

(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9月27日(27.09.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/173548 A1

(51) 国際特許分類:

F02F 3/12 (2006.01) F16J 1/01 (2006.01)
F02F 3/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/004976

(22) 国際出願日: 2018年2月14日(14.02.2018)

(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 2017-055393 2017年3月22日(22.03.2017) 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: 高橋 智一 (TAKAHASHI, Norikazu); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名四丁目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).

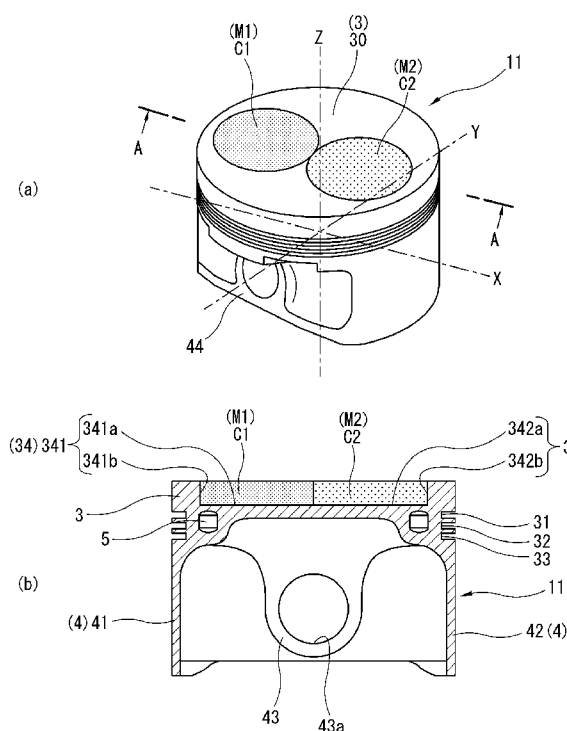
(74) 代理人: 小林 博通, 外(KOBAYASHI, Hiromichi et al.); 〒1040044 東京都中央区明石町1番29号 掖済会ビル S H I G A 内 外国特許事務所内 Tokyo (JP).

(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, JP, 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.

(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,

(54) Title: PISTON OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 内燃機関のピストン及びその製造方法



(57) Abstract: This piston is provided with a functional layer holding part (34) formed on a crown surface (30) of a piston head (3), wherein the functional layer holding part (34) has, disposed adjacent to each other, an insulating coating (C1) serving as a first functional layer and formed by mixing a first functional material with a first binder, and a thermal barrier coating (C2) serving as a second functional layer and formed by mixing a second functional material with a second binder. The first functional material is formed from a material with a lower thermal conductivity and a larger specific heat capacity than the metal used in the main body, and the second functional material is formed from a material having a lower thermal conductivity and a smaller specific heat capacity than the main body. The main component of the first binder and the second binder both comprise the same metal.

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)）

(57) 要約：本発明に係るピストンは、ピストンヘッド（3）の冠面（30）に形成された機能層保持部（34）に、第1機能材と第1バインダとが混合されてなる第1機能層としての断熱被膜層（C1）と、第2機能材と第2バインダとが混合されてなる第2機能層としての遮熱被膜層（C2）と、が隣接して設けられている。第1機能材は、本体部の金属材料よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が大きい材料からなり、第2機能材は、本体部よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が小さい材料からなり、第1バインダ及び第2バインダは、共に主成分が同じ金属材料からなる。

明 細 書

発明の名称： 内燃機関のピストン及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、内燃機関のピストン及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来の内燃機関のピストンとしては、例えば以下の特許文献 1 に記載されたものが知られている。

[0003] この内燃機関のピストンには、冠部に、主成分が異なる金属材料により形成された熱容量の異なる 2 つの機能層（第 1 機能層及び第 2 機能層）が隣接して設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2013-67823 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、前記従来のピストンのように、主成分が異なる金属材料からなる前記 2 つの機能層を隣接して配置した場合、該両機能層の境界部において良好な接合特性が得られず、ピストンの耐久性の低下を招来してしまうおそれがあった。

[0006] そこで、本発明は、前記従来の内燃機関のピストンの技術的課題に鑑みて案出されたものであり、隣接した 2 つの機能層の境界部において良好な接合特性を得ることができる内燃機関のピストン及びその製造方法を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明に係る内燃機関のピストンは、その一態様として、ピストンヘッドの冠面に形成された機能層保持部に、本体部の金属材料よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が大きい材料からなる第 1 機能材と、該第 1 機能材を保持

する金属材料からなる第1バインダとが混合されてなる第1機能層と、本体部よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が小さい材料からなる第2機能材と、該第2機能材を保持する金属材料からなり主成分が第1バインダの主成分と同じ金属材料からなる第2バインダとが混合されてなる第2機能層と、が隣接して設けられている。

[0008] また、前記内燃機関のピストンの製造方法の一態様としては、第1機能材と第1バインダの混合材と、第2機能材と第2バインダの混合材とを機能層保持部に配置する配置工程と、第1機能材と第1バインダの混合材と、第2機能材と第2バインダの混合材とを機能層保持部に接合する接合工程と、をもって製造することが望ましい。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、隣接した2つの機能層の境界部において良好な接合特性を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の第1実施形態に係る内燃機関のピストンがシリンダ内に收容された状態を示すシリンダの縦断面図である。

[図2]図1に示すピストン単体を表した図であって、(a)は斜視図、(b)は同図(a)のA-A線断面図である。

[図3]図2に示すピストンの製造方法を示す断面図であって、(a)～(c)は配置工程、(d)(e)は接合工程、(f)は機械加工工程を示す断面図である。

[図4]本発明の第2実施形態に係る内燃機関のピストンがシリンダ内に收容された状態を示すシリンダの縦断面図である。

[図5]図4に示すピストン単体を表した図であって、(a)は斜視図、(b)は同図(a)のB-B線断面図である。

[図6]図5に示すピストンの製造方法を示す断面図であって、(a)～(c)は配置工程、(d)(e)は接合工程、(f)は機械加工工程を示す断面図である。

[図7]本発明の第2実施形態の第1変形例に係るピストンを示す図であって、
(a)は斜視図、(b)は同図(a)のC-C線断面図である。

[図8]本発明の第2実施形態における第1変形例の他例に係るピストンを示す図であって、(a)は斜視図、(b)は同図(a)のC'-C'線断面図である。

[図9]本発明の第2実施形態の第2変形例に係るピストンを示す図であって、
(a)は斜視図、(b)は同図(a)のD-D線断面図である。

[図10]図9に示すピストンの製造方法を示す断面図であって、(a)～(c)は配置工程、(d)(e)は接合工程、(f)は機械加工工程を示す断面図である。

[図11]本発明の第3実施形態に係る内燃機関のピストンを示す図であって、
(a)は斜視図、(b)は同図(a)のE-E線断面図である。

[図12]図11に示すピストンの製造方法を示す断面図であって、(a)～(d)は配置工程、(e)は接合工程、(f)は機械加工工程を示す断面図である。

[図13]本発明の第4実施形態に係る内燃機関のピストンを示す図であって、
(a)は斜視図、(b)は同図(a)のF-F線断面図である。

[図14]図13に示すピストンの製造方法を示す断面図であって、(a)～(d)は配置工程、(e)は接合工程、(f)は機械加工工程を示す断面図である。

[図15]本発明の第5実施形態に係る内燃機関のピストンを示す図であって、
(a)は斜視図、(b)は同図(a)のG-G線断面図である。

[図16]図15に示すピストンの製造方法を示す断面図であって、(a)～(e)は配置工程、(f)は接合工程、(g)は機械加工工程を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明に係る内燃機関のピストン及びその製造方法の実施形態につき、図面に基づいて詳述する。なお、下記の実施形態では、当該ピストンを

、従来と同様に、自動車用エンジンのピストンに適用したものを例示して説明する。なお、以下の説明では、ピストンの移動方向に平行な軸線をZと、第1ピン孔43a及び第2ピン孔44aの中心軸線に平行な軸線をYと、前記両軸線Z、Yに対して直交する軸線をXとして説明する。さらには、ピストンの軸線Zに平行な方向を「軸方向」、ピストンの軸線Z周りの方向を「周方向」として説明する。

[0012] 〔第1実施形態〕

図1～図3は、本発明に係るピストンの第1実施形態を示す。なお、本実施形態は、本発明に係る内燃機関のピストン及びその製造方法をいわゆるサイドインジェクション方式のエンジンに適用したものである。

[0013] （ピストンの構成）

図1は、エンジンEG1のシリンダブロック21における所定のシリンダ20の軸方向に沿った断面図を示している。

[0014] 図1に示すように、ピストン11は、所定の金属材料、例えばAl-Si系のアルミニウム合金材料（AC8A等）を鋳造することによりほぼ有蓋円筒状に形成されている。そして、このピストン11は、内燃機関であるエンジンEG1のシリンダブロック21に貫通形成されるシリンダ20内を軸方向に沿って移動（摺動）可能に設けられ、この摺接するシリンダ20の周壁と共にシリンダ20内に燃焼室Cを形成する。

[0015] なお、図1中において、符号22は、シリンダブロック21上に載置されるシリンダヘッドを示す。このシリンダヘッド22の内部には、吸気バルブ23が燃焼室C内に混合気を導入する吸気ポート22aを開閉可能に設けられると共に、排気バルブ24が燃焼室C内のガスを排出する排気ポート22bを開閉可能に設けられている。

[0016] また、エンジンEG1はいわゆるサイドインジェクション方式を有し、シリンダヘッド22には、燃焼室Cの外周側に臨むように燃料噴射弁であるインジェクタ25が配置され、燃焼室Cのほぼ中央位置に臨むように点火プラグ26が配置されている。

- [0017] 図2は、図1に示すピストン11単体を示し、(a)はピストン11を斜め上方(冠面30側)から見た斜視図、(b)は同図(a)のA-A線に沿って切断したピストン11の縦断面図を示している。
- [0018] 図2に示すように、ピストン11は、シリンダ20内に燃焼室Cを形成する冠部であるピストンヘッド3と、ピストンヘッド3に対して軸方向反対側に延設された筒部4と、を有する。なお、このピストンヘッド3と筒部4(特に後述する第1スカート部41及び第2スカート部42)とによって、本発明に係る本体部が構成されている。
- [0019] ピストンヘッド3は、シリンダ20内の燃焼室Cに面するほぼ平坦状の冠面30を有する。そして、この冠面30には、インジェクタ25より燃料が噴射される吸気側の領域に、本発明の第1機能層に相当する断熱被膜層C1が設けられていて、該断熱被膜層C1によって冷却損失を抑制している。一方、冠面30における軸線Zに対してインジェクタ25と対称となる排気側の領域には、第2機能層に相当する遮熱被膜層C2が設けられ、該遮熱被膜層C2によってノッキングを抑制している。そして、この断熱被膜層C1と遮熱被膜層C2とは相互に隣接して設けられていて、それぞれ外周側の一部が直接接合するかたちで設けられている。
- [0020] 断熱被膜層C1は、冠面30上に筒部4側へ凹状に形成された機能層保持部34のうち吸気側の領域に形成された第1機能層保持部341に、第1機能材と第1バインダとを混合してなる断熱材料M1が充填され、この断熱材料M1が後述するパルス通電法により焼結されることによって形成される。第1機能層保持部341は、その全域において一定の深さを有するほぼ円形凹状を呈し、冠面30に形成された凹部341aと、この凹部341aを包囲するように形成された周壁としての保持壁341bと、を有する。また、第1機能材としては、本体部を構成する金属材料(本実施形態ではアルミニウム合金材料)よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が大きい材料、例えばジルコニアを用いる。一方、第1バインダには、第1機能材としてのジルコニアを保持する金属材料、例えば純アルミを用いる。

[0021] 遮熱被膜層C 2は、機能層保持部3 4のうち排気側の領域に形成された第2機能層保持部3 4 2に、第2機能材と第2バインダとを混合してなる遮熱材料M 2が充填され、この遮熱材料M 2が後述するパルス通電法により焼結されることによって形成される。第2機能層保持部3 4 2は、前記第1機能層保持部3 4 1と同様に、その全域において一定の深さを有するほぼ円形凹状を呈し、冠面3 0に形成された凹部3 4 2 aと、この凹部3 4 2 aを包囲するように形成された周壁としての保持壁3 4 2 bと、を有する。また、第2機能材としては、本体部を構成する金属材料（本実施形態ではアルミニウム合金材料）よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が小さい材料、例えば多孔質シリカを用いる。一方、第2バインダには、第2機能材としての多孔質シリカを保持する金属材料であって主成分が第1バインダの主成分と同じ金属材料、例えば純アルミを用いる。

[0022] ここで、前述した「断熱被膜層C 1を形成する第1バインダの主成分と遮熱被膜層C 2を形成する第2バインダの主成分とが同じ金属材料である」とは、以下の定義に基づく。

[0023] すなわち、前記第1バインダの主成分の金属材料は、前記第2バインダの主成分の金属材料とISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構)、JIS (Japanese Industrial Standards: 日本工業規格)、AISI (American Iron and Steel Institute: 米国鉄鋼協会)、BS (British Standards: 英国規格協会) 又はDIN (Deutsche Industrie Normen: ドイツ工業規格) において同一の金属材料に分類されている金属材料である。

[0024] さらに、前記第1バインダの主成分の金属材料及び第2バインダの主成分の金属材料と前記本体部の金属材料との関係についても、本実施形態のように、前記第1バインダの主成分の金属材料及び第2バインダの主成分の金属材料は、前記本体部の金属材料とISO (国際標準化機構)、JIS (日本

工業規格)、A I S I (米国鉄鋼協会)、B S (英国規格協会)又はD I N (ドイツ工業規格)において同一の金属材料に分類されている金属材料(本実施形態では純アルミ)であることが望ましい。

[0025] 以上のような構成から、断熱被膜層C 1は、底面が第1機能層保持部3 4 1の凹部3 4 1 aに接合されると共に、外周側の一部が第1機能層保持部3 4 1の保持壁3 4 1 bに、また外周側の残余の部分が遮熱被膜層C 2の外周面に、それぞれ接合されている。一方、遮熱被膜層C 2は、底面が第2機能層保持部3 4 2の凹部3 4 2 aに接合されると共に、外周側の一部が第2機能層保持部3 4 2の保持壁3 4 2 bに、また外周側の残余の部分が断熱被膜層C 1の外周面に、それぞれ接合されている。

[0026] また、ピストンヘッド3の外周側には、それぞれ断面ほぼ矩形状をなす3つリング溝3 1～3 3が、周方向に沿って環状に切欠形成されている。そして、これら各リング溝3 1～3 3には、それぞれ周方向に延びるほぼ環状の3つのピストンリングR 1～R 3が取り付けられることで(図1参照)、このピストンリングR 1～R 3によって燃焼室Cが気密にシールされている。

[0027] また、ピストンヘッド3の内部には、該ピストンヘッド3を冷却する流体としてのオイルが流れる通路であるクーリングチャンネル5が、周方向に延びるように、ほぼ円環状に形成されている。このクーリングチャンネル5は、冠面3 0の軸方向反対側へ開口する図示外の複数の連通孔を介して外部と連通可能に構成されている。これにより、ピストン1 1の筒部4側から図示外のオイルジェット装置により噴射されたオイルが前記複数の貫通孔のうち一部の貫通孔を介してクーリングチャンネル5に導入されると共に、残余の貫通孔を介してクーリングチャンネル5内のオイルが排出されるようになっている。

[0028] 筒部4は、シリンダ2 0の周壁に対し摺接可能に形成された1対のスカー ト部4 1, 4 2と、該1対のスカー ト部4 1, 4 2の周方向両端側にほぼ二面幅状に設けられ、図示外のピストンピンの支持に供する1対のピンボス部4 3, 4 4とが、周方向に連続するようにほぼ筒状に一体に形成されている

