

(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2月15日(15.02.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/029903 A1

(51) 国際特許分類:

F02F 3/26 (2006.01) F02F 3/12 (2006.01)
F02B 23/00 (2006.01) F16J 1/00 (2006.01)
F02F 3/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/014606

(22) 国際出願日: 2017年4月10日(10.04.2017)

(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 2016-158366 2016年8月12日(12.08.2016) 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: 高橋 智一 (TAKAHASHI, Norikazu); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名4丁目7

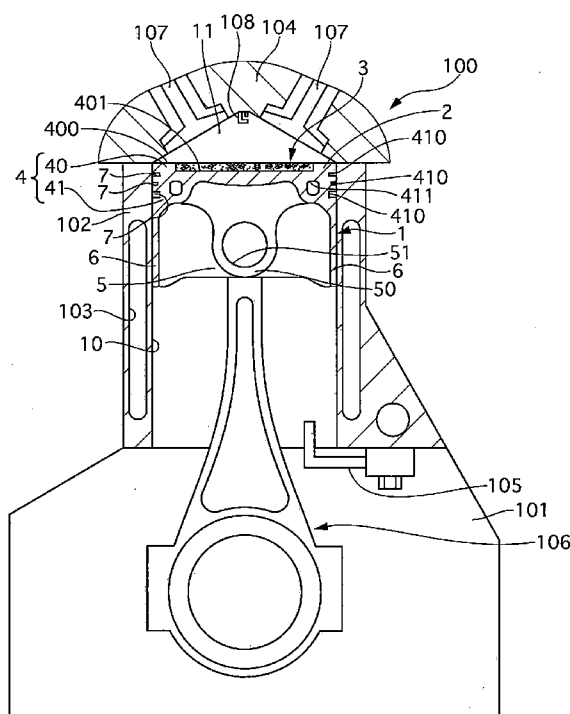
番1号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(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, 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: INTERNAL COMBUSTION ENGINE PISTON AND METHOD FOR MANUFACTURING INTERNAL COMBUSTION ENGINE PISTON

(54) 発明の名称: 内燃機関のピストン、及び内燃機関のピストンの製造方法



(57) Abstract: Provided is an internal combustion engine piston which can be manufactured more easily. The internal combustion engine piston comprises: a main body section made of an aluminum alloy and having a piston head and a skirt part disposed on the piston head; a low-heat-conduction layer holding part disposed on the side of the piston head nearer to the combustion chamber of the internal combustion engine; and a low-heat-conduction layer held by the low-heat-conduction layer holding part. The low-heat-conduction layer includes a mixed material comprising a binder formed from a metal material and a laminar hydrous silicate mineral.

(57) 要約: 製造を容易化できる内燃機関のピストンを提供する。内燃機関のピストンは、アルミニウム合金で形成された本体部であって、ピストンヘッドと、ピストンヘッドに設けられたスカート部と、を有する本体部と、ピストンヘッドのうちの、内燃機関の燃焼室側に設けられた低熱伝導層保持部と、低熱伝導層保持部に保持される低熱伝導層と、を備える。低熱伝導層は、金属材料から形成されたバインダーと、層状の含水ケイ酸塩鉱物と、の混合材料を含む。

(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:

— 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、及び内燃機関のピストンの製造方法

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、内燃機関のピストンが知られている（例えば特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-286178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、製造を容易化する余地があった。

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、層状ケイ酸塩鉱物を含む低熱伝導層を、ピストンヘッドに有する。

[0006] よって、ピストンの製造の容易化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を通る平面で切った断面（以下、軸線方向断面）を示す。

[図4]第1実施形態の鋳造工程後のピストンの斜視図である。

[図5]第1実施形態の鋳造工程後のピストンの軸線方向断面を示す。

[図6]第1実施形態の材料設置工程後のピストンの斜視図である。

[図7]第1実施形態の材料設置工程後のピストンの軸線方向断面を示す。

[図8]第1実施形態の焼結工程時のピストンの軸線方向断面を示す。

[図9]第1実施形態の焼結工程後のピストンの斜視図である。

[図10]第1実施形態の焼結工程後のピストンの軸線方向断面を示す。

[図11]第2実施形態のピストンの軸線方向断面を示す。

[図12]第2実施形態の第2材料設置工程後のピストンの斜視図である。

[図13]第2実施形態の第2材料設置工程後のピストンの軸線方向断面を示す。

[図14]第2実施形態の第2焼結工程時のピストンの軸線方向断面を示す。

[図15]第2実施形態の第2焼結工程後のピストンの斜視図である。

[図16]第2実施形態の第2焼結工程後のピストンの軸線方向断面を示す。

[図17]第3実施形態の形成材料のプリフォームの斜視図である。

[図18]第4実施形態のピストンの斜視図である。

[図19]第4実施形態のピストンの軸線方向断面を示す。

[図20]他の実施形態のピストンの軸線方向断面を示す。

[図21]更に他の実施形態のピストンの軸線方向断面を示す。

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る。エンジン100は、ピストン1と、シリンダブロック101と、シリンダヘッド104と、コネクティングロッド（コンロッド）106と、クランクシャフトと、バルブ107と、点火装置108と、燃焼室11とを備える。バルブ107は2つの吸気バルブと2つの排気バルブを有する。シリンダブロック101は、円筒状のシリンダライナ（シリンダスリーブ）102を備える。シリンダライナ102の内周側はシリンダ10の内壁として機能する。シリンダヘッド104は、シリンダ10の開口を塞ぐようにシリンダブロック101に設置される。シリンダヘッド104には、バルブ107と、燃料の噴射ノズルと、点火装置108とが設置される。シリンダブロック101にはクランクシャフト

が回転可能に設置される。ピストン1は、シリンダ10の内部に、往復移動可能に收容される。なお、エンジン100の形式は任意である。例えば、エンジン100は2ストロークエンジンでもよいしディーゼルエンジンでもよい。燃料の供給方式は、シリンダ10（燃焼室11）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。

[0010] 図2及び図3に示すように、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。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1の軸心が延びる方向（シリンダ10内におけるピストン本体2の移動方向に沿う方向）を軸線方向という。軸線方向でピストンボス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。

[0011] ピストンヘッド4は、冠面部40とランド部41を有する。冠面部40は、ピストンヘッド4の軸線方向一方側にあり、冠面（頂面）400を有する。冠面400は、ピストン1の軸心に直交して広がる平面状であり、軸線方向一方側からみて略円形の輪郭を有する。図1に示すように（ピストン1が上死点にあるとき）、冠面400とシリンダヘッド104との間に、燃焼室11が区画される。燃焼室11はペントルーフ型である。冠面400は燃焼室11内の燃焼ガスに直接暴露される。ピストン本体2は、ピストンヘッド4（冠面部40）の燃焼室11側（燃焼室11に臨む側）に凹部401を備える。凹部401は、冠面部40において冠面400の略中央にあり、有底円筒状（底面が平面である浅皿状）である。凹部401の軸心はピストン1の軸心と実質的に（製造誤差の範囲内で）一致する。

[0012] 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、環状の通路411がある。通路411は、ピストン1の周方向に延び、軸線方向から見て凹部401を取り囲む。通路411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。

[0013] 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、ピストンヘッド4に対し燃焼室11の反対側にある。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10の内壁に対し摺動する。ピストンピン穴51にはピストンピンの端部が嵌合する。ピストン1は、ピストンピンを介してコンロッド106の一端側（小端部）に連結される。コンロッド106の他端側（大端部）はクランクシャフトに連結される。

[0014] シリンダライナ102の内部の通路103には冷却水が循環する。シリンダブロック101にはオイルジェット105が設置される。燃焼室11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102及びその内部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の内周側（裏側）にオイルが付着し流出したり、通路411内をオイルが流通したりすることでも、放出される。このオイルの付着や流通は、例えばオイルジェット105からのオイルの噴射により行われる。通路411は冷却通路（クーリングチャンネル）として機能する。

[0015] 低熱伝導層3は、燃焼室11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、ピストンヘッド4における軸線方向一方側（燃焼室11の側）にあって、燃焼室11に臨む表面（冠面400）の一部に形成される。低熱伝導層3の全部は凹部401に收容される。図2及び図3に示すように、低熱伝導層3は、冠面400（及び凹部401の底面）に沿って広がる平面状である。層3の厚さ（凹部401の深さ）は任意である。層3の内部には空隙（中空部）33があり、複数の空隙33が分散している。空隙33には気体（空気）が存在する。複数ある空

隙33の一部は、層3の燃焼室11側の表面（冠面400）に開口する。

[0016] 低熱伝導層3は、金属のバインダー31及び層状ケイ酸塩鉱物を含む。バインダー31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、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31は、アルミニウムの他に添加物を含んでもよい。層状ケイ酸塩鉱物は、（層状の含水ケイ酸塩鉱物である）蛭石35が急加熱されることで膨張したもの（バーミキュライト32）である。空隙33は主にバーミキュライト32の内部にある。バーミキュライト32は空隙33と共に層3の内部に複数分散しており、その最大外形寸法は例えば数mmである。

[0017] 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、鑄造工程、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。鑄造工程で、図4及び図5に示すようなピストン本体2の原型（中間加工材）2Aを鑄造する。具体的には、アルミニウム合金の溶湯を金型に流し込み、凝固させる。このとき、ピストン本体2の内周が形成され、凹部401の原型401A及び通路411が形成される。なお、凹部401を機械加工により形成又は仕上げてよい。熱処理工程で、熱処理を行う。これにより、鑄造された原型2A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4A（における燃焼室11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。低熱伝導層形成工程の後、ピストンヘッド4のうち燃焼室11に臨む側を切削加工し、冠面400を形成する。ピストンヘッド4における燃焼室11側の表面の全部は、機械加工される。また、例えば、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。これにより図2及び図3に示すようなピストン1が形成される。

[0018] 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36という。）を準備する。形成材料36は、金属粉末と層状の含水ケイ酸塩鉱物の粉末とを含む。金属粉末はアルミニウム粉34である。層状の含水ケイ酸塩鉱物は蛭石35（加水黒雲母）、言い換えると高温で焼成する前のバーミキュライトである。蛭石35は例えば0.数mm以上、数mm以下の平均粒径を有する粉末に調製して用いる。粒径の測定には、例えばJIS Z8801の試験用ふるいを用いることができる。平均径としてメジアン径（d50）を用いることができる。アルミニウム粉34と蛭石35とを所定の（重量又は体積）比率で混ぜ合わせた材料36（粉体である混合材料）を準備する。混合材料において蛭石35はアルミニウム粉34の中に分散している。

