1/09(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F02F3/22, F01M1/06, F01M1/08, F01P3/08, F02F3/14, F16J1/09

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2009-257187 A (株式会社豊田中央研究所) 2009.11.05, 段落 0042-0048, 図 1 & US 2009/0260594 A1, 段落 0087-0097, 図 1 & US 2013/0327491 A1	1-12
Y	日本国実用新案登録出願53-064756号(日本国実用新案登録出願公開54-165606号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（ヤンマーディーゼル株式会社）1979.11.20, 第3-4ページ, 図1-2（ファミリーなし）	1-12

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１５．０１．２０１８	２３．０１．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｇ　４６５１
堀内　亮吾
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５５

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2014-84790 A（日産自動車株式会社）2014.05.12，段落 0010,0028-0029,図 1-9（ファミリーなし）	1-12
Y	JP 2013-24143 A（トヨタ自動車株式会社）2013.02.04，段落 0037，図 1-2（ファミリーなし）	5
Y	日本国実用新案登録出願52-158418号(日本国実用新案登録出願公開54-84418号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（日野自動車工業株式会社）1979.06.15，第2-4ページ,図1-2（ファミリーなし）	8-9
Y	日本国実用新案登録出願56-056525号(日本国実用新案登録出願公開57-171149号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（株式会社小松製作所）1982.10.28，第2-4ページ，図2（ファミリーなし）	8
Y	JP 2-301648 A（ヤマハ発動機株式会社）1990.12.13，図1（ファミリーなし）	9
Y	WO 2012/137288 A1（トヨタ自動車株式会社）2012.10.11，段落0013，図1（ファミリーなし）	10
Y	日本国実用新案登録出願62-176435号(日本国実用新案登録出願公開1-80650号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（日本特殊陶業株式会社）1989.05.30，図1-3（ファミリーなし）	12