。１対のスカート部４１，４２は、軸線Ｘ方向に対向配置される第１スカート部４１及び第２スカート部４２によって構成される。同様に、１対のピンボス部４３，４４は、軸線Ｙ方向に対向配置される第１ピンボス部４３及び第２ピンボス部４４により構成されていて、第１スカート部４１及び第２スカート部４２よりも厚肉に形成されている。

[0029] また、第１ピンボス部４３及び第２ピンボス部４４には、前記図示外のピストンピンの端部を支持する１対のピン孔である第１ピン孔４３ａ及び第２ピン孔４４ａが、軸線Ｙ方向に沿って貫通形成されている。すなわち、第１ピン孔４３ａに、前記図示外のピストンピンの一端部が挿入されて支持されると共に、第２ピン孔４４ａに、前記図示外のピストンピンの他端部が挿入されて支持されるようになっている。

[0030] （ピストンの製造方法）

図３は、ピストン１１の製造方法を説明するピストン素材１０の縦断面図であって、（ａ）～（ｃ）は配置工程、（ｄ）（ｅ）は接合工程、（ｆ）は機械加工工程を示している。

[0031] まず、鋳造によりピストン素材１０を成型した後（鋳造工程）、第１機能材と第１バインダとを混合してなる断熱材料Ｍ１を、いわゆるタブレット状に、円柱状の焼結体として予備成形する（プリフォーム成形工程）。このように、後述する配置工程の前に、断熱材料Ｍ１又は遮熱材料Ｍ２のうち少なくとも一方を予備成形しておくことが望ましい。

[0032] 続いて、このプリフォーム成形工程後、図３（ａ）に示すように、前記予備成形した断熱材料Ｍ１の焼結体を第１機能層保持部３４１に嵌合させた後、図３（ｂ）に示すように、第２機能材と第２バインダとを混合してなる遮熱材料Ｍ２の粉体を第２機能層保持部３４２に充填する（配置工程）。このとき、当該配置工程では、図３（ｂ）に示すように、遮熱材料Ｍ２の粉体を第２機能層保持部３４２の容積よりも多く充填し、図３（ｃ）に示すように、スキージ６０により余剰となる遮熱材料Ｍ２を漉いて除去することで、遮熱材料Ｍ２を第２機能層保持部３４２全体に過不足なく充填する。

[0033] 次に、図3（d）に示すように、第1機能材と第1バインダの混合材である断熱材料M1と、第2機能材と第2バインダの混合材である遮熱材料M2とを、いわゆるパルス通電法により同時に焼結させることで、図3（e）に示すように、断熱材料M1及び遮熱材料M2を前記各機能層保持部341，342に接合する（接合工程）。

[0034] 具体的には、前記断熱材料M1及び遮熱材料M2が充填された領域を、図3（d）に示すように、それぞれパルス電源63に接続された炭素電極からなる第1電極61と第2電極62とで挟み込み、当該両材料M1，M2を加圧した状態でパルス通電を行い、加熱することによって、焼結される。ここで、第1電極61は、第1機能層保持部341及び第2機能層保持部342に嵌合可能な凸形状を有し、この凸形状の第1電極61によって加圧されることで、図3（e）に示すように、断熱被膜層C1及び遮熱被膜層C2が、第1電極61の凸形状に対応した凹形状に形成される。

[0035] 最後に、この接合工程の後、図3（f）に示すように、断熱被膜層C1及び遮熱被膜層C2に対し突出することとなった第1機能層保持部341及び第2機能層保持部342の各保持壁341b，342bを切削加工して冠面30を平滑に形成する（機械加工工程）。さらに、この機械加工工程では、前記第1機能層保持部341及び第2機能層保持部342の各保持壁341b，342bの切削加工と併せて、前記各リング溝31～33や、第1ピン孔43a及び第2ピン孔44aを形成することにより、ピストン11が完成する。

[0036] （本実施形態の作用効果）

内燃機関のピストンにおいては、適用する内燃機関の仕様（例えば燃料噴射位置など）によっては、第1機能層である断熱被膜層と第2機能層である遮熱被膜層とを隣接して配置することが望ましい場合がある。

[0037] しかしながら、前記従来のピストンのように、断熱被膜層と遮熱被膜層が、主成分が異なる金属材料により形成されていた場合には、両被膜層の境界部において良好な接合特性が得られず、ピストンの耐久性の低下を招来して

しまうおそれがあった。

[0038] これに対し、本実施形態に係るピストン１１は、内燃機関のピストンであって、金属材料（本実施形態ではアルミニウム合金材料）で形成され、ピストンヘッド３と、ピストンヘッド３に設けられたスカート部である第１スカート部４１及び第２スカート部４２と、を有する本体部と、ピストンヘッド３のうち内燃機関であるエンジンＥＧ１の燃焼室Ｃ側の面である冠面３０に設けられた機能層保持部３４と、機能層保持部３４（第１機能層保持部３４１）に設けられた第１機能層であって、第１機能材と第１バインダとを含み、第１機能材は本体部の金属材料よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が大きい材料（本実施形態ではジルコニア）であって、第１バインダは第１機能材を保持する金属材料のバインダ（本実施形態では純アルミ）であって、第１機能材と第１バインダとが混合されている第１機能層としての断熱被膜層Ｃ１と、機能層保持部３４（第２機能層保持部３４２）に設けられた第２機能層であって、第２機能材と第２バインダとを含み、第２機能材は本体部よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が小さい材料（本実施形態では多孔質シリカ）であって、第２バインダは第２機能材を保持する金属材料のバインダであって主成分が第１バインダの主成分と同じ金属材料（本実施形態では純アルミ）であって、第２機能材と第２バインダとが混合されており、第１機能層と隣接して設けられた第２機能層としての遮熱被膜層Ｃ２と、を有する。

[0039] このように、本実施形態に係るピストン１１では、冠面３０において、断熱被膜層Ｃ１と遮熱被膜層Ｃ２とが互いに隣接して設けられている。このため、当該複数の被膜層Ｃ１，Ｃ２のレイアウト性を向上させることができる。

[0040] しかも、その隣接する被膜層Ｃ１，Ｃ２同士は、それぞれバインダの主成分が同じ金属材料で形成されている。このため、両被膜層Ｃ１，Ｃ２の馴染みがよく、当該隣接する被膜層Ｃ１，Ｃ２同士による接合特性の良い境界部を得ることができる。

[0041] なお、前記ピストン 11 の製造にあたっては、内燃機関のピストンの製造方法であって、ピストン 11 は、ピストンヘッド 3 とピストンヘッド 3 に設けられたスカート部である第 1 スカート部 41 及び第 2 スカート部 42 を有し、金属材料（本実施形態ではアルミニウム合金材料）で形成された本体部と、ピストンヘッド 3 のうち内燃機関であるエンジン EG1 の燃焼室 C 側の面である冠面 30 に設けられた機能層保持部 34 と、機能層保持部 34（第 1 機能層保持部 341）に隣接して設けられた第 1 機能層としての断熱被膜層 C1 及び第 2 機能層としての遮熱被膜層 C2 と、を有し、断熱被膜層 C1 は、第 1 機能材と第 1 バインダとを含み、第 1 機能材は本体部の金属材料よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が大きい材料（本実施形態ではジルコニア）であって、第 1 バインダは第 1 機能材を保持する金属材料のバインダ（本実施形態では純アルミ）であって、遮熱被膜層 C2 は、第 2 機能材と第 2 バインダとを含み、第 2 機能材は本体部よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が小さい材料（本実施形態では多孔質シリカ）であって、第 2 バインダは第 2 機能材を保持する金属材料のバインダであって主成分が第 1 バインダの主成分と同じ金属材料（本実施形態では純アルミ）であって、第 1 機能材と第 1 バインダの混合材と、第 2 機能材と第 2 バインダの混合材と、を機能層保持部 34（第 1 機能層保持部 341 及び第 2 機能層保持部 342）に配置する配置工程と、第 1 機能材と第 1 バインダの混合材と、第 2 機能材と第 2 バインダの混合材と、を機能層保持部 34（第 1 機能層保持部 341 及び第 2 機能層保持部 342）に接合する接合工程と、を有する内燃機関のピストンの製造方法により行うことが望ましい。

[0042] かかる製造方法によれば、冠面 30 において、断熱被膜層 C1 と遮熱被膜層 C2 とが互いに隣接して設けられる。このため、当該複数の被膜層 C1, C2 のレイアウト性を向上させることができる。

[0043] しかも、その隣接する被膜層 C1, C2 同士は、それぞれバインダの主成分が同じ金属材料で形成される。このため、両被膜層 C1, C2 の馴染みがよく、当該隣接する被膜層 C1, C2 同士による接合特性の良い境界部を得

ることができる。

[0044] また、本実施形態では、第1バインダの主成分の金属材料は、第2バインダの主成分である金属材料とISO、JIS、AISI、BS、又はDINにおいて同一の金属材料に分類されている金属材料である。

[0045] このように、本実施形態に係るピストン11では、第1バインダの主成分の金属材料と第2バインダの主成分である金属材料とが、標準化機構、工業規格等により同一種類の金属に分類されている。このため、隣接する断熱被膜層C1と遮熱被膜層C2の馴染みがよく、これら両被膜層C1、C2の境界部において良好な接合特性を得ることができる。

[0046] また、本実施形態では、第1バインダの主成分の金属材料及び第2バインダの主成分の金属材料は、本体部の主成分の金属材料とISO、JIS、AISI、BS、又はDINにおいて同一の金属材料に分類されている金属材料である。

[0047] このように、本実施形態に係るピストン11では、第1バインダの主成分の金属材料と第2バインダの主成分である金属材料とが、本体部の主成分の金属材料と標準化機構、工業規格等により同一種類の金属に分類されている。このため、隣接する断熱被膜層C1及び遮熱被膜層C2と本体部の機能層保持部34（第1機能層保持部341及び第2機能層保持部342）との馴染みがよく、前記両被膜層C1、C2と本体部の機能層保持部34（第1機能層保持部341及び第2機能層保持部342）の境界部において良好な接合特性を得ることができる。

[0048] また、本実施形態に係るピストン11の製造方法では、接合工程は、第1機能材と第1バインダの混合材と、第2機能材と第2バインダの混合材と、を同一の工程で機能層保持部34（第1機能層保持部341及び第2機能層保持部342）に接合する工程である。なお、ここでいう「同一の工程」とは、同じ種類ではなく、同じタイミングを意味する。

[0049] このように、本実施形態に係るピストン11の製造方法では、断熱被膜層C1と遮熱被膜層C2を同一の工程にて同時に接合する。これにより、断熱

被膜層 C 1 と遮熱被膜層 C 2 とで接合条件の均一化を図ることができ、その結果、断熱被膜層 C 1 と遮熱被膜層 C 2 の間で良好な境界部を得ることができる。

[0050] また、本実施形態に係るピストン 1 1 の製造方法では、配置工程の前に行われ、第 1 機能材と第 1 バインダの混合材と、第 2 機能材と第 2 バインダの混合材と、の一方を焼結体に成形するプリフォーム成形工程を含み、配置工程は、プリフォーム成形工程において成形された焼結体を機能層保持部 3 4（第 1 機能層保持部 3 4 1 及び第 2 機能層保持部 3 4 2）に配置する工程を含む。

[0051] このように、本実施形態に係るピストン 1 1 の製造方法では、断熱被膜層 C 1（断熱材料 M 1）と遮熱被膜層 C 2（遮熱材料 M 2）のうち少なくとも一方（本実施形態では断熱材料 M 1）が、焼結体として予備成形されている。このため、断熱材料 M 1 及び遮熱材料 M 2 が共に粉体の場合に比べて、当該両被膜層 C 1，C 2 の境界部の形成が容易となるメリットがある。

[0052] また、本実施形態に係るピストン 1 1 の製造方法では、機能層保持部 3 4（第 1 機能層保持部 3 4 1 及び第 2 機能層保持部 3 4 2）は、冠面 3 0 に形成された凹部 3 4 1 a，3 4 2 a と、凹部 3 4 1 a，3 4 2 a を包囲するように形成された保持壁 3 4 1 b，3 4 2 b と、を有する。

[0053] このように、本実施形態に係るピストン 1 1 の製造方法では、機能層保持部 3 4（第 1 機能層保持部 3 4 1 及び第 2 機能層保持部 3 4 2）が、冠面 3 0 に形成された凹部 3 4 1 a，3 4 2 a により構成されている。このため、当該凹部 3 4 1 a，3 4 2 a に設けられた保持壁 3 4 1 b，3 4 2 b によって、機能層保持部 3 4（第 1 機能層保持部 3 4 1 及び第 2 機能層保持部 3 4 2）からの断熱材料 M 1 及び遮熱材料 M 2 の脱落を抑制することができ、断熱被膜層 C 1 及び遮熱被膜層 C 2 の良好な接合に供される。

[0054] また、本実施形態に係るピストン 1 1 の製造方法では、接合工程は、配置工程において配置された第 1 機能材と第 1 バインダの混合材と、第 2 機能材と第 2 バインダの混合材と、に電極である第 1 電極 6 1 を当接させ、通電す

ることで第1機能材と第1バインダの混合材と、第2機能材と第2バインダの混合材と、を焼結させる工程であって、第1電極61は凸形状を有し、第1機能層である断熱被膜層C1又は第2機能層である遮熱被膜層C2は、第1電極61の凸形状に対応した凹形状を有する。

[0055] このように、本実施形態に係るピストン11の製造方法では、接合工程にて、凸形状の第1電極61によって、断熱被膜層C1や遮熱被膜層C2が凹形状に形成される。これにより、機械加工レス、又は機械加工工数を削減しながら、凹形状の断熱被膜層C1ないし遮熱被膜層C2を得ることができる。

[0056] また、本実施形態に係るピストン11の製造方法では、接合工程は、配置工程において配置された第1機能材と第1バインダの混合材と、第2機能材と第2バインダの混合材と、に電極である第1電極61を当接させ、通電することで第1機能材と第1バインダの混合材と、第2機能材と第2バインダの混合材と、を焼結させる工程である。

[0057] このように、本実施形態に係るピストン11の製造方法では、接合工程にて、第1機能材と第1バインダの混合材である断熱材料M1と、第2機能材と第2バインダの混合材である遮熱材料M2とに第1電極61を当接させ、通電することによって、断熱材料M1と遮熱材料M2とを焼結させる。すなわち、単に通電させるのみで断熱被膜層C1及び遮熱被膜層C2を形成することができるため、材料を攪拌して熱を発生させる摩擦攪拌焼結に比べて、断熱被膜層C1と遮熱被膜層C2の境界を容易かつ良好に形成できるメリットがある。

[0058] [第2実施形態]

図4～図6は、本発明に係るピストンの第2実施形態を示す。なお、本実施形態は、本発明に係る内燃機関のピストン及びその製造方法をいわゆるセンターインジェクション方式のエンジンEG2に適用し、断熱被膜層C1及び遮熱被膜層C2のレイアウトを変更したものである。したがって、その他の構成については前記第1実施形態と同様であるため、第1実施形態と同じ

構成については、同一の符号を付すことにより、その説明を省略する。

[0059] (ピストンの構成)

図4は、エンジンEG2のシリンダブロック21における所定のシリンダ20の軸方向に沿った断面図を示している。

[0060] 図4に示すように、本実施形態に係るピストン12は、内燃機関であるエンジンEG2のシリンダ20内に、軸方向に沿って摺動可能に設けられている。そして、エンジンEG2は、いわゆるセンタージェクション方式を有し、シリンダヘッド22には、燃焼室Cのほぼ中央位置に臨むように燃料噴射弁としてのインジェクタ25が配置されると共に、燃焼室Cの外周側に臨むように点火プラグ26が配置されている。