[0019] 材料設置工程で、図6及び図7に示すように、混合された形成材料36を、（熱処理が行われた）原型2Aの凹部401Aに充填する。具体的には、凹部401Aの上端部まで形成材料36を入れる。なお、凹部401Aのどの位置まで形成材料36を入れるかは任意である。また、凹部401Aにアルミニウム粉34と蛭石35とを別々に入れた後、凹部401A内でこれらを混ぜ合わせてもよい。

[0020] 焼結工程で、充填された形成材料36（具体的にはそのうちのアルミニウム粉34）を焼結する。本実施形態では、図8に示すように、摩擦攪拌溶接（接合）の原理を利用し、回転する工具（ツール）8を用いて焼結を行う。工具8は円柱状であって、その軸線方向端部80の直径D2は凹部401Aの直径D1以上であり、好ましくは直径D1よりも若干大きい。工具8の軸線と凹部401Aの中心軸とを合わせる。工具8をその軸線の周りに回転駆動した状態で（軸線周りの回転を矢印Aで示す。）、工具8の軸線方向端部80を形成材料36に押し当てる（軸線方向の押し付け力を矢印Bで示す）。又は、工具8の端部80を形成材料36に押し付けた状態で、工具8を回転させる。これにより形成材料36が焼結され、当初よりも体積が減少した焼結体からなる低熱伝導層3が形成される。焼結が完了する（低熱伝導層3が形成される）と、工具8を凹部401A内から引き上げる。これにより図9及び図10に示すようなピストン1の原型2Bが形成される。ピストンヘッド4の原型4Bに凹部401の原型401Bが形成される。その後、上記

機械加工工程を行う。ピストンヘッドの原型4Bとともに低熱伝導層3の一部を切削加工し、低熱伝導層3を表面に含む冠面400を平面状に仕上げる。

[0021] 次に、作用効果を説明する。焼結工程で、回転する工具8により形成材料36が押圧されつつ混ぜられ、摩擦熱により加熱される。アルミニウム粉34が塑性流動し、各粉34の表面の酸化膜が破れ、粉体が焼結する。また、各蛭石35の体積が上記加熱により膨張する。これは、蛭石35の層間の結晶水が急加熱により気化（蒸発）することで層間がアコーディオン状に広がり、内部に多くの空気層を含むバーミキュライト32に変化することに由来する。よって、低熱伝導層3は、アルミニウムの焼結体（バインダー31）の内部に、各バーミキュライト32における空隙33が複数形成されたものとなる。空隙33には空気が含まれる。機械加工工程後の層3の表面には、複数ある空隙33の一部が開口する。

[0022] 低熱伝導層3は凹部401によりピストンヘッド4に保持される。層3は燃焼室11に面し、燃焼室11の壁の一部を構成する。層3におけるアルミニウム粉34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よりも低くなる。また、層3中のバーミキュライト32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よりも更に低くなる。また、層3の内部には、バーミキュライト32（膨張した蛭石35）による比較的大きな空隙33が複数ある。これらの空隙33は、熱伝導率が極めて低い。バーミキュライト32は断熱材として機能する。よって、層3は全体として熱伝導率がより一層低くなる。アルミニウム粉34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31として機能し、バーミキュライト32を層3に保持等する。層3は、燃焼室11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11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、燃焼室11に供給された燃料（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、燃

焼効率の低下を抑制し、エンジン100の熱効率の向上を図ることができる。

[0023] 筒内直噴式のエンジン100では、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を形成することで、燃焼室11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、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。

[0024] 空隙33は、蛭石35に含まれていた結晶水が気化することによって形成されたものである。焼結工程では、結晶水が気化して膨張し、蛭石35の層間に空隙33が形成される。焼結工程は空隙形成工程として機能する。このように、気化する成分（物質）を形成材料36に混在させることによって、空隙33を容易に形成することができる。加熱により膨張する性質を備えた層状の含水ケイ酸塩鉱物（蛭石35）を形成材料36に用いることで、空隙33を含む低熱伝導層3をピストンヘッド4に容易に設けることができる。蛭石35の粒径が0.数mm以上、数mm以下であり比較的大きいことに加え、これが更に膨張するため、比較的大きな空隙33が形成される。よって、低熱伝導層3の全体として、熱伝導率がより低くなるため、上記効果を向上できる。なお、加熱により層と層の間が押し広げられて膨張する無機層状物質として、鉱物以外に、人工物である熱膨張性黒鉛を用いてもよい。蛭石35を用いることで、材料を安価にすることができる。

[0025] アルミニウム粉34がバインダー31として機能することにより、空隙33を含む低熱伝導層3の内部における結合の強度（硬さ）が向上し、その欠けや崩れが抑制される。また、層3とピストン本体2との接合の強度が向上し、層3をピストンヘッド4（凹部401）に保持する力が向上する。よって、層3の機能をよ

り長期にわたり維持できる。なお、形成材料36に、蛭石35とバインダー31以外に、添加物（焼結助剤等）を混ぜてもよい。バインダー31は金属（アルミニウム）である。よって、比較的大きな空隙33が形成されても、層3の強度を向上し、その欠けや崩れをより容易に抑制できる。なお、アルミニウム粉34の代わりに他の金属（マグネシウム等）の粉末を用いてもよい。この場合、回転する工具8の押圧による焼結が可能なものであれば都合がよい。また、耐熱性や耐久性が高いものが好ましい。本実施形態では、バインダー31がアルミニウム粉34であるため、アルミニウム合金で形成されたピストン本体2と層3との接合力を向上させることができる。なお、アルミニウム粉34は、純アルミニウムの粉末であってもよいし、アルミニウム合金（例えばピストン本体2の母材金属と同じAC8A）の粉末であってもよい。アルミニウム粉34は粒状アルミニウム粉であってもよい。

[0026] 焼結工程では、バインダー31が焼結されるとともに、焼結時の熱によって蛭石35が膨張することで空隙33が形成される。バインダー31の焼結と空隙33の形成とが同時に（同じ工程で）行われるため、製造方法が簡素化される。言い換えると、空隙33を含む低熱伝導層3を効率的に形成できる。ピストンヘッド4には凹部401がある。よって、摩擦攪拌溶接の原理を利用して工具8の回転により焼結を行う場合でも、ピストンヘッド4に粉体（形成材料36）を保持しつつ粉体に圧力を加えて攪拌できるため、有利である。工具8の直径D2は凹部401の直径D1以上である。よって、回転する工具8の端部80と凹部401との間の径方向隙間から粉体（形成材料36）が飛び出してしまうことを抑制できる。直径D2は直径D1よりも大きい。よって、回転する工具8で凹部401の外縁の一部を巻き込みながら層3が形成されるため、層3と凹部401との接合力を向上させることができる。なお、摩擦攪拌溶接の原理を利用した上記方法以外に、例えば放電プラズマ焼結法により焼結を行ってもよい。この場合も、バインダー31の焼結と空隙33の形成とが同時に行われる。

[0027] 低熱伝導層形成工程後に機械加工工程を行う。ピストンヘッド4に低熱伝導層3を形成した後に、ピストンヘッド4のうち燃焼室11に臨む側を切削加工し

て冠面400を形成する。すなわち、冠面400を切削加工により形成する前に、層3を形成する。よって、低熱伝導層形成工程において、冠面400の形状による制約が少ないため、層3を形成する作業が容易となる。言い換えると、複雑な形状の冠面400にも層3を容易に形成できる（図20参照）。

[0028] [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11に示すように、低熱伝導層3は、軸線方向他方側（ピストン本体2の側、又は燃焼室11と反対の側）に第1層301を有し、軸線方向一方側（燃焼室11の側）に第2層302を有する。第2層302の表面は燃焼室11に臨み、第2層302の燃焼室11と反対側の面（裏面）は第1層301の表面に接する。一般に、層の違いは、性状、形状、機能等によって判別可能である。各層301, 302の厚さは任意である。第1層301は、第2層302に比べ、空隙33が多い粗な層である。第2層302は、第1層301に比べ、空隙33が少ない密な層である。第1層301に占める空隙33（バーミキュライト32）の体積の割合は、全体として（第1層301全体で平均して）、50%より大きく、好ましくは70%以上であり、より好ましくは90%以上である（100%でもよい）。第1層301に占めるアルミニウム（バインダー31）の体積（焼結体の内部の微少な空隙を含む）の割合は、全体として、50%より小さく、好ましくは30%以下であり、より好ましくは10%以下である（0%でもよい）。第2層302に占める空隙33（バーミキュライト32）の体積の割合は、全体として（第2層302全体で平均して）、50%より小さく、好ましくは30%以下であり、より好ましくは10%以下である（0%でもよい）。第2層302に占めるアルミニウム（バインダー31）の体積の割合は、全体として、50%より大きく、好ましくは70%以上であり、より好ましくは90%以上である（100%でもよい）。他の構成は第1実施形態と同じである。

[0029] 以下、本実施形態のピストン1の製造方法を説明する。低熱伝導層形成工程は、材料準備工程と、第1材料設置工程と、第1焼結工程と、第2材料設置工程と、第2焼結工程とを含む。材料準備工程では、第1形成材料361として、アル

ミニウム粉34（及び、あれば添加物）と蛭石35とを第1の（重量又は体積の）比率で混ぜ合わせた混合材料を準備する。第1の比率は、焼結後の低熱伝導層3に全体として占める空隙33（バーミキュライト32）の体積の割合が50%より大きくなり、好ましくは70%以上となり、より好ましくは90%以上となるような比率である。第2形成材料362として、アルミニウム粉34（及び、あれば添加物）と蛭石35とを第2の（重量又は体積の）比率で混ぜ合わせた混合材料を準備する。第2の比率は、焼結後の層3に全体として占めるアルミニウムの体積の割合が50%より大きくなり、好ましくは70%以上となり、より好ましくは90%以上となるような比率である。なお、第1形成材料361と第2形成材料362とで、蛭石35の平均粒径を変えてもよい。

[0030] 第1材料設置工程で、第1実施形態の材料設置工程と同様、図6及び図7に示すように、原型2Aの凹部401Aに第1形成材料361を入れる。第1焼結工程で、図8に示す第1実施形態の焼結工程と同じ方法により、第1形成材料361（具体的にはアルミニウム粉34）を焼結する。これにより、図9及び図10に示すように、第1層301が形成される。第2材料設置工程で、図12及び図13に示すように、凹部401の原型401Bにおいて、形成された第1層301の上に、第2形成材料362を入れる。第2焼結工程で、図14に示すように、第1実施形態の焼結工程と同じ方法により、第2形成材料362（具体的にはアルミニウム粉34）を焼結する。これにより第2層302が形成される。焼結が完了する（第2層302が形成される）と、工具8を原型401C内から引き上げる。これにより図15及び図16に示すようなピストン1の原型2Cが形成される。ピストンヘッド4の原型4Cに凹部401の原型401Cが形成される。その後、機械加工工程を行う。ピストンヘッド4の原型4Cとともに第2層302の一部を切削加工する。これにより、図11に示すように、第2層302を表面に含む冠面400が形成される。ピストン1の他の製造工程は第1実施形態と同じである。