[0061] 図5は、図4に示すピストン12単体を示し、(a)はピストン12を斜め上方(冠面30側)から見た斜視図、(b)は同図(a)のB-B線に沿って切断したピストン12の縦断面図を示している。

[0062] 図5に示すように、ピストン12は、ピストンヘッド3の冠面30に、ほぼ円形凹状に形成された機能層保持部35を有する。この機能層保持部35は、底面が平坦状の凹部35aとして構成されている。そして、この機能層保持部35には、インジェクタ25から燃料が噴射される領域に相当する内周側領域に、本発明の第1機能層に相当する断熱被膜層C1が設けられている。また、この断熱被膜層C1の外周側領域に、本発明の第2機能層に相当する遮熱被膜層C2が設けられている。

[0063] このように、本実施形態に係るピストン12では、断熱被膜層C1の外周側に遮熱被膜層C2が隣接して設けられ、断熱被膜層C1の外周側が遮熱被膜層C2に直接接合するかたちで設けられている。より具体的には、ピストン12では、断熱被膜層C1は、底面が機能層保持部35の凹部35aに接合されると共に、外周側が遮熱被膜層C2の内周面に接合されている。一方、遮熱被膜層C2は、底面が機能層保持部35の凹部35aに接合されると共に、外周側が機能層保持部35の凹部35aの保持壁35bに接合されている。

[0064] (ピストンの製造方法)

図6は、ピストン12の製造方法を説明するピストン素材10の縦断面図であって、(a)～(c)は配置工程、(d)(e)は接合工程、(f)は機械加工工程を示している。

[0065] まず、鋳造によりピストン素材10を成型した後(鋳造工程)、第1機能材と第1バインダとを混合してなる断熱材料M1を、いわゆるタブレット状に、円柱状の焼結体として予備成形する(プリフォーム成形工程)。このように、後述する配置工程の前に、断熱材料M1又は遮熱材料M2のうち少なくとも一方を予備成形しておくことが望ましい。

[0066] 続いて、このプリフォーム成形工程後、図6(a)に示すように、前記予備成形した断熱材料M1の焼結体を機能層保持部35の中央位置に配置した後、図6(b)に示すように、第2機能材と第2バインダとを混合してなる遮熱材料M2の粉体を機能層保持部35に充填する(配置工程)。ここで、当該配置工程では、図6(b)に示すように、遮熱材料M2を充填する際に、当該遮熱材料M2の粉体を、断熱材料M1の焼結体を被覆するように充填し、図6(c)に示すように、スキージ60により余剰となる遮熱材料M2を漉いて除去することで、遮熱材料M2を機能層保持部35の全体に過不足なく充填する。

[0067] 次に、図6(d)に示すように、第1機能材と第1バインダの混合材である断熱材料M1と、第2機能材と第2バインダの混合材である遮熱材料M2とを、前記第1実施形態と同様に、いわゆるパルス通電法によって同時に焼結させる。これにより、図6(e)に示すように、断熱材料M1及び遮熱材料M2がそれぞれ機能層保持部35に接合されると共に、当該両材料M1、M2同士が接合され、断熱被膜層C1及び遮熱被膜層C2が形成される(接合工程)。

[0068] 最後に、この接合工程の後、図6(f)に示すように、断熱被膜層C1及び遮熱被膜層C2に対し突出することとなった機能層保持部35の保持壁35bと共に、断熱被膜層C1の焼結体が露出するように前記両被膜層C1、

C 2 を切削加工して冠面 3 0 を平滑に形成する（機械加工工程）。さらに、この機械加工工程では、前記機能層保持部 3 5 の保持壁 3 5 b の切削加工と併せて、前記各リング溝 3 1 ～ 3 3 や、第 1 ピン孔 4 3 a 及び第 2 ピン孔 4 4 a を形成することにより、ピストン 1 2 が完成する。

[0069] （本実施形態の作用効果）

以上のように、本実施形態に係るピストン 1 2 では、機能層保持部 3 5 の内周側に断熱被膜層 C 1 を形成し、この断熱被膜層 C 1 の外周側に隣接して遮熱被膜層 C 2 が形成されている。これにより、センターインジェクション方式のエンジン E G 2 に適用した場合に、断熱被膜層 C 1 によって冷却損失を抑制しつつ、遮熱被膜層 C 2 によってノッキングを抑制することができる。

[0070] そして、本実施形態に係るピストン 1 2 の製造方法では、配置工程は、第 1 機能材と第 1 バインダの混合材と、第 2 機能材と第 2 バインダの混合材の一方（本実施形態では断熱材料 M 1 ）が、焼結体の状態で行われると共に、他方が粉体の状態で行われ、第 1 機能材と第 1 バインダの混合材と、第 2 機能材と第 2 バインダの混合材の一方である焼結体を、機能層保持部 3 5 に配置した後、焼結体を、第 1 機能材と第 1 バインダの混合材と、第 2 機能材と第 2 バインダの混合材と、の他方である粉体で被覆するように配置する工程を含み、接合工程は、焼結体と粉体の両方を焼結する工程であり、接合工程の後に行われ、第 1 機能材と第 1 バインダの混合材と、第 2 機能材と第 2 バインダの混合材と、の一方である焼結体が露出するように、第 1 機能層に相当する断熱被膜層 C 1 及び第 2 機能層に相当する遮熱被膜層 C 2 を切削加工する工程をさらに含む。

[0071] このように、本実施形態に係るピストン 1 2 の製造方法では、一方（断熱材料 M 1 ）を焼結体として、他方（遮熱材料 M 2 ）を粉体として、粉体が焼結体を被覆するように配置すると共に、接合工程の後、焼結体が露出するように両被膜層 C 1 , C 2 を切削加工する。

[0072] すなわち、一方（断熱材料 M 1 ）については、焼結体とすることによって

、当該断熱材料M 1 の配置工程を簡略化することができる。また、他方（遮熱材料M 2）については、粉体としつつも、焼結体を被覆するように配置することによって、当該遮熱材料M 2 の配置工程を簡略化することができる。すなわち、粉体については、焼結体を被覆するように多めに充填することによって、当該遮熱材料M 2 の配置工程を簡略化し、その後の切削加工をもって焼結体を露出させることによって、前記両被膜層C 1，C 2 の適切な形成を担保している。換言すれば、本実施形態に係るピストン1 2 の製造方法では、断熱材料M 1 及び遮熱材料M 2 の両方の配置工程の簡略化を図りつつ、両被膜層C 1，C 2 を冠面3 0 に露出させた構造とすることができる。

[0073] 以下、前記断熱被膜層C 1 の形態を変更してなる本発明に係る第2 実施形態の他の変形例を示す。

[0074] <第1 変形例>

図7 は、本変形例に係るピストン1 2 aを示し、(a) はピストン1 2 aを斜め上方（冠面3 0 側）から見た斜視図、(b) は同図(a) のC－C 線に沿って切断したピストン1 2 aの縦断面図を示している。

[0075] 図7 に示すように、ピストン1 2 aでは、機能層保持部3 5 のほぼ中央位置に、断熱材料M 1 の焼結体が係合する凹状の係合部3 5 cが形成されている。この係合部3 5 cは、冠面3 0 の軸方向反対側に窪む凹状に形成されていて、断熱材料M 1 の焼結体の底部側と係合可能となっている。すなわち、断熱材料M 1 の焼結体の底部側が係合部3 5 cに挿入され係合することによって、当該断熱材料M 1 の焼結体の位置決めが行えるようになっている。

[0076] さらに、本実施形態では、前記凹状の係合部3 5 cが設けられていることにより、断熱被膜層C 1 の軸方向厚さT 1 が、遮熱被膜層C 2 の軸方向厚さT 2 よりも大きくなるように構成されている。

[0077] （本実施形態の作用効果）

以上のように、本実施形態に係るピストン1 2 では、第1 機能層に相当する断熱被膜層C 1 は、内燃機関であるエンジンE G 2 のシリンダ2 0 内における本体部の移動方向における厚さT 1 が、第2 機能層に相当する遮熱被膜

層C 2よりも大きい。

[0078] このように、本実施形態に係るピストン1 2では、前記第1実施形態と同様の作用効果が奏せられるのは勿論のこと、とりわけ断熱被膜層C 1の厚さT 1を十分に確保することで、良好な断熱性を確保しつつ、遮熱被膜層C 2の厚さT 2を断熱被膜層C 1よりも小さくすることで、ノッキングの抑制を図ることができる。

[0079] また、本実施形態に係るピストン1 2の製造方法では、機能層保持部3 5は、焼結体を係合する係合部3 5 cを有する。

[0080] このように、本変形例では、機能層保持部3 5の底部に、焼結体（断熱材料M 1）が係合可能な係合部3 5 cが設けられている。すなわち、これにより、焼結体の位置決めを行うことが可能となって、当該焼結体の配置の精度を向上させることができる。

[0081] なお、本変形例では、前記係合部3 5 cの一例として、当該係合部3 5 cを凹状に形成したものを例示しているが、当該係合部3 5 cは、前記凹状のものに限定されるものではない。換言すれば、図8に示すように、係合部3 5 cを冠面3 0側に突出する凸状に形成すると共に、焼結体（断熱材料M 1）の底部に係合部3 5 cに対応する凹部M 1 aを設けることにより、焼結体を係合可能に構成してもよい。

[0082] <第2変形例>

（ピストンの構成）

図9は、本変形例に係るピストン1 2 bを示し、（a）はピストン1 2 bを斜め上方（冠面3 0側）から見た斜視図、（b）は同図（a）のD-D線に沿って切断したピストン1 2 bの縦断面図を示している。

[0083] 図9に示すように、ピストン1 2 bでは、断熱被膜層C 1が、前記第2実施形態のような円柱状ではなく、円錐台状に形成されている。そして、前記第2実施形態と同様に、この断熱被膜層C 1の外周側に遮熱被膜層C 2が隣接して設けられ、断熱被膜層C 1の外周側が遮熱被膜層C 2に直接接合するかたちで設けられている。

[0084] すなわち、本変形例に係るピストン 12 b では、断熱被膜層 C 1 は、底面が機能層保持部 35 の凹部 35 a に接合されると共に、外周側が遮熱被膜層 C 2 の円錐テーパ状の内周面に接合されている。一方、遮熱被膜層 C 2 は、底面が機能層保持部 35 の凹部 35 a に接合されると共に、外周側が機能層保持部 35 の凹部 35 a の保持壁 35 b に接合されている。

[0085] なお、本変形例では、遮熱被膜層 C 2（第 2 機能材と第 2 バインダの混合材からなる遮熱材料 M 2）が、断熱被膜層 C 1（第 1 機能材と第 1 バインダの混合材からなる断熱材料 M 1）よりも空隙率が小さくなるように設定されている。

[0086] また、本変形例に係る構成を採用するには、断熱被膜層 C 1 及び遮熱被膜層 C 2 の成型性の観点から、後述するように、遮熱被膜層 C 2 を、遮熱材料 M 2 を予備成形した焼結体とし、断熱被膜層 C 1 を、断熱材料 M 1 の粉体として、断熱被膜層 C 1 及び遮熱被膜層 C 2 を形成することが望ましい。

[0087] （ピストンの製造方法）

図 10 は、ピストン 12 b の製造方法を説明するピストン素材 10 の縦断面図であって、（a）～（c）は配置工程、（d）（e）は接合工程、（f）は機械加工工程を示している。

[0088] まず、鋳造によりピストン素材 10 を成型した後（鋳造工程）、第 2 機能材と第 2 バインダとを混合してなる遮熱材料 M 2 を、固形状に予備成形する（プリフォーム成形工程）。具体的には、遮熱材料 M 2 を、内周側に内径が底面側（軸方向のスカー部 41、42 側）へ向かって拡大するほぼ円錐台状のアンダーカットを有する環状空間 S（図 10（b）参照）を形成可能な環状の焼結体として形成する。

[0089] 続いて、このプリフォーム成形工程後、図 10（a）に示すように、前記予備成形した遮熱材料 M 2 の焼結体を機能層保持部 35 の外周側に配置した後、図 10（b）に示すように、第 1 機能材と第 1 バインダの混合材からなる断熱材料 M 1 の粉体を、遮熱材料 M 2 の焼結体の中央開口から環状空間 S 内に充填する（配置工程）。ここで、当該配置工程では、図 10（b）に示

すように、断熱材料M 1 の粉体を遮熱材料M 2 の焼結体の頂面よりも高く充填し、図10(c)に示すように、スキージ60によって余剰となる断熱材料M 1 を漉いて除去することで、断熱材料M 1 を前記環状空間S全体に過不足なく充填する。

[0090] 次に、図10(d)に示すように、第1機能材と第1バインダの混合材である断熱材料M 1 と、第2機能材と第2バインダの混合材である遮熱材料M 2 とを、前記第2実施形態と同様に、いわゆるパルス通電法によって同時に焼結させる。これにより、図10(e)に示すように、断熱材料M 1 及び遮熱材料M 2 がそれぞれ機能層保持部35に接合されると共に、当該両材料M 1, M 2 同士が接合され、断熱被膜層C 1 及び遮熱被膜層C 2 が形成される(接合工程)。

[0091] 最後に、この接合工程の後、図10(f)に示すように、断熱被膜層C 1 及び遮熱被膜層C 2 に対し突出することとなった機能層保持部35の保持壁35bを切削加工して冠面30を平滑に形成する(機械加工工程)。さらに、この機械加工工程では、前記機能層保持部35の保持壁35bの切削加工と併せて、前記各リング溝31～33や、第1ピン孔43a及び第2ピン孔44aを形成することにより、ピストン12bが完成する。

[0092] (本実施形態の作用効果)

以上のように、本実施形態に係るピストン12bの製造方法では、プリフォーム成形工程は、第1機能材と第1バインダの混合材と、第2機能材と第2バインダの混合材との一方を、内側に環状空間Sを有する環状の焼結体に成形する工程であって、内燃機関であるエンジンEG2のシリンダ20内における本体部の移動方向においてピストンヘッド3に対し冠面30側を軸方向一方側、スカート部である第1スカート部41及び第2スカート部42側を軸方向他方側としたとき、環状の焼結体は、環状空間Sがアンダーカットを有するように、環状空間Sの内径が、軸方向一方側よりも軸方向他方側において大きく形成されている。

[0093] このように、本変形例に係るピストン12bの製造方法では、プリフォー

ム成形工程において、各被膜層C 1, C 2を形成する材料の一方（本変形例では遮熱材料M 2）を、内周側に内径が底面側（軸方向のスカート部4 1, 4 2側）へ向かって拡大したアンダーカットを有する環状空間Sを形成可能な環状の焼結体として形成する。

[0094] かかる構成とすることで、環状の焼結体からなる遮熱被膜層C 2のアンダーカットによって、環状空間S内に設けられる断熱被膜層C 1の脱落を抑制することができる。

[0095] また、本変形例に係るピストン1 2 bの製造方法では、第1機能材と第1バインダの混合材と、第2機能材と第2バインダの混合材の一方（本変形例では第2機能材と第2バインダの混合材からなる遮熱材料M 2）の空隙率は、他方の空隙率よりも小さい。

[0096] 一般的に、空隙率が高いほど脆くなる傾向にある。そこで、かかる空隙率の高い方の混合材である断熱材料M 1からなる断熱被膜層C 1を、遮熱材料M 2からなる遮熱被膜層C 2のアンダーカットを有する環状空間S内に保持させる構成とした。これにより、空隙率の高い材料（断熱材料M 1）を使用しながら、かかる空隙率の高い断熱材料M 1からなる断熱被膜層C 1の破損や脱落を抑制することができる。

[0097] [第3実施形態]

図1 1、図1 2は、本発明に係るピストンの第3実施形態を示す。なお、本実施形態は、前記第2実施形態における断熱被膜層C 1及び遮熱被膜層C 2のレイアウトを変更したものである。したがって、その他の構成については前記第2実施形態と同様であるため、第2実施形態と同じ構成については、同一の符号を付すことにより、その説明を省略する。

[0098] （ピストンの構成）

図1 1は、本実施形態に係るピストン1 3を示し、（a）はピストン1 3を斜め上方（冠面3 0側）から見た斜視図、（b）は同図（a）のE－E線に沿って切断したピストン1 3の縦断面図を示している。

[0099] 図1 1に示すように、ピストン1 3では、ピストンヘッド3の冠面3 0側

の全体が非凹状となる平坦状の機能層保持部 36 として形成されていて、この機能層保持部 36 のほぼ中央位置に、本発明の第 1 機能層に相当する断熱被膜層 C 1 が設けられている。また、この断熱被膜層 C 1 の外周側領域に、本発明の第 2 機能層に相当する遮熱被膜層 C 2 が設けられている。

[0100] このように、本実施形態に係るピストン 13 では、断熱被膜層 C 1 の外周側に遮熱被膜層 C 2 が隣接して設けられ、断熱被膜層 C 1 の外周面と遮熱被膜層 C 2 の内周面とが直接接合するようになっている。より具体的には、ピストン 12 においては、断熱被膜層 C 1 は、底面が機能層保持部 36 の表面 36 a に接合されると共に、外周側が遮熱被膜層 C 2 の内周面に接合されている。一方、遮熱被膜層 C 2 は、底面が機能層保持部 36 の表面 36 a に接合されると共に、外周側が前記各スカート部 41, 42 の外周面と面一となるように外部に露出している。

[0101] (ピストンの製造方法)

図 12 は、ピストン 13 の製造方法を説明するピストン素材 10 の縦断面図であって、(a) ~ (d) は配置工程、(e) は接合工程、(f) は機械加工工程を示している。

[0102] まず、鋳造によりピストン素材 10 を成型した後（鋳造工程）、第 2 機能材と第 2 バインダとを混合してなる前記遮熱材料 M 2 を、環状の焼結体として予備成形する（プリフォーム成形工程）。

[0103] 続いて、このプリフォーム成形工程の後、図 12 (a) (b) に示すように、前記予備成形した遮熱材料 M 2 の焼結体を、機能層保持部 36 の外周側に配置した後、図 12 (c) に示すように、第 1 機能材と第 1 バインダとを混合してなる断熱材料 M 1 の粉体を、遮熱材料 M 2 の焼結体の内周側の環状空間 S 内に充填する（配置工程）。ここで、当該配置工程では、図 12 (c) に示すように、断熱材料 M 1 を充填する際に、断熱材料 M 1 の粉体を遮熱材料 M 2 の焼結体の頂面よりも高く充填し、図 12 (d) に示すように、スキージ 60 により余剰となる断熱材料 M 1 を漉いて除去することで、断熱材料 M 1 を前記環状空間 S 全体に過不足なく充填する。

[0104] 次に、図 1 2 (e) に示すように、第 1 機能材と第 1 バインダの混合材である断熱材料 M 1 と、第 2 機能材と第 2 バインダの混合材である遮熱材料 M 2 とを、前記第 2 実施形態と同様に、いわゆるパルス通電法によって同時に焼結させる。これにより、断熱材料 M 1 と遮熱材料 M 2 がそれぞれ機能層保持部 3 6 に接合されると共に、当該両材料 M 1 , M 2 同士が接合され、断熱被膜層 C 1 及び遮熱被膜層 C 2 が形成される（接合工程）。

[0105] 最後に、この接合工程の後、図 1 2 (f) に示すように、必要に応じて、断熱被膜層 C 1 及び遮熱被膜層 C 2 の表面を切削加工して冠面 3 0 を平滑に形成する（機械加工工程）。さらに、この機械加工工程では、前記断熱被膜層 C 1 及び遮熱被膜層 C 2 の表面の切削加工と併せて、前記各リング溝 3 1 ~ 3 3 や、第 1 ピン孔 4 3 a 及び第 2 ピン孔 4 4 a を形成することにより、ピストン 1 3 が完成する。

[0106] （本実施形態の作用効果）

以上のように、本実施形態に係るピストン 1 3 では、ピストンヘッド 3 の冠面 3 0 が、断熱被膜層 C 1 及び遮熱被膜層 C 2 のみで形成されている。これにより、前記第 2 実施形態と同様の作用効果が奏せられるのは勿論のこと、前記第 2 実施形態に対して、さらに前記各被膜層 C 1 , C 2 のレイアウト性を向上させることができる。また、前記第 2 実施形態に比べて、遮熱被膜層 C 2 の表面積を増大させることができるため、ノッキングをより効果的に抑制することができる。

[0107] また、本実施形態に係るピストン 1 3 の製造方法では、プリフォーム成形工程は、第 1 機能材と第 1 バインダの混合材と、第 2 機能材と第 2 バインダの混合材の一方（本実施形態では第 2 機能材と第 2 バインダの混合材からなる遮熱材料 M 2 ）を、環状の焼結体に成形する工程であって、配置工程は、環状の焼結体を、機能層保持部に配置する工程と、第 1 機能材と第 1 バインダの混合材と、第 2 機能材と第 2 バインダの混合材の他方を、環状の焼結体の内側に充填する工程と、を含む。

[0108] このように、断熱材料 M 1 及び遮熱材料 M 2 の一方の材料（本実施形態で

は遮熱材料M 2)を環状の焼結体として予備成形したものを外周側に配置して、この焼結体の内周側に他方の材料(本実施形態では断熱材料M 1)を充填する構成とした。

[0109] かかる構成とすることで、焼結体とする遮熱材料M 2については、定形性を有するため、形状の精度を向上できるうえに、機能層保持部3 6に対する位置決め性も良好となり、遮熱被膜層C 2の形状や配置の精度を向上させることができる。一方、粉体の断熱材料M 1については、遮熱材料M 2の焼結体を先に配置し、その後に当該焼結体の内周側に充填することにより、断熱被膜層C 1の形状や配置の精度を向上させることができる。

[0110] [第4実施形態]

図1 3、図1 4は、本発明に係るピストンの第4実施形態を示す。なお、本実施形態は、前記第1実施形態の構成に、さらに第3機能層としての高熱伝導被膜層C 3を追加したものである。したがって、その他の構成については前記第1実施形態と同様であるため、第1実施形態と同じ構成については、同一の符号を付すことにより、その説明を省略する。

[0111] (ピストンの構成)

図1 3は、本実施形態に係るピストン1 4を示し、(a)はピストン1 4を斜め上方(冠面3 0側)から見た斜視図、(b)は同図(a)のF-F線に沿って切断したピストン1 4の縦断面図を示している。

[0112] 図1 3に示すように、ピストン1 4では、前記第1実施形態と同様に、インジェクタ2 5の燃料が噴射される吸気側の領域に、本発明の第1機能層に相当する断熱被膜層C 1が設けられ、この断熱被膜層C 1によって冷却損失が抑制されている。一方、冠面3 0における軸線Zに対してインジェクタ2 5と対称となる排気側の領域には、第2機能層に相当する遮熱被膜層C 2が設けられ、この遮熱被膜層C 2によってノッキングが抑制されている。

[0113] さらに、本実施形態では、ピストンヘッド3の冠面3 0の外周側、すなわち機能層保持部3 6における断熱被膜層C 1及び遮熱被膜層C 2の外周側の領域に、第3機能層としての高熱伝導被膜層C 3が設けられている。この高

熱伝導被膜層C 3は、機能層保持部3 6の外周側表面に、第3機能材と第3バインダとを混合してなる高熱伝導材料の焼結体を、前記パルス通電法により接合することにより形成される。また、高熱伝導被膜層C 3の内周側には、隣接する一部が連通する2つの環状空間であって、断熱被膜層C 1の収容に供する第1の環状凹部3 7 1と、遮熱被膜層C 2の収容に供する第2の環状凹部3 7 2と、を有する。ここで、第3機能材としては、本体部を構成する金属材料（アルミニウム合金材料）よりも熱伝導率が高く、かつ比熱容量が小さい材料、例えば銅を用いる。一方、第3バインダには、第3機能材としての銅を保持する金属材料のバインダであって、主成分が第1バインダ及び第2バインダと同じ金属材料、例えば純アルミを用いる。

[0114] 以上のような構成から、断熱被膜層C 1は、底面が機能層保持部3 6の表面に接合されると共に、外周側の一部が第1の環状凹部3 7 1の周壁3 7 1 aに、外周側の残余の部分が隣接する遮熱被膜層C 2の外周面に、それぞれ接合されている。また、遮熱被膜層C 2は、底面が機能層保持部3 6の表面に接合されると共に、外周側の一部が第2の環状凹部3 7 2の周壁3 7 2 aに、外周側の残余の部分が隣接する断熱被膜層C 1の外周面に、それぞれ接合されている。そして、高熱伝導被膜層C 3は、底面が機能層保持部3 6の表面に接合されると共に、内周側の第1環状凹部3 7 1及び第2環状凹部3 7 2の周壁3 7 1 a, 3 7 2 aが断熱被膜層C 1及び遮熱被膜層C 2の外周面に接合されている。

[0115] （ピストンの製造方法）

図1 4は、ピストン1 4の製造方法を説明するピストン素材1 0の縦断面図であって、（a）～（d）は配置工程、（e）は接合工程、（f）は機械加工工程を示している。

[0116] まず、鋳造によりピストン素材1 0を成型した後（鋳造工程）、第3機能材と第3バインダとを混合してなる高熱伝導材料M 3を、環状の焼結体として予備成形する（プリフォーム成形工程）。

[0117] 続いて、このプリフォーム成形工程の後、図1 4（a）に示すように、予

備成形した高熱伝導材料M3の焼結体を機能層保持部36の表面の最外周側に配置する。その後、図14(b)に示すように、第1機能材と第1バインダとを混合してなる断熱材料M1の粉体を、高熱伝導材料M3の焼結体の第1の環状凹部371内に充填する。同様に、図14(c)に示すように、第2機能材と第2バインダとを混合してなる遮熱材料M2の粉体を、高熱伝導材料M3の焼結体の第2の環状凹部372内に充填する。ここで、当該配置工程では、図14(b)(c)に示すように、断熱材料M1を充填する際に、断熱材料M1及び遮熱材料M2の両粉体を高熱伝導材料M3の焼結体の頂面よりも高く充填し、図14(d)に示すように、スキージ60により余剰となる断熱材料M1を漉いて除去することで、断熱材料M1及び遮熱材料M2を前記各環状凹部371、372全体に過不足なく充填する。

[0118] 次に、図14(e)に示すように、第1機能材と第1バインダの混合材である断熱材料M1と、第2機能材と第2バインダの混合材である遮熱材料M2と、第3機能材と第3バインダの混合材である高熱伝導材料M3とを、いわゆるパルス通電法によって同時に焼結させる。これにより、断熱材料M1、遮熱材料M2及び高熱伝導材料M3がそれぞれ機能層保持部36に接合されると共に、当該各材料M1、M2、M3同士が接合されて、断熱被膜層C1、遮熱被膜層C2及び高熱伝導被膜層C3が形成される（接合工程）。

[0119] 最後に、この接合工程の後、図14(f)に示すように、必要に応じて、断熱被膜層C1、遮熱被膜層C2及び高熱伝導被膜層C3の表面を切削加工し、冠面30を平滑に形成する（機械加工工程）。さらに、この機械加工工程では、前記各被膜層C1、C2、C3の表面の切削加工と併せて、前記各リング溝31～33や、第1ピン孔43a及び第2ピン孔44aを形成することにより、ピストン14が完成する。

[0120] （本実施形態の作用効果）

以上のように、本実施形態に係るピストン14では、プリフォーム成形工程は、第3機能材と第3バインダの混合材を、第1の環状凹部及び第2の環状凹部を有する環状の焼結体に成形する工程であって、配置工程は、環状の

焼結体を、機能層保持部に配置する工程と、第1機能材と第1バインダの混合材と、第2機能材と第2バインダの混合材の一方（本実施形態では第1機能材と第1バインダの混合材からなる断熱材料M1）を、第1の環状凹部371内に充填する工程と、第1機能材と第1バインダの混合材と、第2機能材と第2バインダの混合材の他方を、第2の環状凹部372内に充填する工程と、を含む。

[0121] このように、プリフォーム成形工程において、第3機能材と第3バインダの混合材を第1の環状凹部371及び第2の環状凹部372を有する環状の焼結体に成形した後、配置工程において、前記各被膜層C1、C2を形成する材料の一方（断熱材料M1）を環状の焼結体の第1の環状凹部371内に充填すると共に、前記各被膜層C1、C2を形成する材料の他方（遮熱材料M2）を環状の焼結体の第2の環状凹部372内に充填するようにした。

[0122] こうして、先に枠体となる高熱伝導材料M3の焼結体を配置し、該焼結体の各環状凹部371、372に断熱材料M1及び遮熱材料M2を充填することによって、これら断熱材料M1及び遮熱材料M2の配置の精度を向上させることができる。また、断熱材料M1及び遮熱材料M2が粉体である場合には、焼結体の前記各環状凹部371、372によって、形状の精度も向上させることができる。

[0123] すなわち、本実施形態の構成とすることで、断熱被膜層C1及び遮熱被膜層C2の複数の被膜層（機能層）を複数箇所に分離して配置する場合においても、その形状や配置の精度を向上させることができる。

[0124] 〔第5実施形態〕

図15、図16は、本発明に係るピストンの第5実施形態を示す。なお、本実施形態は、前記第2実施形態の構成に、さらに第3機能層としての高熱伝導被膜層C3を追加したものである。したがって、その他の構成については前記第2実施形態と同様であるため、第2実施形態と同じ構成については、同一の符号を付すことにより、その説明を省略する。

[0125] （ピストンの構成）

図15は、本実施形態に係るピストン15を示し、(a)はピストン15を斜め上方(冠面30側)から見た斜視図、(b)は同図(a)のG-G線に沿って切断したピストン15の縦断面図を示している。

[0126] 図15に示すように、ピストン15では、前記第2実施形態と同様に、インジェクタ25から燃料が噴射される内周側領域に、本発明の第1機能層に相当する断熱被膜層C1が設けられ、この断熱被膜層C1によって冷却損失が抑制されている。そして、この断熱被膜層C1の外周側領域に、本発明の第2機能層に相当する遮熱被膜層C2が設けられ、この遮熱被膜層C2によってノッキングが抑制されている。さらに、本実施形態では、ピストンヘッド3の冠面30の外周側の領域、すなわち遮熱被膜層C2の外周側の領域が、第3機能層としての高熱伝導被膜層C3によって形成されている。

[0127] 以上のような構成から、断熱被膜層C1は、底面が機能層保持部36の表面に接合されると共に、外周側が隣接する遮熱被膜層C2の内周面に接合されている。また、遮熱被膜層C2は、底面が機能層保持部36の表面に接合されると共に、外周側が隣接する高熱伝導被膜層C3の内周面に接合されている。そして、高熱伝導被膜層C3は、機能層保持部36の表面、及び遮熱被膜層C2の外周面に接合されている。

[0128] また、本実施形態に係るピストン15では、機能層保持部36の表面に、後述する製造工程において用いる分離型64(図16(b)参照)を保持するための円環状の分離型保持溝36bが切欠形成されている。そして、この分離型保持溝36bには、分離型64を取り外した後に断熱材料M1及び遮熱材料M2が入り込むことによって、断熱被膜層C1と遮熱被膜層C2との境界部が形成される。

[0129] なお、前記分離型保持溝36bについては、後述する製造工程における分離型64の使用に際して必須の構成ではない。すなわち、分離型保持溝36bを設けることなく、分離型64を平坦状の機能層保持部36の表面に載置してもよい。かかる構成の採択は、ピストン15の製造コストや断熱被膜層C1及び遮熱被膜層C2の位置精度など、ピストン15の仕様に応じて自由