[0031] 次に、作用効果を説明する。低熱伝導層3に占めるアルミニウムの体積の割合が、軸線方向で、燃焼室11側（第2層302）の方が燃焼室11の反対側（第1層301）よりも大きい。又は、低熱伝導層3に占める空隙33の体積の割合が、軸

線方向で、燃焼室11側（第2層302）の方が燃焼室11の反対側（第1層301）よりも小さい。このように、低熱伝導層3の裏面側（燃焼室11の反対側）よりも表面側（燃焼室11側）で、バインダー31の比率が高い、又は空隙33の比率が低いため、層3の表面側の強度が向上する。表面側で空隙33の比率が低いため、層3の表面における空隙33の開口数が減少する。これによって、層3の表面の強度が向上する。よって、層3の損傷（欠けや脱落）を抑制できる。層3の裏面側は、ピストン本体2（凹部401の底面）及び層3の（バインダー31の比率が高い）表面側によって包囲されるため、損傷リスクが少ない。よって、層3の耐久性の向上が図られる。また、層3の表面における空隙33の開口数が減少するため、燃焼室11から空隙33内へ未燃焼の燃料が侵入することは抑制される。これによって、排ガス性能の悪化が抑制される。

[0032] 具体的には、軸線方向における燃焼室11側（第2層302）で、低熱伝導層3に占めるアルミニウムの体積の割合が50%より大きい。このようにバインダー31の体積が過半を占めることで、層3の表面側（燃焼室11側）の強度をある程度確保し、また燃焼室11への空隙33の開口数をある程度減少できる。上記割合が70%以上であれば、上記強度を向上し、上記開口数をより減少できる。上記割合が90%以上であれば、より確実に上記効果が得られる。同様に、軸線方向における燃焼室11側（第2層302）で、層3に占める空隙33の体積の割合が50%より小さい。このように空隙33の体積が過半を占めないことで、層3の表面側の強度をある程度確保し、燃焼室11への空隙33の開口数をある程度減少できる。上記割合が30%以下であれば、上記強度を向上し、上記開口数をより減少できる。上記割合が10%以下であれば、より確実に上記効果が得られる。

[0033] 低熱伝導層3に占めるアルミニウムの体積の割合が、軸線方向で、燃焼室11の反対側（第1層301）の方が燃焼室11側（第2層302）よりも小さい。又は、低熱伝導層3に占める空隙33の体積の割合が、軸線方向で、燃焼室11の反対側（第1層301）の方が燃焼室11側（第2層302）よりも大きい。このように、低熱伝導層3の表面側（燃焼室11側）よりも裏面側（燃焼室11の反対側）で、空隙33の比率が高い、又はバインダー31の比率が低いため、裏面側の熱伝導率

が低下する。低熱伝導層3の全体の熱伝導率を効果的に低くして、燃焼効率の低下を抑制できる。空隙33（バーミキュライト32）の比率を高くすると、その高くした部分の損傷のリスクが高くなるが、上記部分を低熱伝導層3の裏面側としたことにより、低熱伝導層3の損傷を抑制することができる。

[0034] 具体的には、軸線方向における燃焼室11と反対側（第1層301）で、低熱伝導層3に占める空隙33（バーミキュライト32）の体積の割合が50%より大きい。このように空隙33の体積が過半を占めることで、層3の裏面側の熱伝導率をある程度低くできる。上記割合が70%以上であれば、上記熱伝導率をより低くできる。上記割合が90%以上であれば、上記熱伝導率を十分に低くできる。同様に、軸線方向における燃焼室11と反対側（第1層301）で、層3に占めるアルミニウムの体積の割合が50%より小さい。このようにアルミニウムの体積が過半を占めないことで、層3の裏面側の熱伝導率をある程度低くできる。上記割合が30%以下であれば、上記熱伝導率をより低くできる。上記割合が10%以下であれば、上記熱伝導率を十分に低くすることができる。

[0035] 低熱伝導層3は、軸線方向で、アルミニウムと空隙33（バーミキュライト32）との体積の比率が異なる複数の層として、第1層301と第2層302を有する。このように、バインダー31と空隙33との比率が異なる層を複数組み合わせることにより、全体として所望の特性を有する低熱伝導層3とすることができる。上記のように、熱伝導率が低く、損傷や排ガス性能の悪化を抑制できる、といった特性を実現可能である。

[0036] なお、第1焼結工程を省略してもよい。すなわち、材料設置工程で、第1形成材料361に引き続いて第2形成材料362を凹部401に入れ、第1形成材料361と第2形成材料362とを凹部401内で層状に重ならせる。その後、焼結工程で、第1実施形態の焼結工程と同様、工具8の端部80を第2形成材料362に押し当てて回転させる。これにより第1形成材料361（下層）と第2形成材料362（上層）がそれぞれ混ぜられて加熱され、蛭石35の膨張による空隙33を含む焼結体の層が形成される。アルミニウムと空隙33の体積の比率が軸線方向で異なった（燃焼室11側の方が燃焼室11の反対側よりもアルミニウムの比率が大きい）

低熱伝導層3が形成される。上記比率は軸線方向で連続的に異なってもよいし非連続的に異なってもよい。上記比率の相違に着目すると、実質的に2層からなる低熱伝導層3が形成される。この方法は、第1形成材料361にアルミニウム粉34がほとんど含まれず第1形成材料361の単独での焼結が難しい場合に特に有効である。一方、第1焼結工程を含む上記方法は、第1形成材料361にアルミニウム粉34がある程度存在する場合に特に有効である。第1, 第2層301, 302 (2層の焼結層) を互いに独立に形成することで、各層301, 302に占めるアルミニウム及び空隙33の体積の割合を、より正確にコントロール可能である。また、複数の層301, 302を順次形成することで、各層301, 302を効率的に形成しつつ、全体としての層3の厚さを容易に増大させることができる。第2層302と同様にして第3層, 第4層等を形成してもよい。他の作用効果は第実施形態と同じである。

[0037] [第3実施形態]

本実施形態のピストン1の構成は、第2実施形態と同じである。本実施形態のピストン1の製造方法を説明する。材料準備工程で、第1形成材料361及び第2形成材料362 (粉体である混合材料) をそれぞれ所定の形状に固めた仮の成形体 (プリフォーム360) を用意する。プリフォーム360は、形成材料36を加圧して圧縮することにより固めた圧粉体である。なお、接着剤等により固めてもよい。図17に示すように、プリフォーム360は円柱状である。第1形成材料361のプリフォーム360の直径D3は、凹部410の原型401Aの直径D1よりわずかに小さい。第2形成材料362のプリフォーム360の直径D3は、凹部401の原型401Bのうち燃焼室11側の直径 (工具8の端部の直径) D2よりわずかに小さい。なお、両材料361, 362のプリフォーム360の直径D3を揃えてもよい。プリフォーム360の高さ (軸線方向寸法) は、適宜設定可能である。材料設置工程で、凹部401の原型401A, 401Bに形成材料361, 362をそれぞれ入れる際、それらのプリフォーム360を挿入して設置する。ピストン1の他の製造工程は第2実施形態と同じである。

[0038] 次に、作用効果を説明する。材料設置工程で、予め成形された形成材料36

(プリフォーム360)を凹部401の原型401A, 401Bに設置することにより、形成材料36を粉末状のまま原型401A, 401Bに設置する場合に比べ、設置作業が容易となる。他の作用効果は第2実施形態と同じである。なお、両材料361, 362のいずれかのみをプリフォーム360としてもよい。例えば、材料準備工程で形成材料36を加圧して圧縮する際、第1形成材料361における蛭石35の比率が高いことで第1形成材料361を固めることが困難なときは、第2形成材料362のみプリフォーム360に成形してもよい。また、第1実施形態のピストン1の製造方法にプリフォーム360を適用してもよい。

[0039] [第4実施形態]

まず、構成を説明する。図18及び図19に示すように、ピストン1は、低熱伝導層3の（燃焼室11側の）表面に皮膜9を有する。皮膜9は、冠面400において、層3の表面の全部と、他の箇所（凹部401ないし低熱伝導層3を取り囲む部分）の表面の全部とを覆う。皮膜9は、例えばジルコニアやコーゼライト等のセラミックスを含む。層3その他のピストン1の構成は第1実施形態と同じである。本実施形態のピストン1の製造方法は、皮膜形成工程を含む。皮膜形成工程は、機械加工工程後に行われ、切削加工された（層3を含む）冠面400の表面に皮膜9を形成する。例えば上記セラミックスの粉末を材料とし、この粉末を冠面400にプラズマ溶射する等により皮膜9を形成する。ピストン1の他の製造工程は第1実施形態と同じである。

[0040] 次に、作用効果を説明する。低熱伝導層3内の空隙33の表面側（燃焼室11側）への開口は、皮膜9により覆われる。皮膜9は空隙33の開口を閉塞（封孔）する封孔層として機能する。開口が覆われることで、空隙33の内部で対流が起きにくくなるため、層3の断熱性が向上する。また、燃焼室11から空隙33内へ未燃焼の燃料が侵入することが抑制されるため、排ガス性能の悪化が抑制される。また、空隙33の開口が皮膜9により覆われることで、層3の表面における空隙33による凹凸が減少する。よって、層3の表面の強度を向上し、層3の損傷を抑制できる。なお、皮膜9の材料は耐熱性と強度を一定程度有していればよく、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

熱伝導率が低くなくてもよい。本実施形態では、皮膜9のセラミックス（ジルコニア等）は、低熱伝導性材料であり、ピストン本体2の素材（アルミニウム合金）よりも熱伝導率が低い。よって、皮膜9は、ピストン本体2よりも熱伝導率が低くなる。皮膜9は、燃焼室11とピストンヘッド4との間にあって、断熱層として機能する。よって、冠面400における層3を取り囲む部分の熱伝導率をも低くし、燃焼効率の低下の更なる抑制を図ることができる。なお、皮膜9は冠面400の全部でなく一部の範囲にあってよい。例えば、皮膜9は、冠面400における層3の表面のみを覆い、他の箇所を覆わなくてもよい。上記他の箇所に皮膜9を形成しなければ、上記他の箇所が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。他の作用効果は第1実施形態と同じである。