に変更可能である。

[0130] (ピストンの製造方法)

図16は、ピストン15の製造方法を説明するピストン素材10の縦断面図であって、(a)～(e)は配置工程、(f)は接合工程、(g)は機械加工工程を示している。

[0131] まず、鋳造によりピストン素材10を成型した後(鋳造工程)、第3機能材と第3バインダとを混合してなる高熱伝導材料M3を、環状の焼結体として予備成形する(プリフォーム成形工程)。

[0132] 続いて、このプリフォーム成形工程の後、図16(a)に示すように、予備成形した高熱伝導材料M3の焼結体を機能層保持部36の表面の最外周側に配置する。その後、図16(b)に示すように、断熱材料M1と遮熱材料M2を分離するための円筒状の分離型64を、機能層保持部36の表面に切欠形成された分離型保持溝36bに挿入して配置する(分離型配置工程)。

[0133] 続いて、図16(c)に示すように、分離型64の内周側に、第1機能材と第1バインダとを混合してなる断熱材料M1の粉体を充填し、図16(d)に示すように、分離型64の外周側に、第2機能材と第2バインダとを混合してなる遮熱材料M2の粉体を充填する(配置工程)。ここで、断熱材料M1と遮熱材料M2には、平均粒径がほぼ等しいものを用いることが望ましい。そして、図16(e)に示すように、両材料M1、M2の充填後に、分離型保持溝36bから分離型64を取り外すことで、断熱材料M1と遮熱材料M2との間に、両材料M1、M2の粉体同士が混合した境界部が形成される。

[0134] 次に、図16(f)に示すように、第1機能材と第1バインダの混合材である断熱材料M1と、第2機能材と第2バインダの混合材である遮熱材料M2と、第3機能材と第3バインダの混合材である高熱伝導材料M3とを、いわゆるパルス通電法によって同時に焼結させる。これにより、断熱材料M1、遮熱材料M2及び高熱伝導材料M3がそれぞれ機能層保持部36に接合されると共に、当該各材料M1、M2、M3同士が接合されて、断熱被膜層C

1、遮熱被膜層C 2 及び高熱伝導被膜層C 3 が形成される（接合工程）。

[0135] 最後に、この接合工程の後、図16（g）に示すように、必要に応じて、断熱被膜層C 1、遮熱被膜層C 2 及び高熱伝導被膜層C 3 の表面を切削加工し、冠面30を平滑に形成する（機械加工工程）。さらに、この機械加工工程では、前記各被膜層C 1、C 2、C 3 の表面の切削加工と併せて、前記各リング溝31～33や、第1ピン孔43a 及び第2ピン孔44a を形成することにより、ピストン15が完成する。

[0136] （本実施形態の作用効果）

以上のように、本実施形態に係るピストン15の製造方法では、配置工程は、第1機能材と第1バインダの混合材（本実施形態では断熱材料M 1）と、第2機能材と第2バインダの混合材（本実施形態では遮熱材料M 2）と、の両方が粉体の状態で行われる。

[0137] このように、配置工程において、断熱材料M 1 と遮熱材料M 2 を共に粉体のまま配置することにより、断熱被膜層C 1 と遮熱被膜層C 2 との境界部で前記両材料M 1、M 2 の粉体同士の混合が生じ、当該境界部における接合力を向上させることができる。

[0138] また、本実施形態に係るピストン15の製造方法では、第1機能材と第1バインダの混合材（本実施形態では断熱材料M 1）と、第2機能材と第2バインダの混合材（本実施形態では遮熱材料M 2）は、平均粒径がほぼ等しい。

[0139] このように、断熱材料M 1 と遮熱材料M 2 の平均粒径をほぼ等しくすることで、断熱被膜層C 1 と遮熱被膜層C 2 の境界部における当該両材料M 1、M 2 の馴染みがよく、断熱被膜層C 1 と遮熱被膜層C 2 の境界部における接合力をより効果的に向上させることができる。

[0140] また、本実施形態に係るピストン15の製造方法では、配置工程の前に行われ、機能層保持部36に、第1機能材と第1バインダの混合材（本実施形態では断熱材料M 1）と、第2機能材と第2バインダの混合材（本実施形態では遮熱材料M 2）と、を分離する分離型64を配置する分離型配置工程を

有する。

[0141] このように、配置工程の前に、断熱材料M 1 と遮熱材料M 2 を分離する分離型6 4 を配置することで、本実施形態のように前記両材料M 1 , M 2 が粉体の場合であっても、当該両材料M 1 , M 2 の間に容易に境界部を形成することができる。

[0142] また、本実施形態に係るピストン1 5 の製造方法では、機能層保持部3 6 は、分離型6 4 を保持する分離型保持溝3 6 bを有する。

[0143] このように、機能層保持部3 6 に分離型保持溝3 6 bが設けられていることで、機能層保持部3 6 における分離型6 4 の位置精度を向上させることが可能となり、その結果、断熱被膜層C 1 と遮熱被膜層C 2 の形状及び位置精度を向上させることができる。

[0144] なお、本実施形態における前記分離型6 4 を用いる製造方法は、高熱伝導被膜層C 3 を有する形態に限定されるものではない。すなわち、前記分離型6 4 を用いた製造方法は、例えば前記第2実施形態のようなものにも適用することができ、これにより、共に粉末の材料M 1 , M 2 をもって断熱被膜層C 1 及び遮熱被膜層C 2 を形成することができる。

[0145] 本発明は前記実施形態の構成に限定されるものではなく、前述した本発明の作用効果を奏し得るような形態であれば、適用対象の仕様やコスト等に応じて自由に変更可能である。

[0146] 特に、前記各実施形態において、断熱被膜層C 1 及び遮熱被膜層C 2 を形成するにあたっては、断熱材料M 1 及び遮熱材料M 2 の接合前の状態は、焼結体であるか粉体であるかを問わない。すなわち、断熱材料M 1 及び遮熱材料M 2 については、いずれか一方を焼結体とし、他方を粉末とすることが可能であり、その他、いずれも焼結体のもの、又はいずれも粉末のものをを用いることが可能である。これらは、断熱被膜層C 1 及び遮熱被膜層C 2 の接合性や成型性など、求める仕様に応じて自由に採択可能である。

[0147] 以上説明した実施形態に基づく内燃機関のピストンとしては、例えば以下に述べる態様のものが考えられる。

[0148] すなわち、当該内燃機関のピストンは、その1つの態様において、内燃機関のピストンであって、金属材料で形成され、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内燃機関の燃焼室側の面である冠面に設けられた機能層保持部と、前記機能層保持部に設けられた第1機能層であって、第1機能材と第1バインダとを含み、前記第1機能材は前記本体部の金属材料よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が大きい材料であって、前記第1バインダは前記第1機能材を保持する金属材料のバインダであって、前記第1機能材と前記第1バインダとが混合されている第1機能層と、前記機能層保持部に設けられた第2機能層であって、第2機能材と第2バインダとを含み、前記第2機能材は前記本体部よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が小さい材料であって、前記第2バインダは前記第2機能材を保持する金属材料のバインダであり、かつ主成分が前記第1バインダの主成分と同じ金属材料であって、前記第2機能材と前記第2バインダとが混合されており、前記第1機能層と隣接して設けられた第2機能層と、を有する。

[0149] 前記内燃機関のピストンの好ましい態様において、前記第1バインダの主成分の金属材料は、前記第2バインダの主成分である金属材料とI S O、J I S、A I S I、B S、又はD I Nにおいて同一の金属材料に分類されている金属材料である。

[0150] 別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの態様のいずれかにおいて、前記第1バインダの主成分の金属材料及び前記第2バインダの主成分の金属材料は、前記本体部の主成分の金属材料とI S O、J I S、A I S I、B S、又はD I Nにおいて同一の金属材料に分類されている金属材料である。

[0151] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの態様のいずれかにおいて、前記第1機能層は、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おける厚さが、前記第2機能層よりも大きい。

[0152] また、前述した実施形態に基づく内燃機関のピストンの製造方法としては

、例えば、以下に述べる態様のものが考えられる。

[0153] すなわち、当該内燃機関のピストンの製造方法は、その一態様として、内燃機関のピストンの製造方法であって、ピストンは、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を有し、金属材料で形成された本体部と、前記ピストンヘッドのうち内燃機関の燃焼室側の面である冠面に設けられた機能層保持部と、前記機能層保持部に隣接して設けられた第1機能層及び第2機能層と、を有し、前記第1機能層は、第1機能材と第1バインダとを含み、前記第1機能材は前記本体部の金属材料よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が大きい材料であって、前記第1バインダは前記第1機能材を保持する金属材料のバインダであって、前記第2機能層は、第2機能材と第2バインダとを含み、前記第2機能材は前記本体部よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が小さい材料であって、前記第2バインダは前記第2機能材を保持する金属材料のバインダであり、かつ主成分が前記第1バインダの主成分と同じ金属材料であって、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、を前記機能層保持部に配置する配置工程と、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、を前記機能層保持部に接合する接合工程と、を有する。

[0154] 前記内燃機関のピストンの製造方法の好ましい態様において、前記接合工程は、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、を同一の工程で前記機能層保持部に接合する工程である。

[0155] 別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、当該内燃機関のピストンの製造方法は、前記配置工程の前に行われ、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、の一方を焼結体に成形するプリフォーム成形工程を含み、前記配置工程は、前記プリフォーム成形工程において成形された焼結体を前記機能層保持部に配置する工程を含む。

[0156] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記機能層保持部は、前記冠面に形成された凹部と、前記凹部を包囲するように形成された保持壁と、を有する。

[0157] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記プリフォーム成形工程は、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の一方を、環状の焼結体に成形する工程であって、前記配置工程は、前記環状の焼結体を、前記機能層保持部に配置する工程と、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の他方を、前記環状の焼結体の内側に充填する工程と、を含む。

[0158] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、当該内燃機関のピストンの製造方法は、前記配置工程の前に行われ、第3機能材と第3バインダの混合材を、第1の環状凹部及び第2の環状凹部を有する環状の焼結体に成形するプリフォーム成形工程を含み、前記配置工程は、前記環状の焼結体を、前記機能層保持部に配置する工程と、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の一方を、前記第1の環状凹部内に充填する工程と、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の他方を、前記第2の環状凹部内に充填する工程と、を含む。

[0159] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記機能層保持部は、前記焼結体を係合する係合部を有する。

[0160] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記プリフォーム成形工程は、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の一方を、内側に環状空間を有する環状の焼結体に成形する工程であって、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おいて前記ピストンヘッ

ドに対し冠面側を軸方向一方側、スカート部側を軸方向他方側としたとき、前記環状の焼結体は、前記環状空間がアンダーカットを有するように、前記環状空間の内径が、前記軸方向一方側よりも前記軸方向他方側において大きく形成されている。

[0161] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の一方の空隙率は、他方の空隙率よりも小さい。

[0162] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記配置工程は、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の一方が、焼結体の状態で行われると共に、他方が粉体の状態で行われ、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の一方である焼結体を、前記機能層保持部に配置した後、前記焼結体を、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の他方である粉体で被覆するように配置する工程を含み、前記接合工程は、前記焼結体と前記粉体の両方を焼結する工程であり、前記接合工程の後に行われ、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の一方である前記焼結体が露出するように、前記第1機能層及び前記第2機能層を切削加工する工程をさらに含む。

[0163] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記接合工程は、前記配置工程において配置された前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、に電極を当接させ、通電することで前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、を焼結させる工程であって、前記電極は凸形状を有し、前記第1機能層又は前記第2機能層は、前記電極の凸形状に対応した凹形状を有する。

- [0164] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記配置工程は、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、の両方が粉体の状態で行われる。
- [0165] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材は、平均粒径がほぼ等しい。
- [0166] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記配置工程の前に行われ、前記機能層保持部に、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、を分離する分離型を配置する分離型配置工程を有する。
- [0167] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記機能層保持部は、前記分離型を保持する分離型保持溝を有する。
- [0168] さらに別の好ましい態様では、前記内燃機関のピストンの製造方法の態様のいずれかにおいて、前記接合工程は、前記配置工程において配置された前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、に電極を当接させ、通電することで前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、を焼結させる工程である。

請求の範囲

[請求項1]

内燃機関のピストンであって、
金属材料で形成され、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内燃機関の燃焼室側の面である冠面に設けられた機能層保持部と、
前記機能層保持部に設けられた第1機能層であって、第1機能材と第1バインダとを含み、前記第1機能材は前記本体部の金属材料よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が大きい材料であって、前記第1バインダは前記第1機能材を保持する金属材料のバインダであって、前記第1機能材と前記第1バインダとが混合されている第1機能層と、
前記機能層保持部に設けられた第2機能層であって、第2機能材と第2バインダとを含み、前記第2機能材は前記本体部よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が小さい材料であって、前記第2バインダは前記第2機能材を保持する金属材料のバインダであり、かつ主成分が前記第1バインダの主成分と同じ金属材料であって、前記第2機能材と前記第2バインダとが混合されており、前記第1機能層と隣接して設けられた第2機能層と、
を有することを特徴とするピストン。

[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、
前記第1バインダの主成分の金属材料は、前記第2バインダの主成分である金属材料とISO、JIS、AISI、BS、又はDINにおいて同一の金属材料に分類されている金属材料であることを特徴とす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において、
前記第1バインダの主成分の金属材料及び前記第2バインダの主成分の金属材料は、前記本体部の主成分の金属材料とISO、JIS、AISI、BS、又はDINにおいて同一の金属材料に分類されてい

る金属材料であることを特徴とする内燃機関のピストン。

[請求項4]

請求項1に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記第1機能層は、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おける厚さが、前記第2機能層よりも大きいことを特徴とする内燃機関のピストン。

[請求項5]

内燃機関のピストンの製造方法であって、

ピストンは、

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を有し、金属材料で形成された本体部と、

前記ピストンヘッドのうち内燃機関の燃焼室側の面である冠面に設けられた機能層保持部と、

前記機能層保持部に隣接して設けられた第1機能層及び第2機能層と、

を有し、

前記第1機能層は、第1機能材と第1バインダとを含み、前記第1機能材は前記本体部の金属材料よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が大きい材料であって、前記第1バインダは前記第1機能材を保持する金属材料のバインダであって、

前記第2機能層は、第2機能材と第2バインダとを含み、前記第2機能材は前記本体部よりも熱伝導率が低く、かつ比熱容量が小さい材料であって、前記第2バインダは前記第2機能材を保持する金属材料のバインダであり、かつ主成分が前記第1バインダの主成分と同じ金属材料であって、

前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、を前記機能層保持部に配置する配置工程と、

前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、を前記機能層保持部に接合する接合工

程と、

を有することを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

[請求項6]

請求項5に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、

前記接合工程は、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、
前記第2機能材と前記第2バインダの混合材と、を同一の工程で前記
機能層保持部に接合する工程であることを特徴とする内燃機関のピス
トンの製造方法。

[請求項7]

請求項6に記載の内燃機関のピストンの製造方法は、前記配置工程
の前に行われ、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記
第2機能材と前記第2バインダの混合材と、の一方を焼結体に成形す
るプリフォーム成形工程を含み、

前記配置工程は、前記プリフォーム成形工程において成形された焼
結体を前記機能層保持部に配置する工程を含むことを特徴とする内燃
機関のピストンの製造方法。

[請求項8]

請求項7に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、

前記機能層保持部は、

前記冠面に形成された凹部と、

前記凹部を包囲するように形成された保持壁と、

を有することを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

[請求項9]

請求項7に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、

前記プリフォーム成形工程は、前記第1機能材と前記第1バインダ
の混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の一方を、
環状の焼結体に成形する工程であって、

前記配置工程は、

前記環状の焼結体を、前記機能層保持部に配置する工程と、

前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と
前記第2バインダの混合材の他方を、前記環状の焼結体の内側に充填
する工程と、