[0041] 皮膜9は陽極酸化皮膜であってもよい。すなわち、上記皮膜形成工程で、（低熱伝導層3を含む）冠面400のアルミニウム（層3のバインダー31やピストン本体2の素材）を陽極酸化させることにより、冠面400に陽極酸化皮膜（表面層）を形成してもよい。陽極酸化皮膜により、層3の表面における空隙33の開口が閉塞され又は小さくなる。陽極酸化の工程は、封孔処理工程として機能する。空隙33の開口が小さくなることで、上記と同様、排ガス性能の悪化や層3の損傷を抑制できる。また、一般に、酸化によって熱伝導率は低くなる。このため、層3の陽極酸化された表面側（燃焼室11側）で、燃焼室11と反対側よりも、熱伝導率が（平均的に）低くなる。言い換えると、陽極酸化により、冠面400に、低熱伝導層3（の陽極酸化されない部分）よりも熱伝導率が低い皮膜9が形成される。また、陽極酸化皮膜中のポーラスによっても、層3の陽極酸化された表面側で、燃焼室11と反対側よりも、熱伝導率が低くなる。よって、層3の熱伝導率を更に低くすることができる。なお、陽極酸化皮膜中のポーラスが大きくなりすぎないためには、陽極酸化皮膜の厚さは薄いほうがよい。この点、層3は焼結体であるため、陽極酸化皮膜の形成はそれほど進まず、その厚さはある程度薄く抑えられることから、好都合である。冠面400における層3以外の箇所（層3を取り囲む部分）でも、上記と同様、陽極酸化

された表面側（燃焼室11側）で、熱伝導率が低くなる。陽極酸化皮膜が冠面400の全部でなく一部の範囲に形成されてもよいことは、上記と同様である。

[0042] 第2実施形態のピストン1に上記皮膜9を適用（第2実施形態のピストン1の製造方法に上記皮膜形成工程を適用）し、第2層302を含む冠面400を覆う皮膜9を形成してもよい。また、本実施形態のピストン1の製造方法に第3実施形態のプリフォーム360を適用してもよい。

[0043] [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。ピストン1（ピストン本体2）の形状は任意である。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、凹部401の形状や位置は上記に限らず任意である。凹部401の外周縁は通路411の内周縁よりもピストン径方向で内側にあってもよい。冠面400にバルブリセス等の凹部を有してもよい。図20に示すように、冠面400の一部が燃焼室11側に隆起した形状のピストン1であってもよい。低熱伝導層3は、第1層301及び第2層302を有する。第2層302は隆起部402にある。第2実施形態の低熱伝導層形成工程後の機械加工工程において、ピストンヘッド4の原型40とともに第2層302の一部を切削加工する。隆起部402を残して第2層302を切削加工する。これにより、第2層302を隆起部402の表面に含む冠面400が形成される。更に、図21に示すように、上記冠面400に、第4実施形態の皮膜9を形成してもよい。

[0044] [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（又は技術的解決策。以下同じ。）について、以下に記載する。

(1) 内燃機関のピストンは、その1つの態様において、

アルミニウム合金を含み、ピストンヘッド及びピストンスカートを有する

本体であって、前記ピストンヘッドのうち内燃機関の燃焼室に臨む側に保持部がある本体と、

金属であるバインダー及び層状ケイ酸塩鉱物を含み、前記保持部にある低熱伝導層とを有する。

(2) より好ましい態様では、前記態様において、

前記低熱伝導層の表面にあり、前記低熱伝導層内の空隙の開口を閉塞する皮膜を有する。

(3) 別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記皮膜は前記低熱伝導層よりも熱伝導率が低い。

(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、

前記皮膜は陽極酸化皮膜である。

(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、

前記バインダーはアルミニウムを含む。

(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、

前記低熱伝導層に占める前記バインダーの体積の割合が、前記内燃機関のシリンダ内における前記本体の移動方向に沿った軸線方向で、前記燃焼室側の方が前記燃焼室の反対側よりも大きい。

(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、

前記低熱伝導層は、前記軸線方向で、前記バインダーと前記層状ケイ酸塩鉱物との体積の比率が異なる複数の層を有する。

(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、

前記軸線方向における前記燃焼室側で、前記低熱伝導層に占める前記バインダーの体積の割合が90パーセント以上である。

(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、

前記軸線方向における前記燃焼室と反対側で、前記低熱伝導層に占める前記層状ケイ酸塩鉱物の体積の割合が90パーセント以上である。

(10) 内燃機関のピストンの製造方法は、その1つの態様において、

ピストンヘッドとピストンスカートとを有する本体をアルミニウム合金で

形成する工程と、

前記ピストンヘッドのうち内燃機関の燃焼室に臨む側に保持部を形成する工程と、

金属であるバインダーと層状の含水ケイ酸塩鉱物とを混合した材料を前記保持部に設置する工程と、

前記設置された材料を、回転する工具により押圧し、前記保持部に低熱伝導層を形成する工程とを含む。

(11) より好ましい態様では、前記態様において、

前記低熱伝導層の表面に皮膜を形成する工程を有する。

(12) 別の好ましい態様では、前記態様のいずれかにおいて、

前記皮膜は前記低熱伝導層よりも熱伝導率が低い。

(13) 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、

前記皮膜を形成する工程では、陽極酸化により陽極酸化皮膜を形成する。

(14) 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、

前記回転する工具の直径は前記保持部の直径よりも大きい。

(15) 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、

前記バインダーはアルミニウム粉を含む。

(16) 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、

前記低熱伝導層に占める前記バインダーの体積の割合が、前記内燃機関のシリンダ内における前記本体の移動方向に沿った軸線方向で、前記燃焼室側の方が前記燃焼室の反対側よりも大きい。

(17) 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、

前記低熱伝導層を形成する工程の後、前記バインダーと前記含水ケイ酸塩鉱物とを前記材料と異なる比率で混合した別の材料を前記保持部に設置する工程と、

前記設置された別の材料を、回転する工具で押圧し、前記保持部に別の低熱伝導層を形成する工程とを有する。

(18) 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、

前記低熱伝導層を形成する工程の後、前記ピストンヘッドのうち内燃機関の燃焼室に臨む側を切削加工する工程を有する。

(19) 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、

前記切削加工する工程の後、前記低熱伝導層の表面に皮膜を形成する工程を有する。

(20) 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、

前記材料を圧縮し所定の形状に成形する工程を有し、

前記材料を前記保持部に設置する工程では、前記成形された前記材料を前記保持部に設置する。

[0045] 本願は、2016年8月12日出願の日本特許出願番号2016-158366号に基づく優先権を主張する。2016年8月12日出願の日本特許出願番号2016-158366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

[0046] 100 エンジン（内燃機関）、11 燃焼室、1 ピストン、2 ピストン本体、3 低熱伝導層、31 バインダー、32 バーミキュライト（層状ケイ酸塩鉱物）、4 ピストンヘッド、401 凹部（保持部）、6 ピストンスカート

請求の範囲

- [請求項1] 内燃機関のピストンであって、
アルミニウム合金で形成された本体部であって、ピストンヘッドと、前記ピストンヘッドに設けられたスカート部と、を有する本体部と、
前記ピストンヘッドのうちの、前記内燃機関の燃焼室側に設けられた低熱伝導層保持部と、
前記低熱伝導層保持部に保持される低熱伝導層と
を備え、
前記低熱伝導層は、金属材料から形成されたバインダーと、層状の含水ケイ酸塩鉱物と、の混合材料を含む
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であって、
前記低熱伝導層の表面に設けられ、前記低熱伝導層の空隙を閉塞する被膜を備える
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であって、
前記被膜は、前記低熱伝導層よりも熱伝導率が低く、かつ、前記低熱伝導層よりも比熱が小さい
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であって、
前記被膜は、陽極酸化被膜である
内燃機関のピストン。
- [請求項5] 請求項1に記載の内燃機関のピストンであって、
前記バインダーは、アルミニウム粉である
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であって、
前記低熱伝導層において、前記バインダーの混合比率が、前記内燃

機関のシリンダ内における前記本体部の移動方向に沿った軸線方向において、前記燃焼室側の方が前記燃焼室とは反対側よりも高い
内燃機関のピストン。

[請求項7] 請求項6に記載の内燃機関のピストンであって、
前記低熱伝導層は、前記軸線方向において、前記バインダーと前記層状の含水ケイ酸塩鉱物との混合比率が異なる複数の層を備える
内燃機関のピストン。

[請求項8] 請求項6に記載の内燃機関のピストンであって、
前記低熱伝導層は、前記軸線方向における前記燃焼室側の表面の前記バインダーの比率が90パーセント以上である
内燃機関のピストン。

[請求項9] 請求項6に記載の内燃機関のピストンであって、
前記低熱伝導層は、前記軸線方向における前記燃焼室とは反対側の端部の前記層状の含水ケイ酸塩鉱物の混合比率が90パーセント以上である
内燃機関のピストン。

[請求項10] 内燃機関のピストンの製造方法であって、
アルミニウム合金で形成された本体部であって、ピストンヘッドと前記ピストンヘッドに設けられたスカート部とを有する本体部と、前記ピストンヘッドのうちの、前記内燃機関の燃焼室側に設けられた低熱伝導層保持部と、を備えるピストンを用意する工程と、
金属材料から形成されたバインダーと、層状の含水ケイ酸塩鉱物と、の第1の混合材料を前記低熱伝導層保持部に設置する設置工程と、
前記混合材料を回転するツールで押圧し、前記低熱伝導層保持部に低熱伝導層を形成する低熱伝導層形成工程と、
を備える内燃機関のピストンの製造方法。

[請求項11] 請求項10に記載の内燃機関のピストンの製造方法であって、
前記低熱伝導層形成工程の後、前記低熱伝導層の表面に被膜を設け

る被膜形成工程を備える

内燃機関のピストンの製造方法。

- [請求項12] 請求項11に記載の内燃機関のピストンの製造方法であって、
前記被膜は、前記低熱伝導層よりも熱伝導率が低く、かつ、前記低熱伝導層よりも比熱が小さい

内燃機関のピストンの製造方法。

- [請求項13] 請求項11に記載の内燃機関のピストンの製造方法であって、
前記被膜形成工程は、陽極酸化処理により陽極酸化被膜を形成する工程を備える

内燃機関のピストンの製造方法。

- [請求項14] 請求項10に記載の内燃機関のピストンの製造方法であって、
前記ツールの直径は、前記低熱伝導層保持部の直径よりも大きい
内燃機関のピストンの製造方法。

- [請求項15] 請求項10に記載の内燃機関のピストンの製造方法であって、
前記バインダーは、アルミニウム粉である
内燃機関のピストンの製造方法。

- [請求項16] 請求項10に記載の内燃機関のピストンの製造方法であって、
前記低熱伝導層は、前記バインダーの混合比率が、前記内燃機関のシリンダ内における前記本体部の移動方向に沿った軸線方向において、前記燃焼室側の方が前記燃焼室とは反対側よりも高い
内燃機関のピストンの製造方法。