を含むことを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

[請求項10]

請求項6に記載の内燃機関のピストンの製造方法は、前記配置工程の前に行われ、第3機能材と第3バインダの混合材を、第1の環状凹部及び第2の環状凹部を有する環状の焼結体に成形するプリフォーム成形工程を含み、

前記配置工程は、

前記環状の焼結体を、前記機能層保持部に配置する工程と、

前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の一方を、前記第1の環状凹部に充填する工程と、

前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の他方を、前記第2の環状凹部に充填する工程と、

を含むことを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

[請求項11]

請求項7に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、

前記機能層保持部は、前記焼結体を係合する係合部を有することを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

[請求項12]

請求項7に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、

前記プリフォーム成形工程は、前記第1機能材と前記第1バインダの混合材と、前記第2機能材と前記第2バインダの混合材の一方を、内側に環状空間を有する環状の焼結体に成形する工程であって、

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おいて前記ピストンヘッドに対し冠面側を軸方向一方側、スカート部側を軸方向他方側としたとき、

前記環状の焼結体は、前記環状空間がアンダーカットを有するように、前記環状空間の内径が、前記軸方向一方側よりも前記軸方向他方側において大きく形成されていることを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

- [請求項13] 請求項 1 2 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、前記第 2 機能材と
前記第 2 バインダの混合材の一方の空隙率は、他方の空隙率よりも小さいことを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。
- [請求項14] 請求項 7 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記配置工程は、前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、
前記第 2 機能材と前記第 2 バインダの混合材の一方が、焼結体の状態で行われると共に、他方が粉体の状態で行われ、
前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、前記第 2 機能材と前記第 2 バインダの混合材の一方である焼結体を、前記機能層保持部に配置した後、
前記焼結体を、前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、前記第 2 機能材と前記第 2 バインダの混合材の他方である粉体で被覆するように配置する工程を含み、
前記接合工程は、前記焼結体と前記粉体の両方を焼結する工程であり、
前記接合工程の後に行われ、前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、前記第 2 機能材と前記第 2 バインダの混合材の一方である前記焼結体が露出するように、前記第 1 機能層及び前記第 2 機能層を切削加工する工程をさらに含むことを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。
- [請求項15] 請求項 7 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記接合工程は、前記配置工程において配置された前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、前記第 2 機能材と前記第 2 バインダの混合材と、に電極を当接させ、通電することで前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、前記第 2 機能材と前記第 2 バインダの混合材と、を焼結させる工程であって、
前記電極は凸形状を有し、

前記第 1 機能層又は前記第 2 機能層は、前記電極の凸形状に対応した凹形状を有することを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

[請求項16] 請求項 6 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記配置工程は、前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、前記第 2 機能材と前記第 2 バインダの混合材と、の両方が粉体の状態で行われることを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

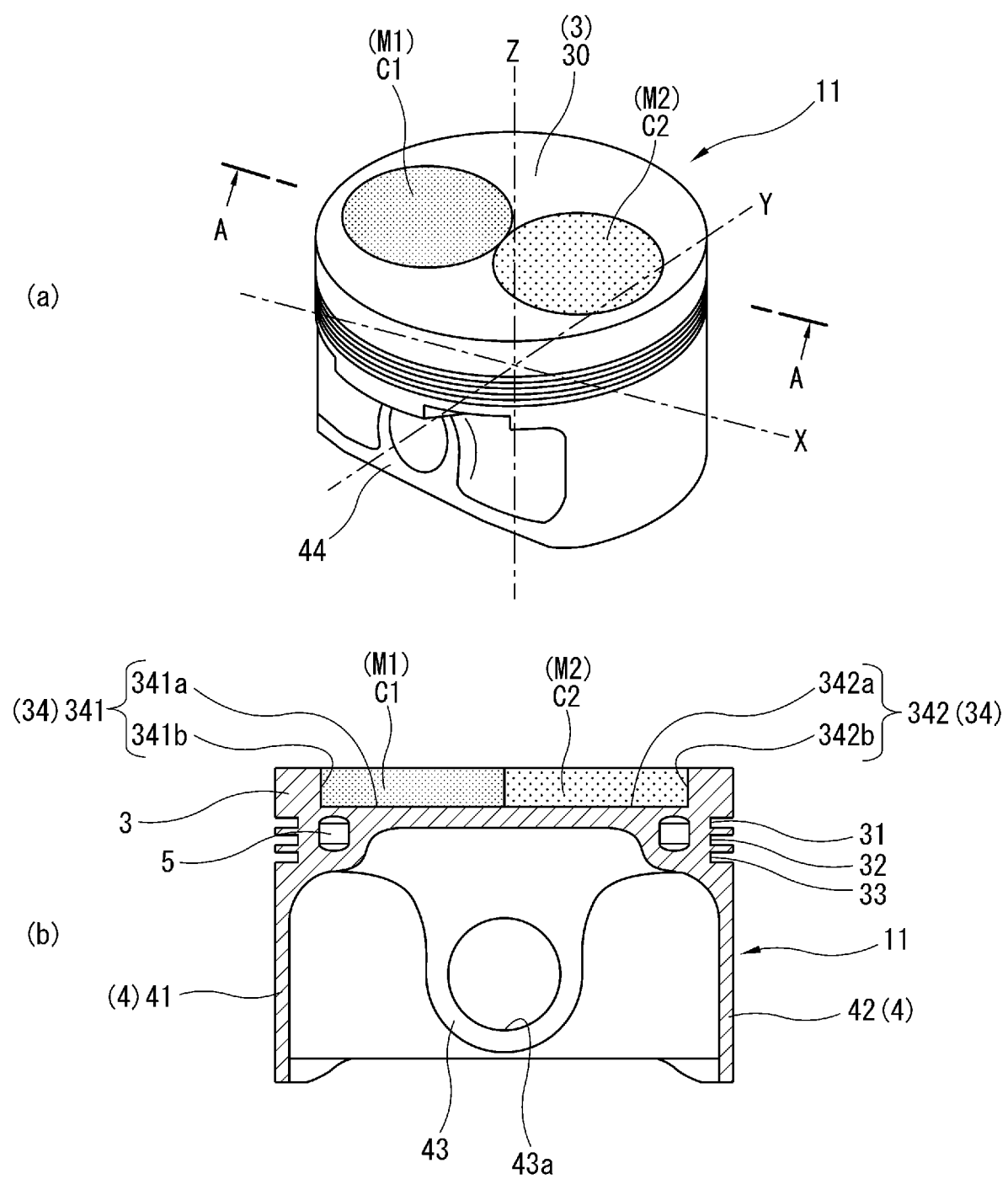
[請求項17] 請求項 1 6 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、前記第 2 機能材と前記第 2 バインダの混合材は、平均粒径がほぼ等しいことを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

[請求項18] 請求項 6 に記載の内燃機関のピストンの製造方法は、
前記配置工程の前に行われ、前記機能層保持部に、前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、前記第 2 機能材と前記第 2 バインダの混合材と、を分離する分離型を配置する分離型配置工程を有することを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

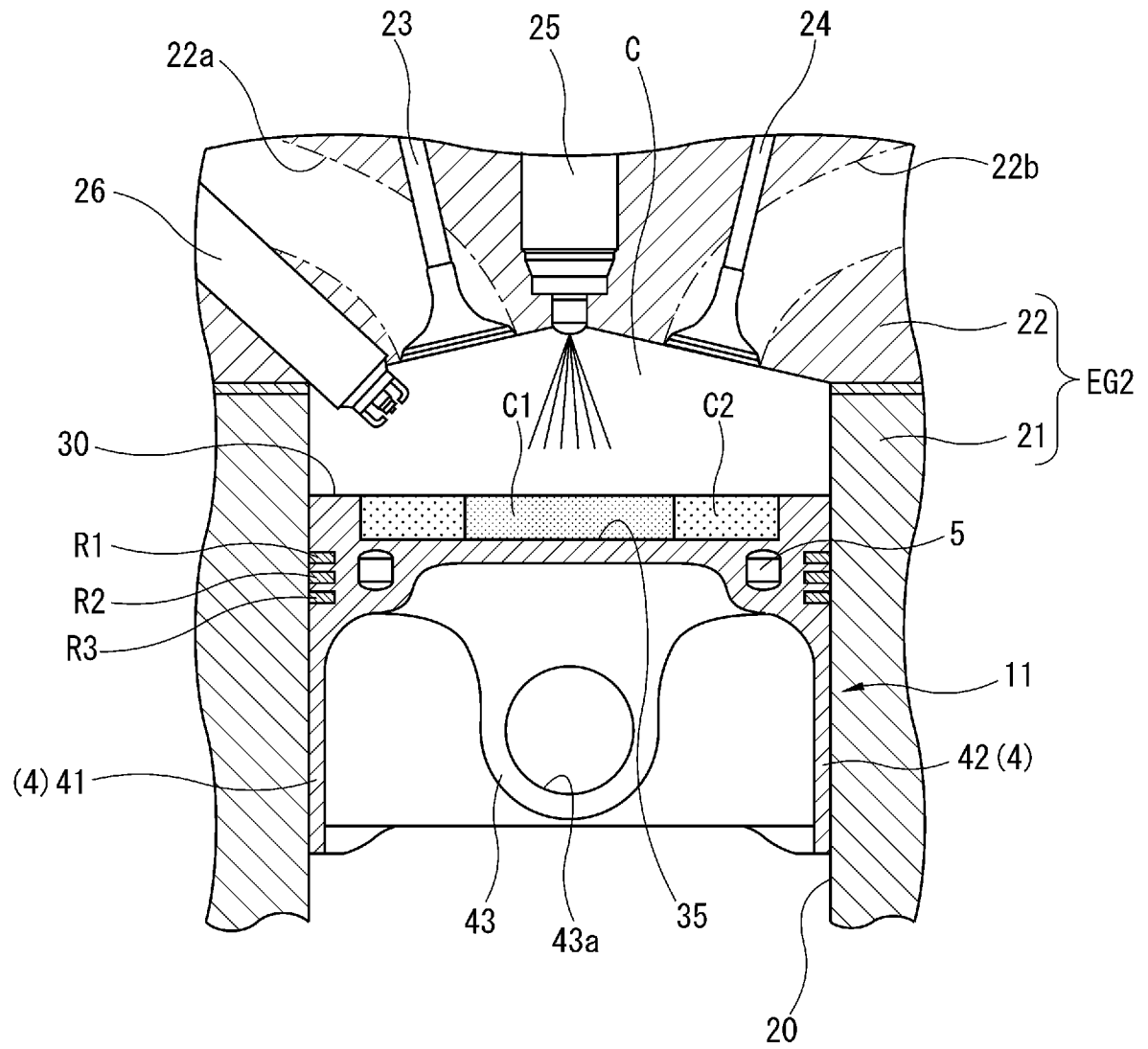
[請求項19] 請求項 1 8 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記機能層保持部は、前記分離型を保持する分離型保持溝を有することを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

[請求項20] 請求項 5 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記接合工程は、前記配置工程において配置された前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、前記第 2 機能材と前記第 2 バインダの混合材と、に電極を当接させ、通電することで前記第 1 機能材と前記第 1 バインダの混合材と、前記第 2 機能材と前記第 2 バインダの混合材と、を焼結させる工程であることを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

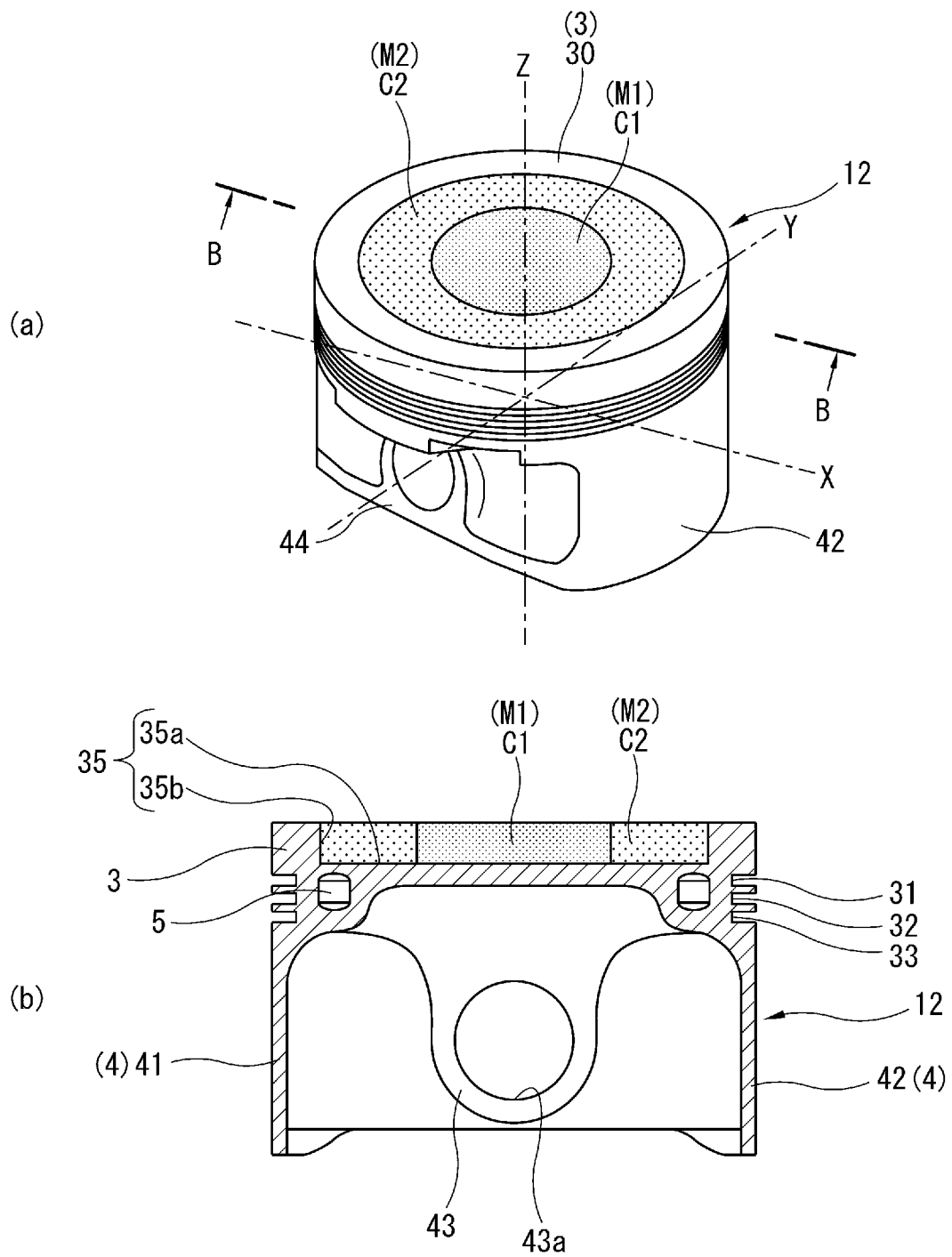
[図2]



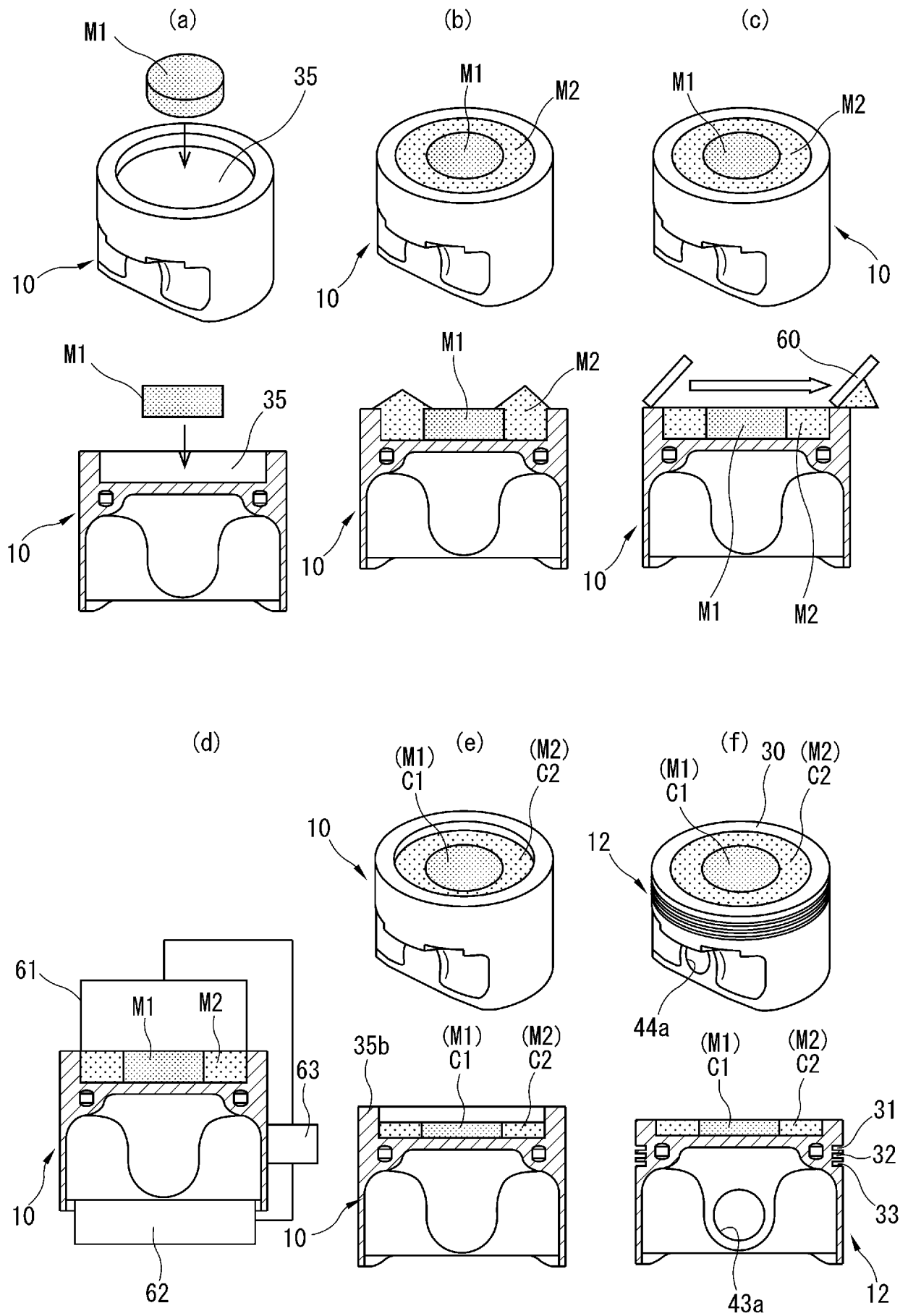
[図4]



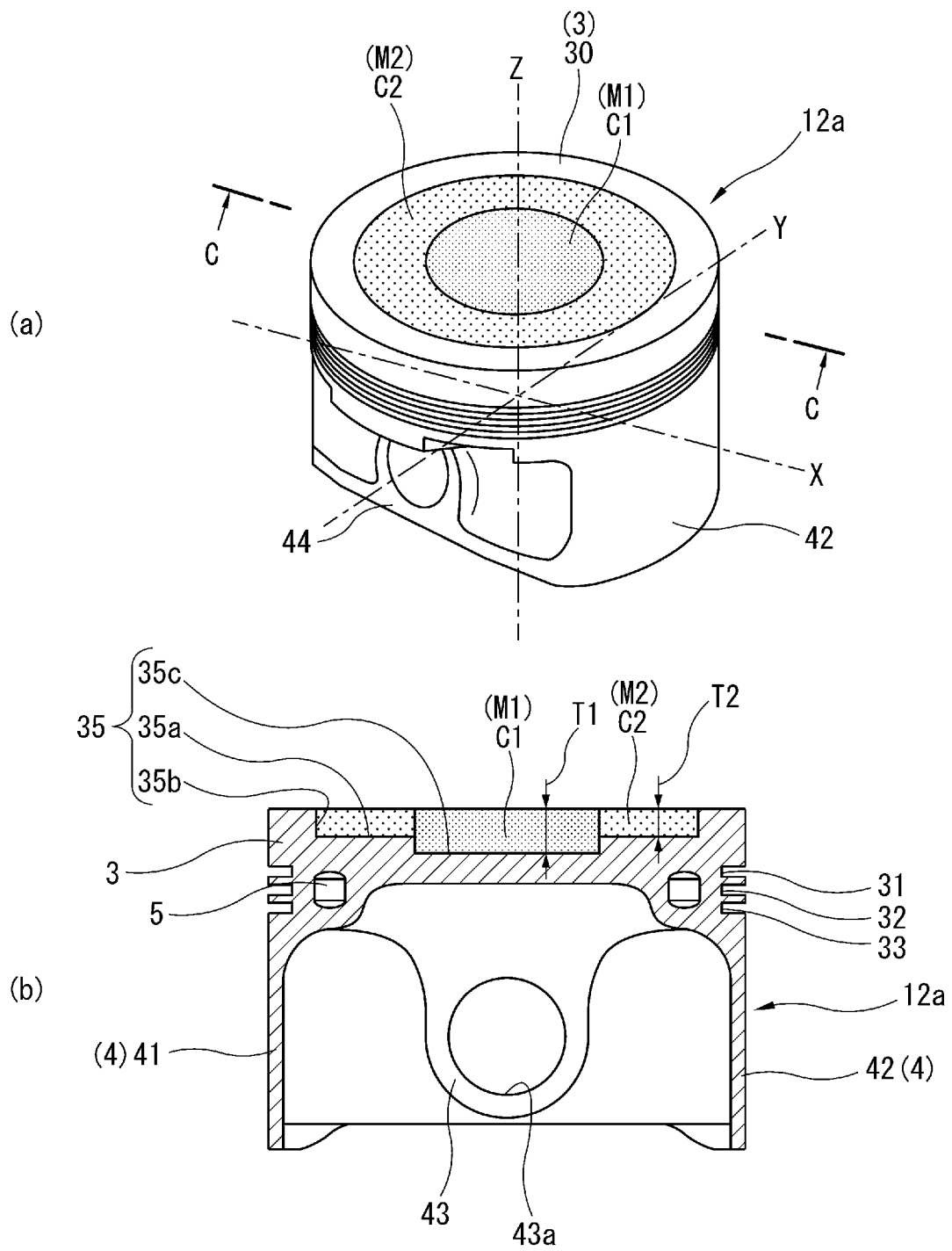
[図5]



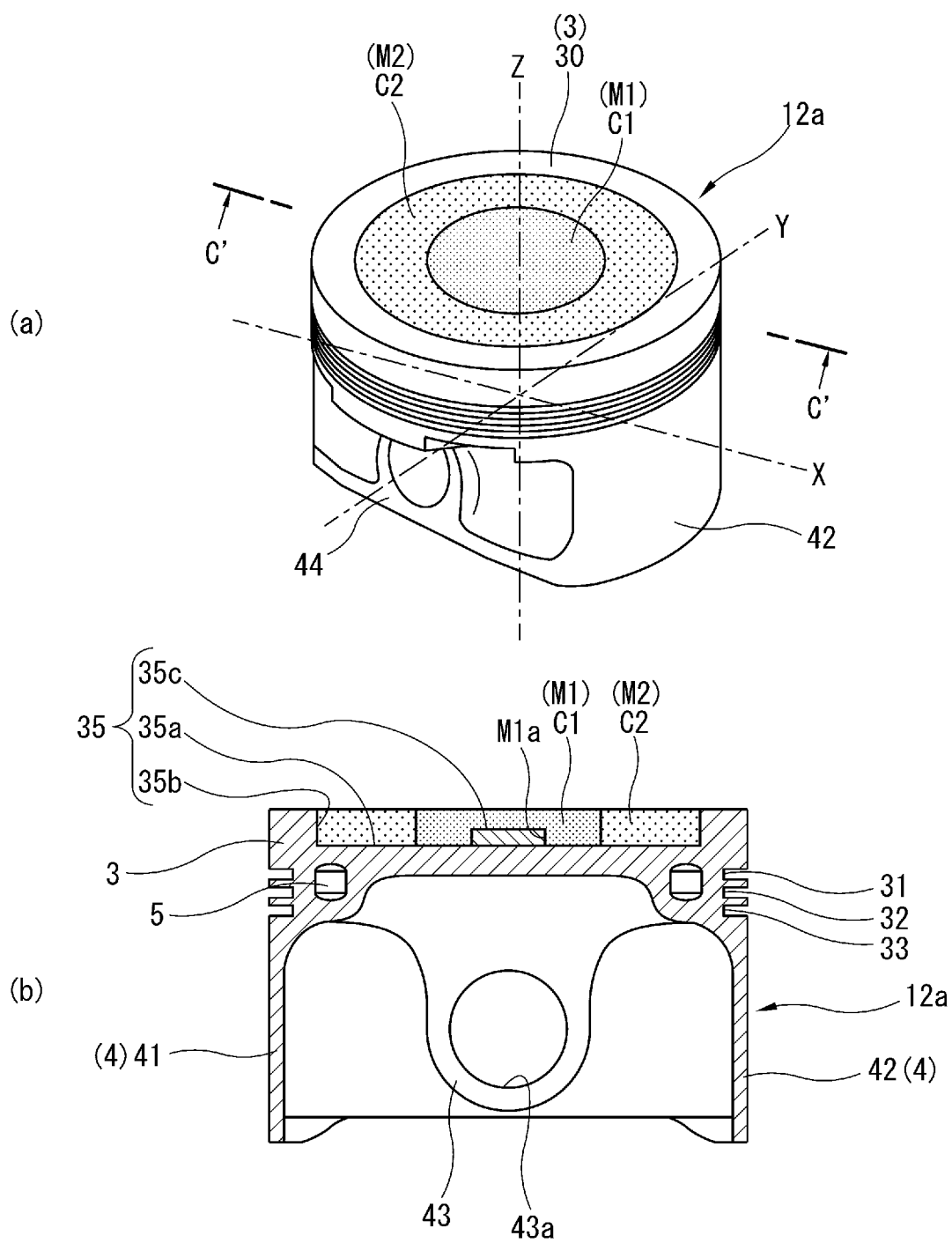
[図6]



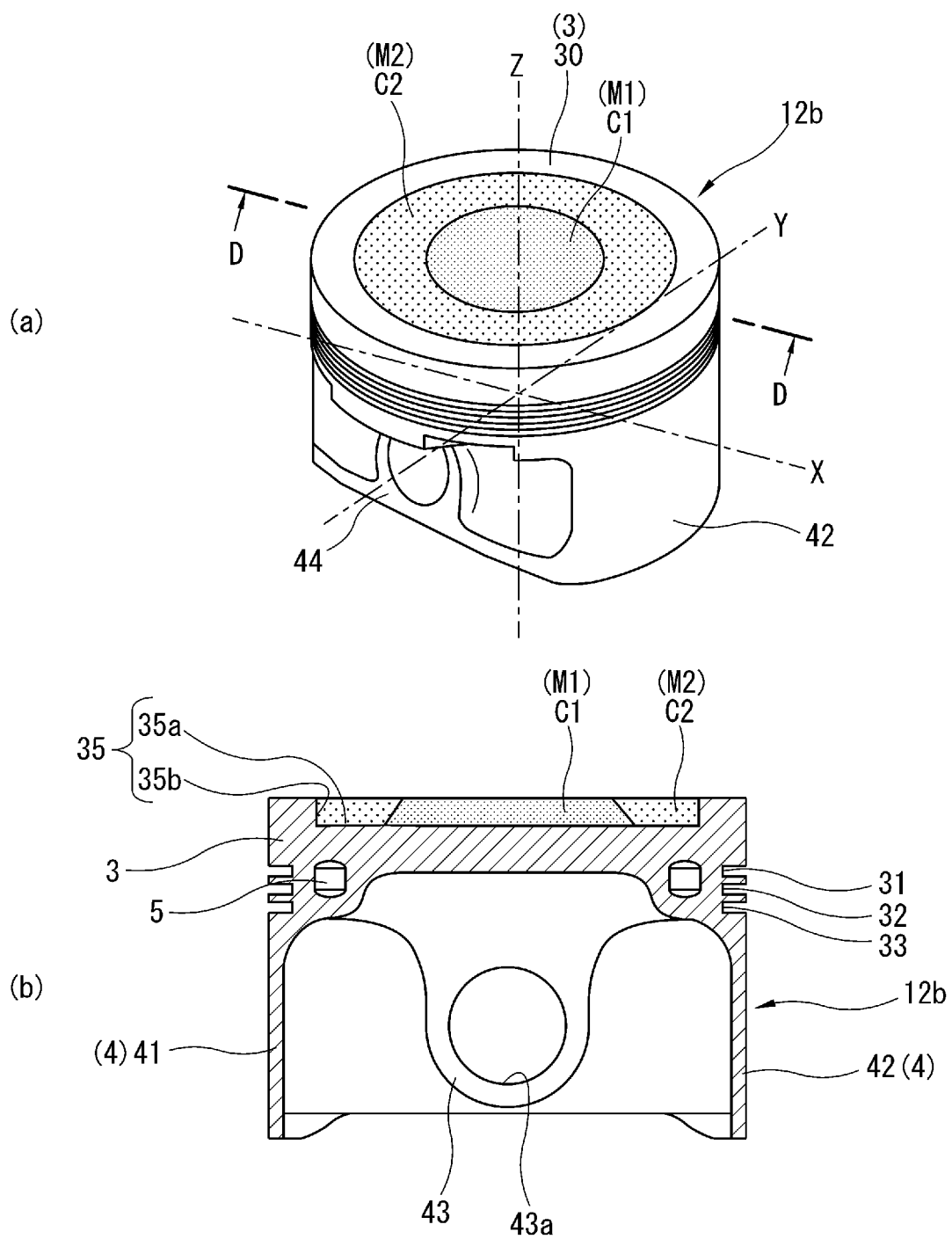
[図7]