- [請求項17] 請求項16に記載の内燃機関のピストンの製造方法であって、
前記低熱伝導層形成工程の後、前記バインダーと前記層状の含水ケイ酸塩鉱物との混合比率が前記第1の混合材料とは異なる第2の混合材料を前記低熱伝導層保持部に設置する第2の設置工程と、
前記第2工程で設置された前記第2の混合材料を回転するツールで押圧し、前記低熱伝導層保持部に2層目の低熱伝導層を形成する第2の低熱伝導層形成工程と、

を備える

内燃機関のピストンの製造方法。

[請求項18]

請求項10に記載の内燃機関のピストンの製造方法であって、
前記低熱伝導層形成工程の後、前記ピストンヘッドの冠面を切削加工する加工工程を備える

内燃機関のピストンの製造方法。

[請求項19]

請求項18に記載の内燃機関のピストンの製造方法であって、
前記加工工程の後、前記低熱伝導層の表面に被膜を設ける被膜形成工程を備える

内燃機関のピストンの製造方法。

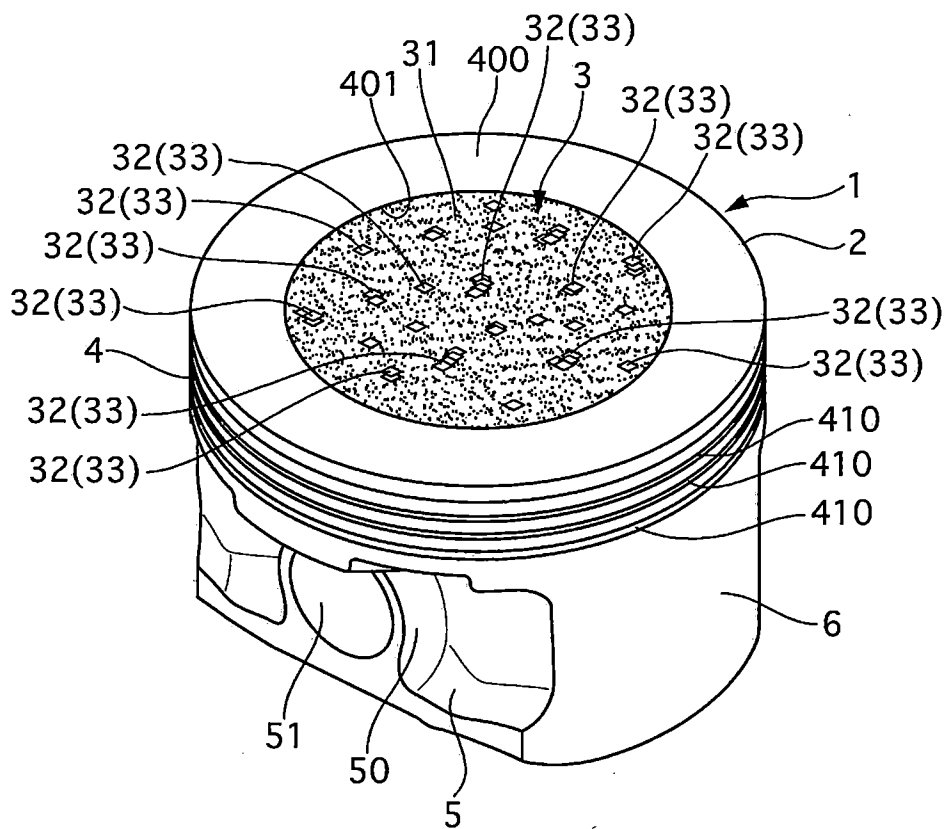
[請求項20]

請求項10に記載の内燃機関のピストンの製造方法であって、
前記第1の混合材料を圧縮し、所定の形状に成形する成形工程を備え、

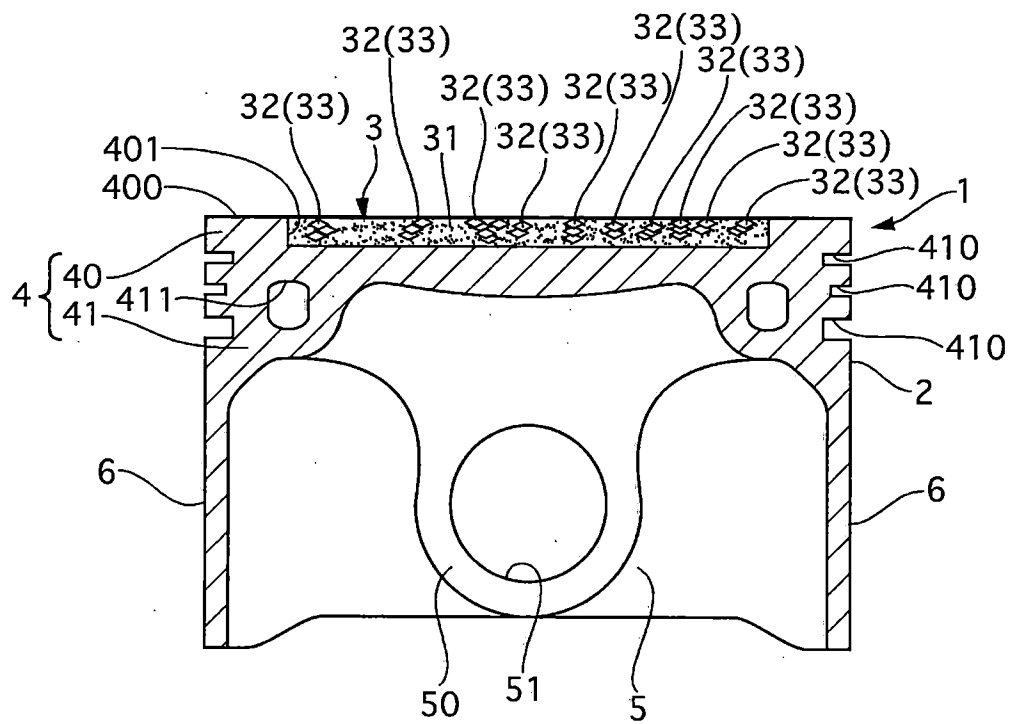
前記設置工程は、前記成形工程によって成形された前記第1の混合材料を前記低熱伝導層保持部に設置する工程を備える

内燃機関のピストンの製造方法。

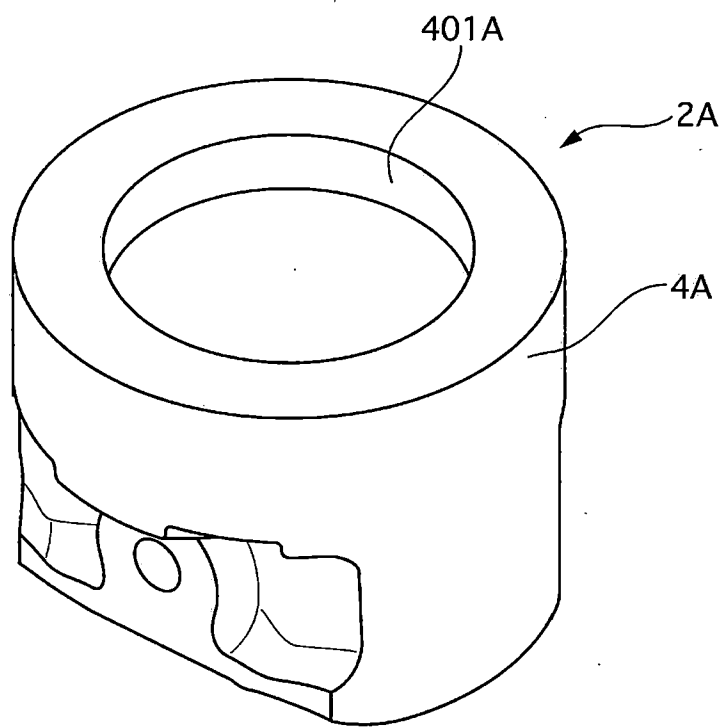
[図2]



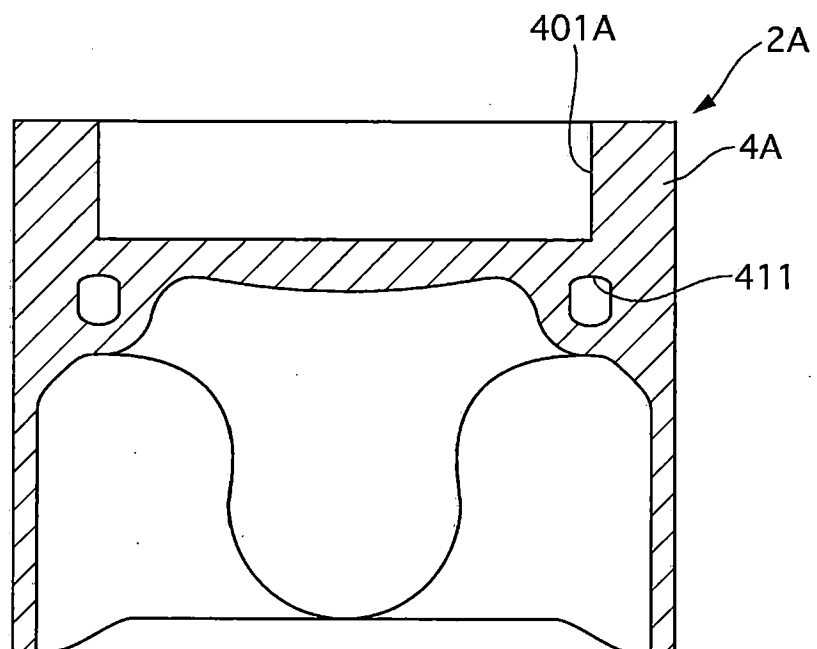
[図3]



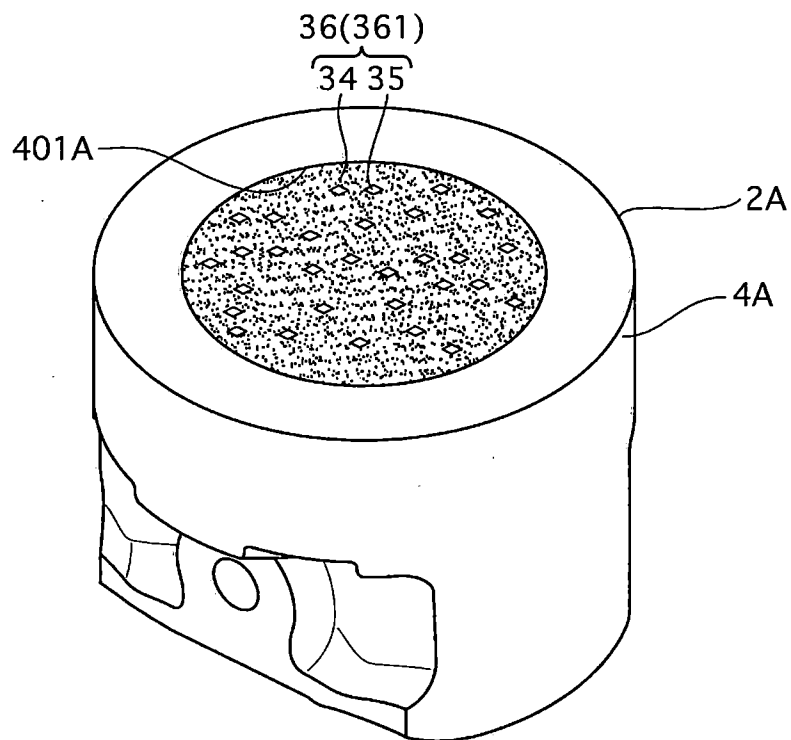
[図4]