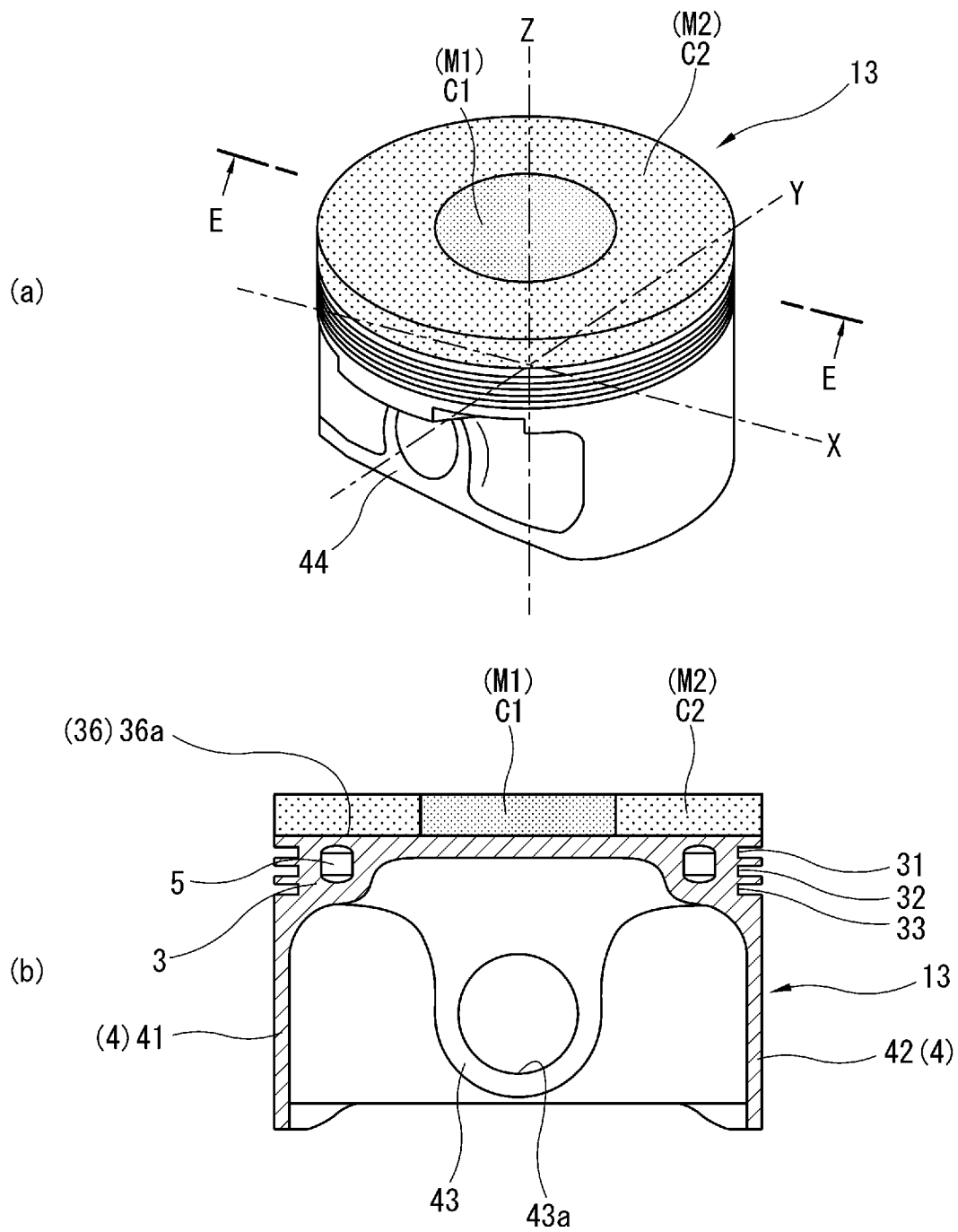
[図8]



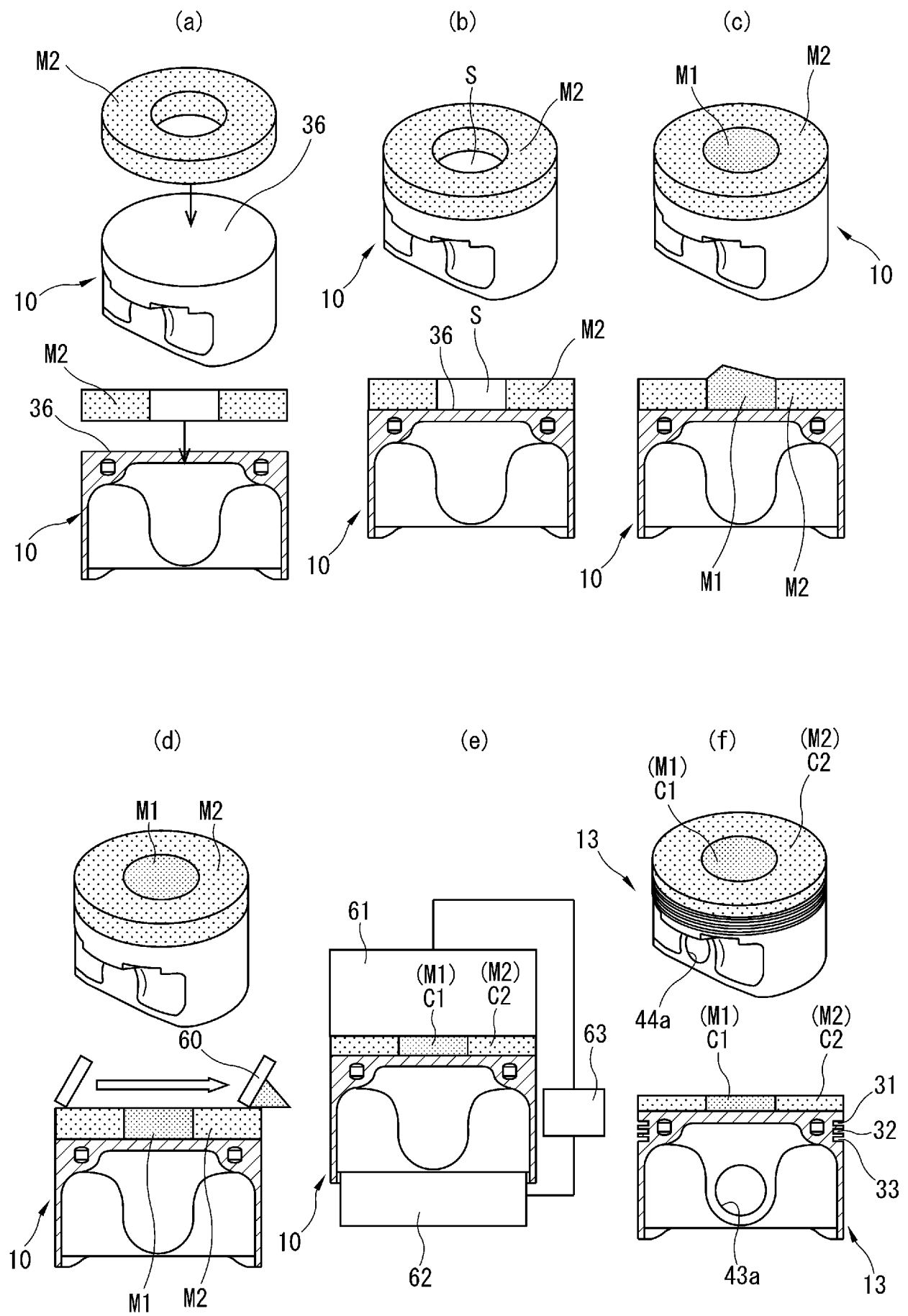
[図9]



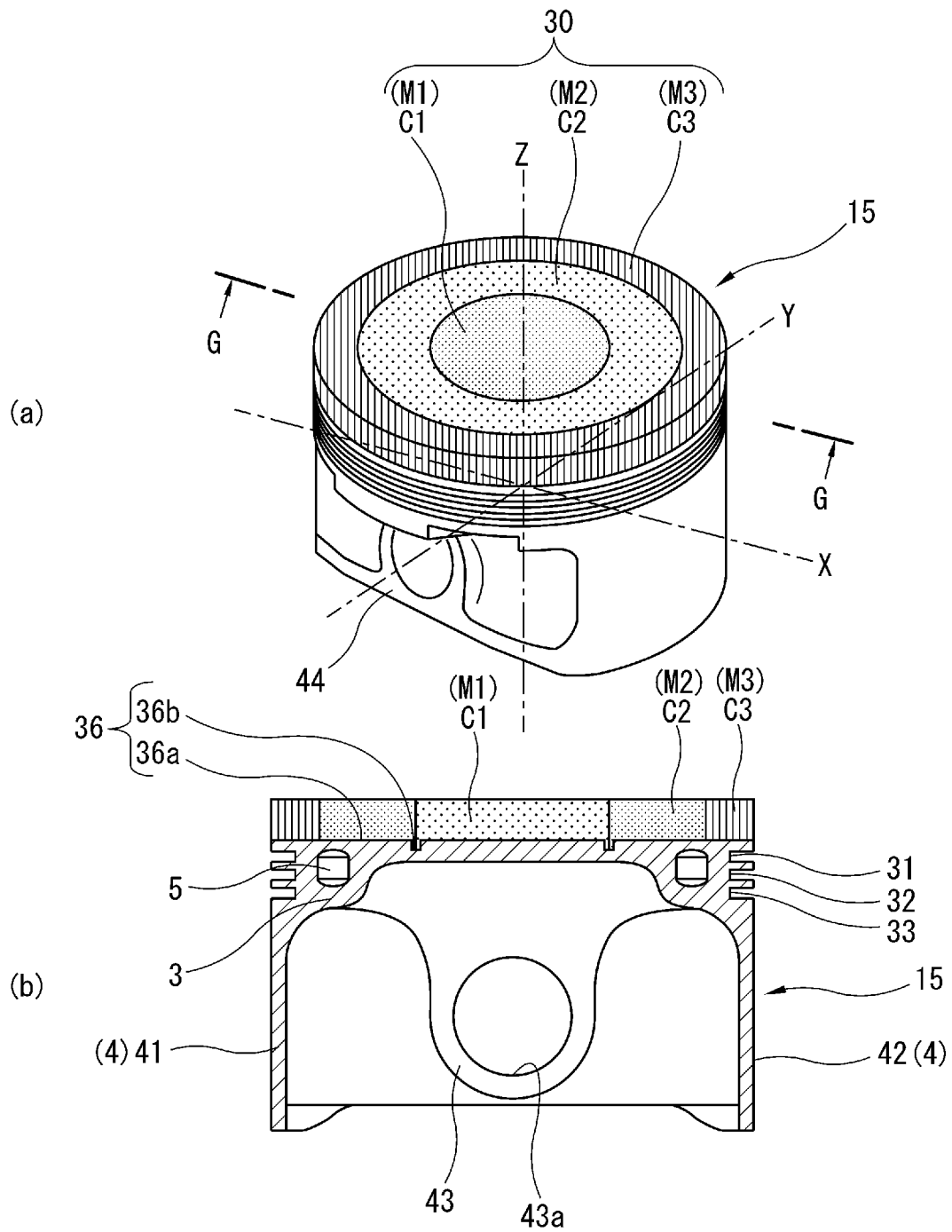
[図11]



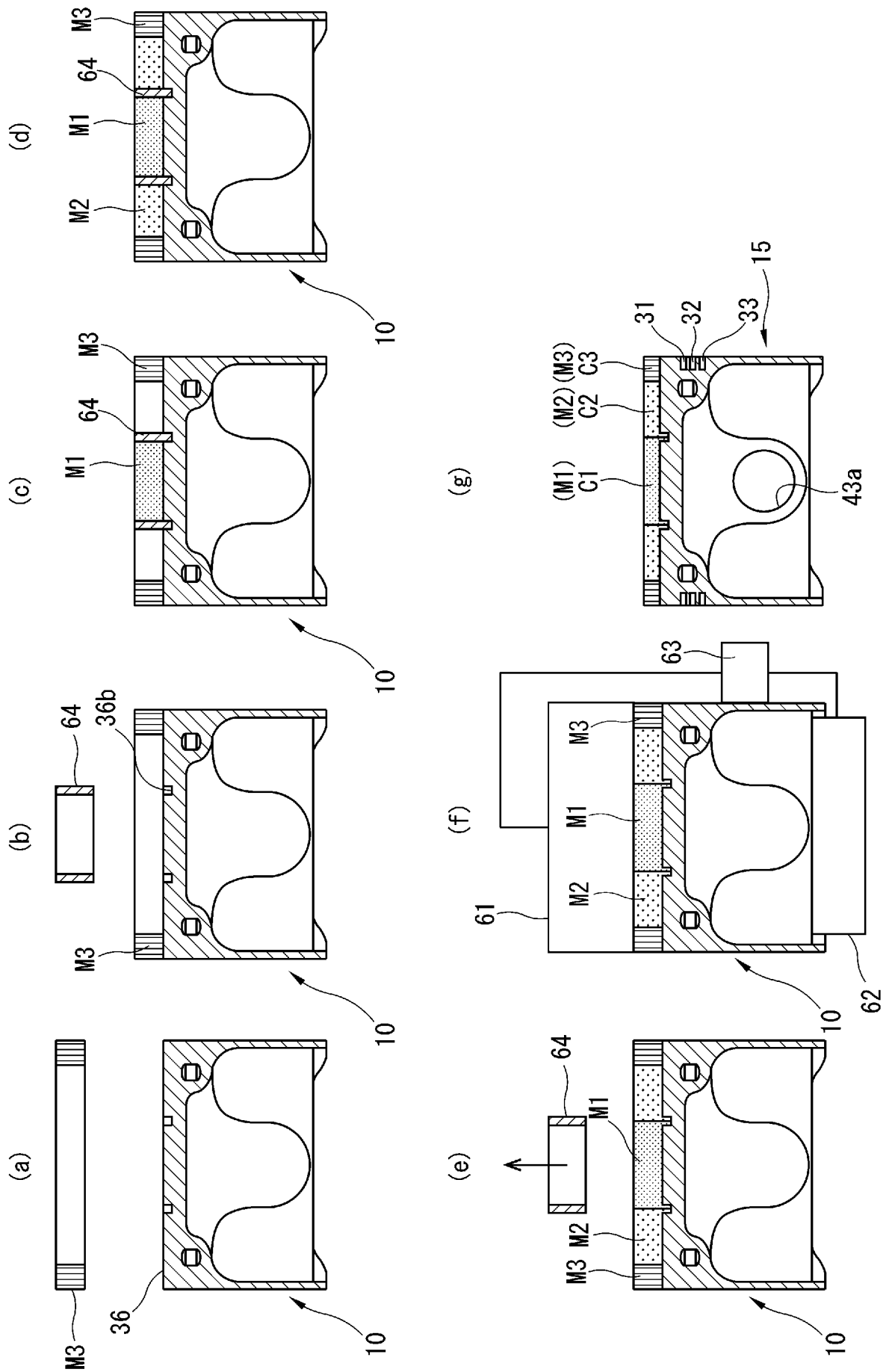
[図12]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/004976

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. F02F3/12 (2006.01) i, F02F3/00 (2006.01) i, F16J1/01 (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. F02F3/12, F02F3/00, F16J1/01

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 2011-220207 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 04 November 2011, paragraphs [0016], [0017] (Family: none)	1-11, 15-17, 20
A		12-14, 18-19
Y	WO 2015/016122 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) 05 February 2015, paragraphs [0010]-[0053] & US 2016/0177864 A1, paragraphs [0020]-[0069] & DE 112014003538 T & CN 105324570 A	1-11, 15-17, 20
A		12-14, 18-19
Y	JP 2012-072746 A (MAZDA MOTOR CORP.) 12 April 2012, paragraphs [0043]-[0046] & US 2012/0082841 A1, paragraphs [0048]-[0050] & EP 2436898 A1 & CN 102444497 A	1-11, 15-17, 20
A		12-14, 18-19



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
14.05.2018

Date of mailing of the international search report
22.05.2018

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/JP2018/004976

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-067823 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 18 April 2013, (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. F02F3/12(2006.01)i, F02F3/00(2006.01)i, F16J1/01(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. F02F3/12, F02F3/00, F16J1/01

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 A	JP 2011-220207 A（トヨタ自動車株式会社）2011.11.04, [0016], [0017]（ファミリーなし）	1-11, 15-17, 20 12-14, 18-19
Y A	WO 2015/016122 A1（日立オートモティブシステムズ株式会社） 2015.02.05, [0010]-[0053] & US 2016/0177864 A1, [0020]-[0069] & DE 112014003538 T & CN 105324570 A	1-11, 15-17, 20 12-14, 18-19

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

14.05.2018

国際調査報告の発送日

22.05.2018

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）

木村 麻乃

3G

4030

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 2012-072746 A (マツダ株式会社) 2012. 04. 12, [0043]-[0046]	1-11, 15-17,
A	& US 2012/0082841 A1, [0048]-[0050] & EP 2436898 A1	20
	& CN 102444497 A	12-14, 18-19
A	JP 2013-067823 A (トヨタ自動車株式会社) 2013. 04. 18, (ファミリーなし)	1-20