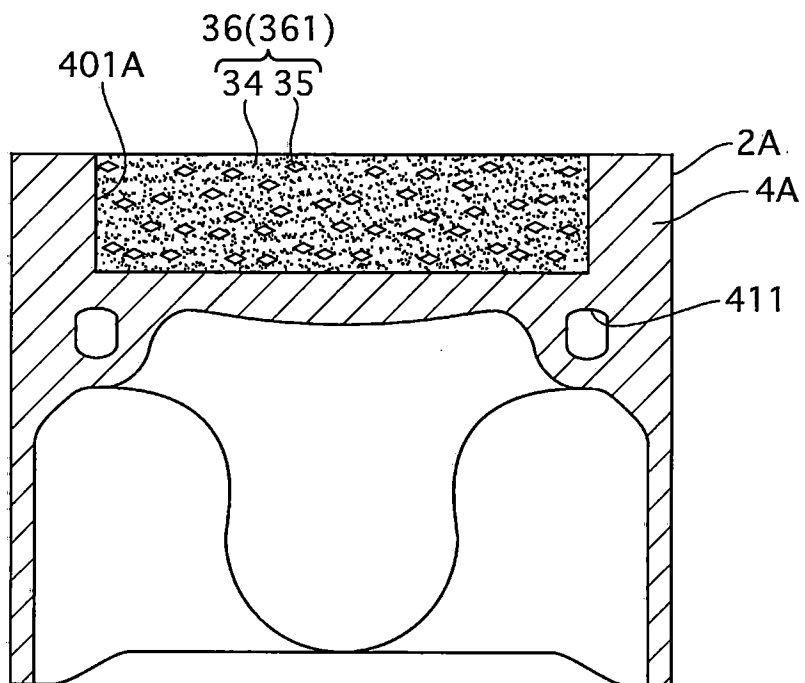
[図5]



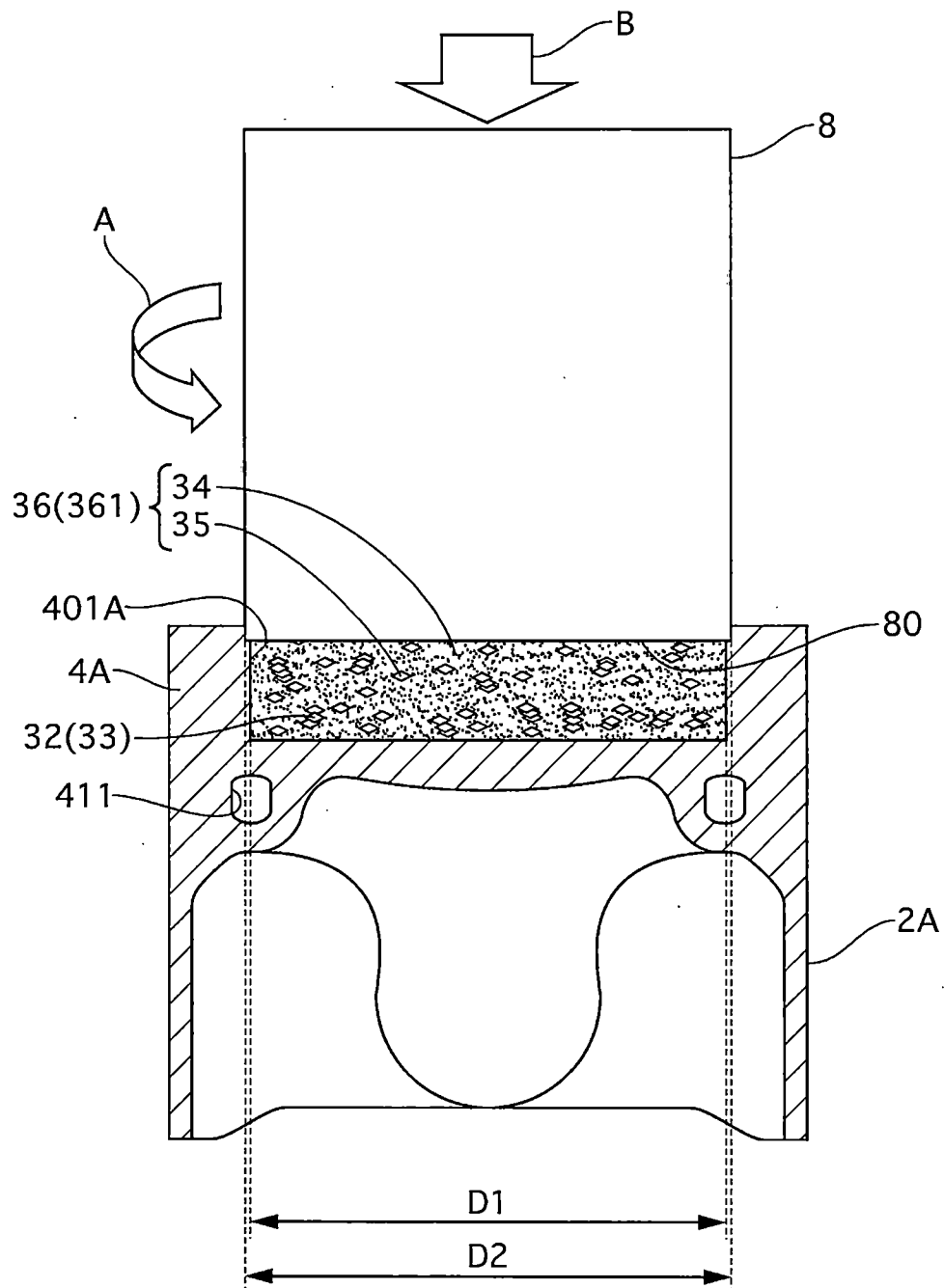
[図6]



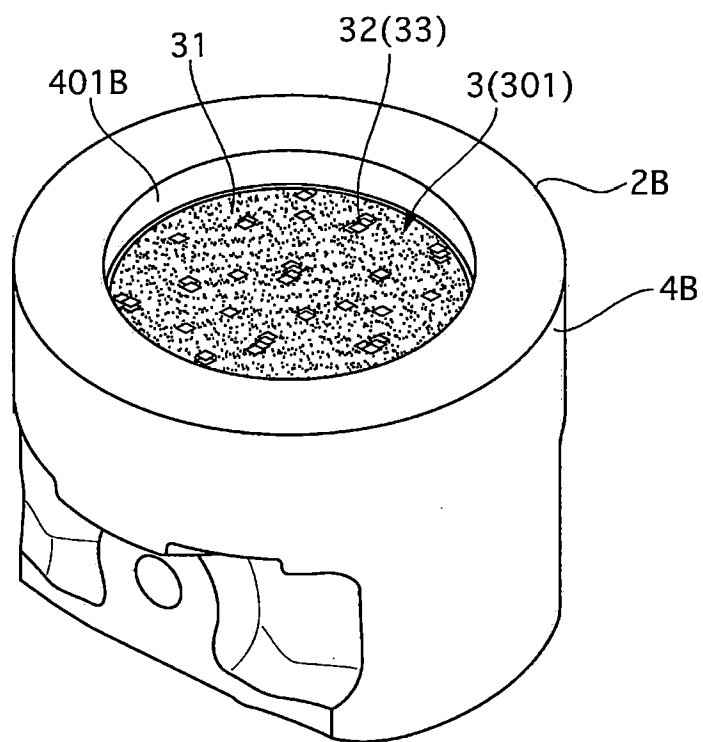
[図7]



[図8]



[図9]



[図10]

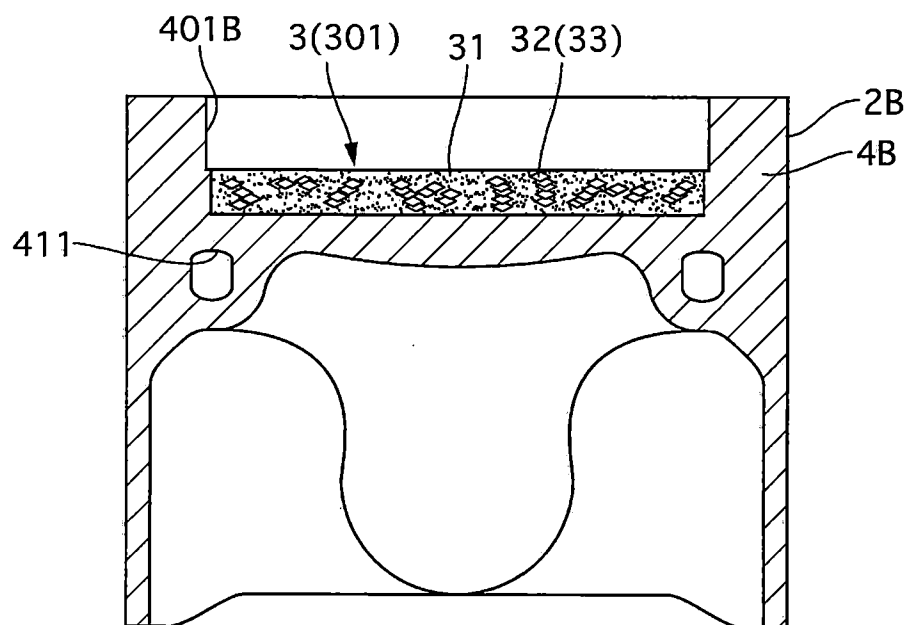
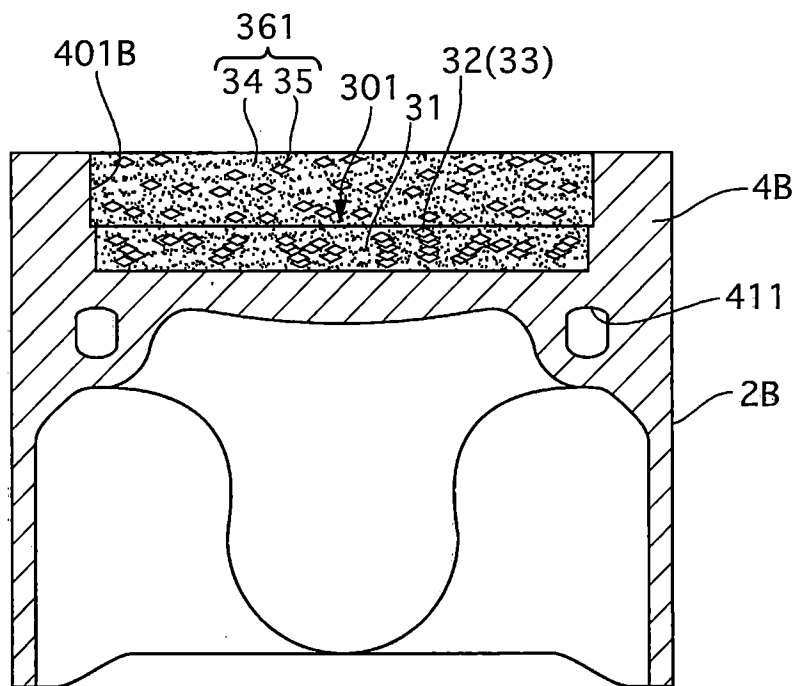
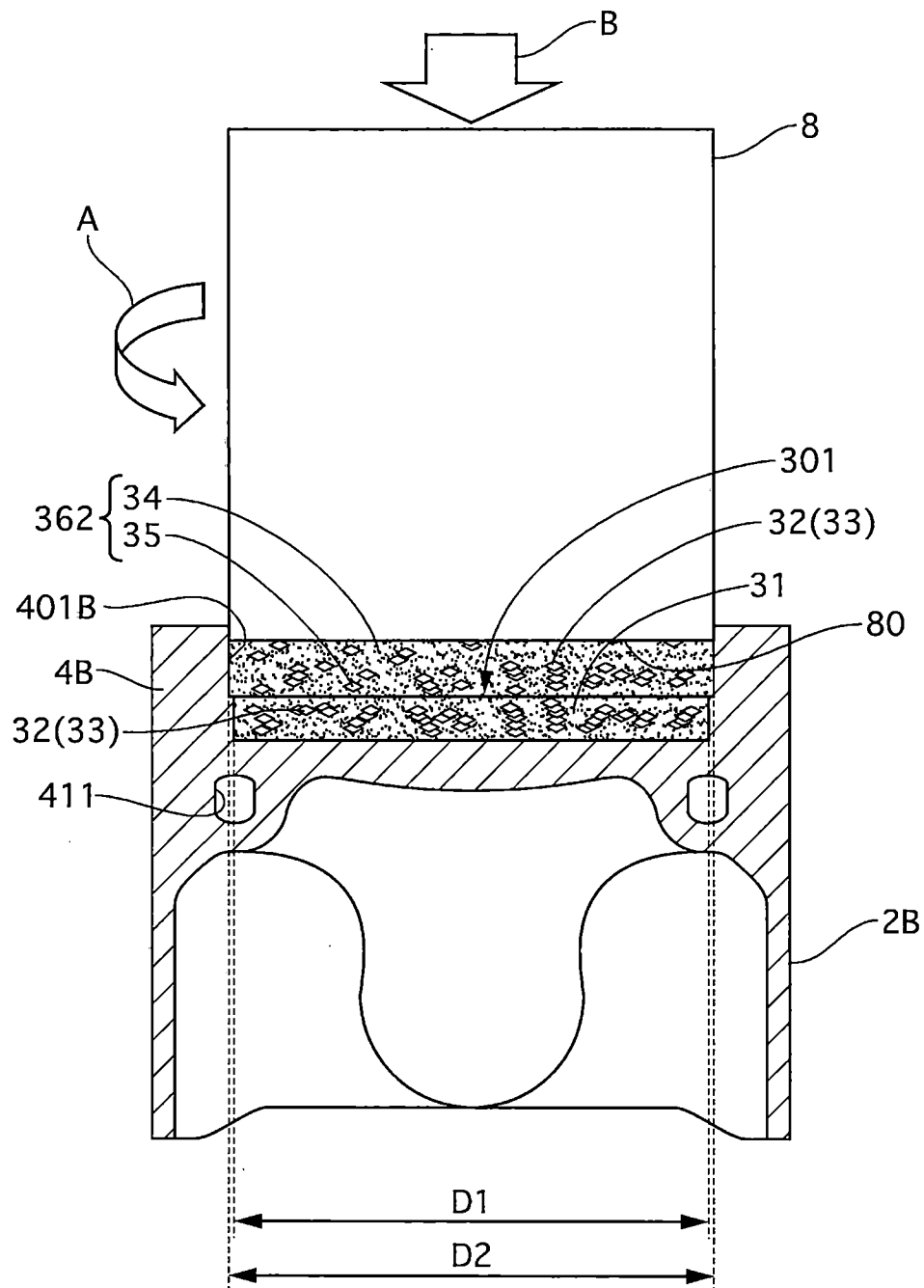


FIG. 10 is a perspective view of a cylindrical structure 2B. The top surface 4B is covered with a pattern of small diamond shapes 34 and 35, collectively labeled 362. A label 401B points to the top surface area.

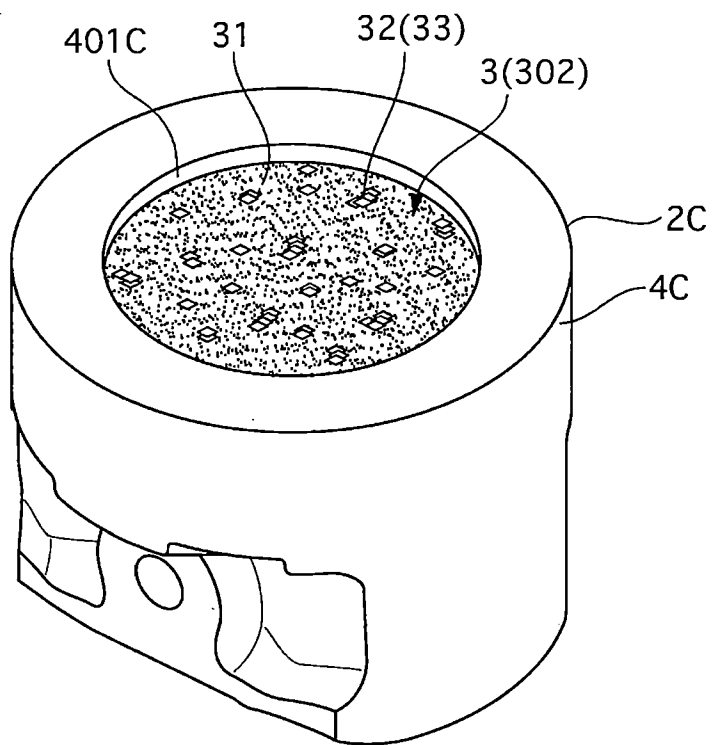
[図13]



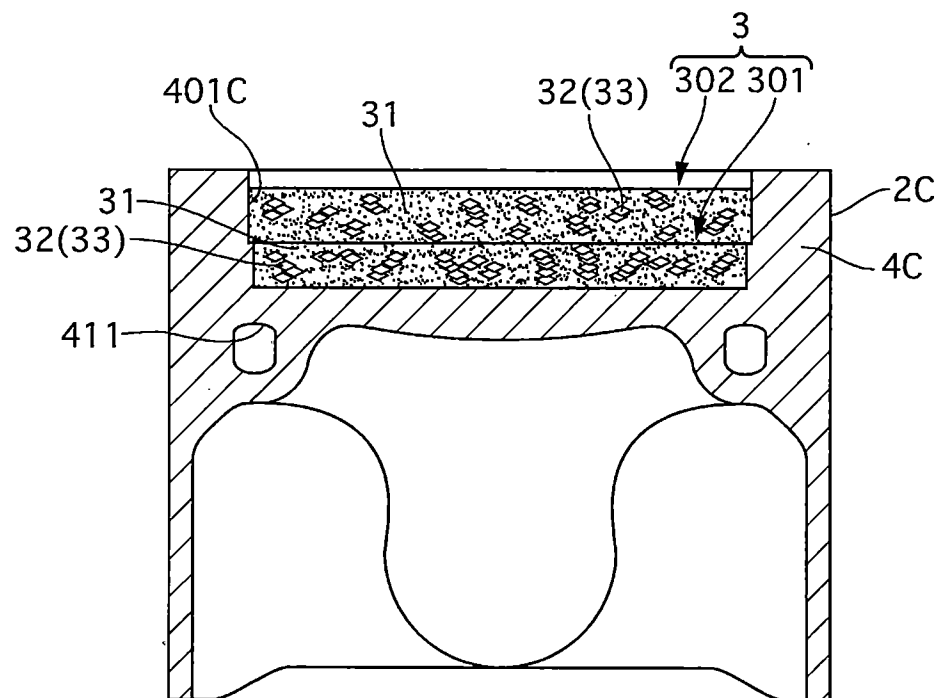
[図14]



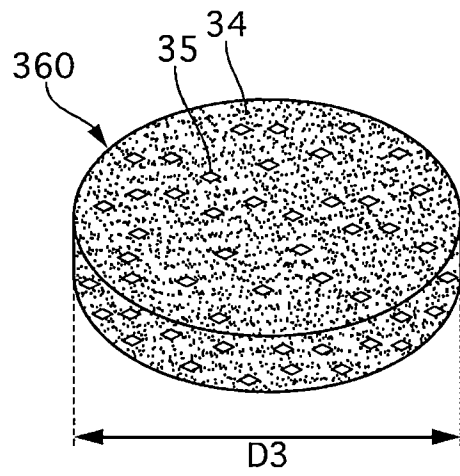
[図15]



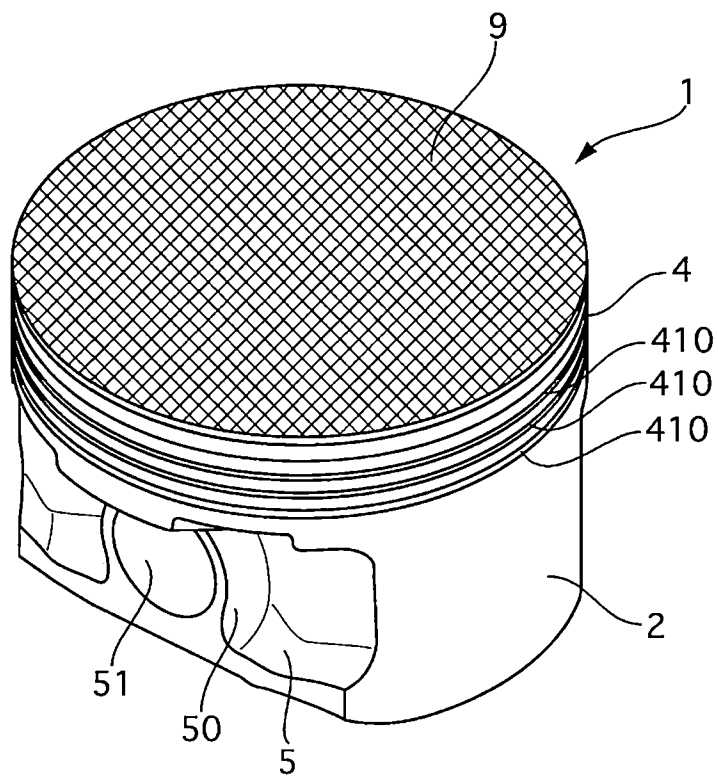
[図16]



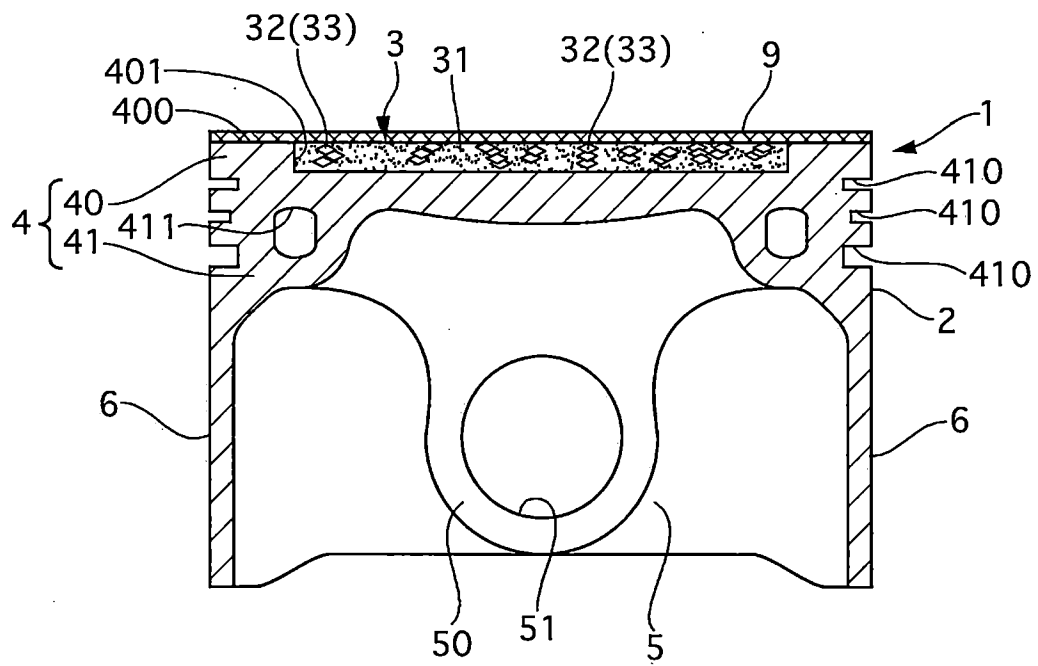
[図17]



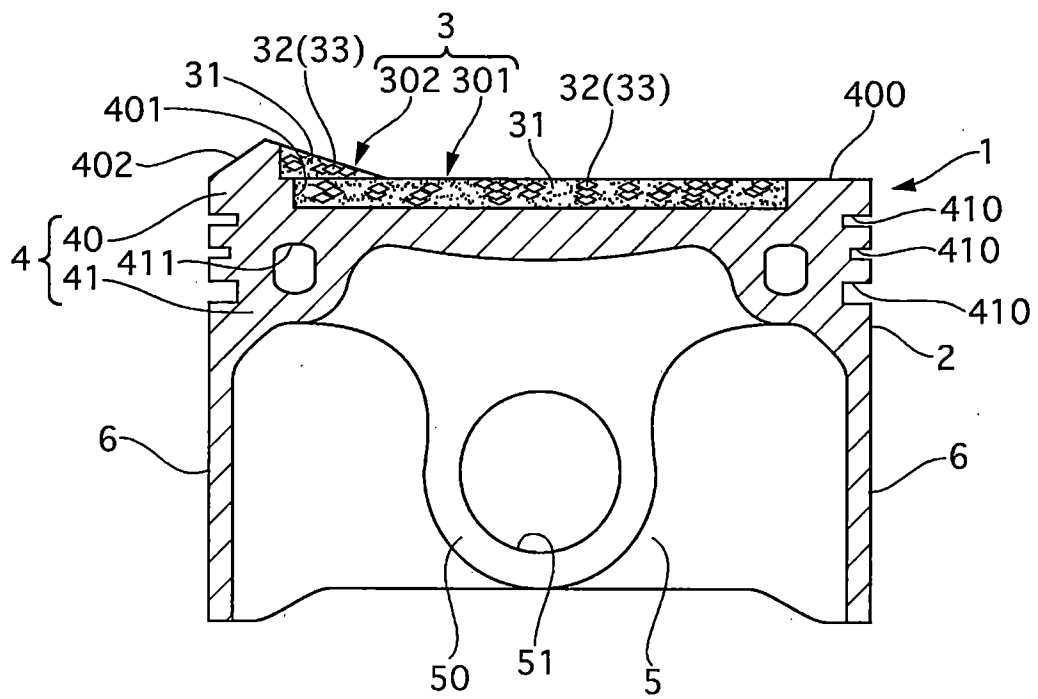
[図18]



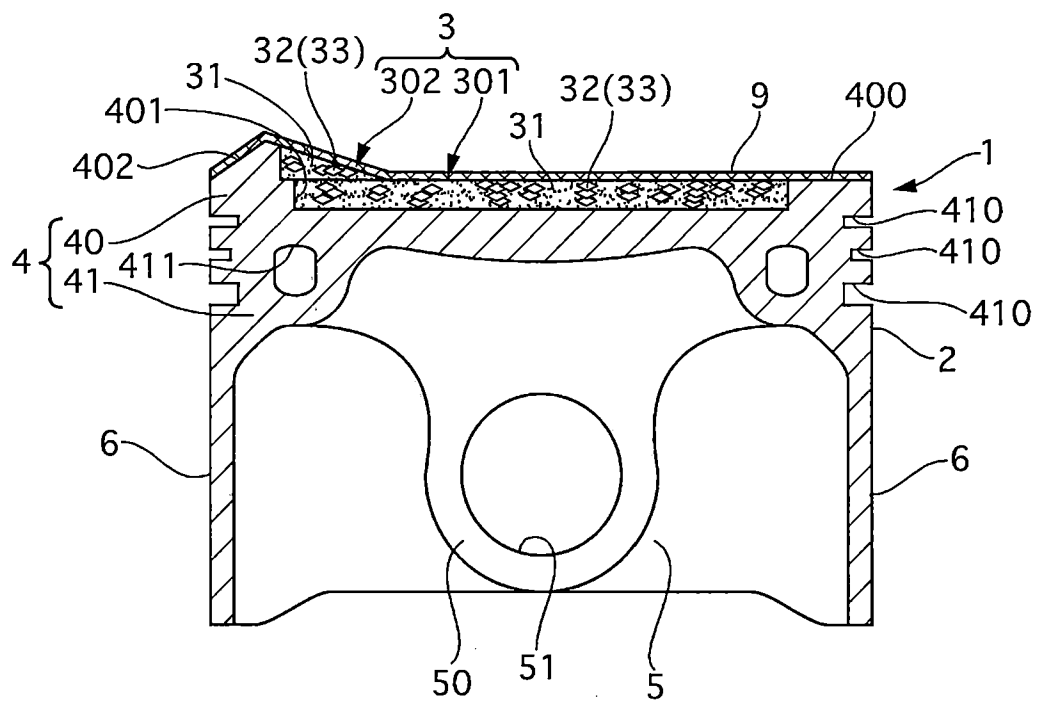
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/014606

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02F3/26(2006.01)i, F02B23/00(2006.01)i, F02F3/00(2006.01)i, F02F3/12(2006.01)i, F16J1/00(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)

F02F3/26, F02B23/00, F02F3/00, F02F3/12, F16J1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
X	WO 2015/016122 A1 (Hitachi Automotive Systems, Ltd.),	1, 5, 10, 14-15, 18-20
Y	05 February 2015 (05.02.2015), paragraphs [0009] to [0053]; fig. 1 to 11 & US 2016/0177864 A1 paragraphs [0020] to [0069]; fig. 1 to 11	2-4, 6-9, 11-13, 16-17
Y	JP 2015-193915 A (Suzuki Motor Corp.), 05 November 2015 (05.11.2015), paragraphs [0013] to [0104] & JP 2015-194149 A & US 2016/0138179 A1 paragraphs [0022] to [0107] & US 2016/0122894 A1 & WO 2015/147164 A1 & WO 2015/147162 A1 & WO 2015/147163 A1	2-4, 11-13

☒ 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
27 June 2017 (27.06.17)

Date of mailing of the international search report
11 July 2017 (11.07.17)

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/JP2017/014606

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 2013-213446 A (Toyota Motor Corp.), 17 October 2013 (17.10.2013), paragraph [0038] (Family: none)	6-9, 16-17
A	JP 2005-76471 A (Toyota Motor Corp.), 24 March 2005 (24.03.2005), paragraph [0038] (Family: none)	1-20

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02F3/26(2006.01)i, F02B23/00(2006.01)i, F02F3/00(2006.01)i, F02F3/12(2006.01)i, F16J1/00(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. F02F3/26, F02B23/00, F02F3/00, F02F3/12, F16J1/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
X	WO 2015/016122 A1（日立オートモティブシステムズ株式会社）	1, 5, 10,
Y	2015.02.05, 段落 0009-0053, 図 1-11 & US 2016/0177864 A1, 段落 0020-0069, 図 1-11	14-15, 18-20 2-4, 6-9, 11-13, 16-17
Y	JP 2015-193915 A（スズキ株式会社）2015.11.05, 段落 0013-0104 & JP 2015-194149 A & US 2016/0138179 A1, 段落 0022-0107 & US 2016/0122894 A1 & WO 2015/147164 A1 & WO 2015/147162 A1 & WO 2015/147163 A1	2-4, 11-13

☒ 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

27.06.2017

国際調査報告の発送日

11.07.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

堀内 亮吾

3G

4651

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 2013-213446 A (トヨタ自動車株式会社) 2013. 10. 17, 段落 0038 (ファミリーなし)	6-9, 16-17
A	JP 2005-76471 A (トヨタ自動車株式会社) 2005. 03. 24, 段落 0038 (ファミリーなし)	1-20