

(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
2014 年 1 月 30 日(30.01.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/017586 A1

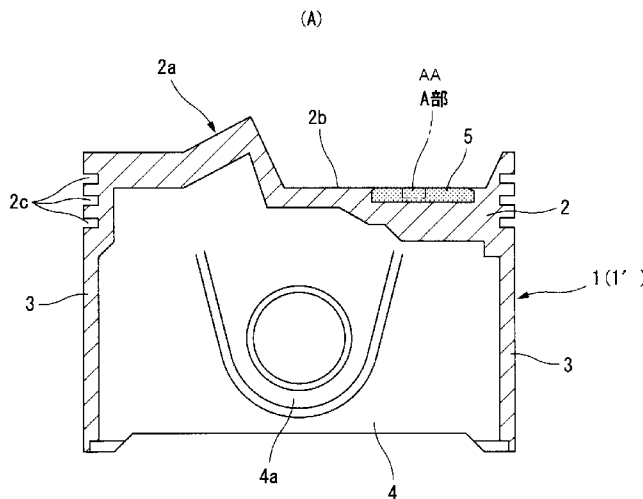
- (51) 国際特許分類:
F02F 3/14 (2006.01) *F02F 3/26* (2006.01)
F02F 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/070175
- (22) 国際出願日: 2013 年 7 月 25 日(25.07.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-166456 2012 年 7 月 27 日(27.07.2012) JP
- (71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5
2 0 番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 佐々木 正登(SASAKI, Masato); 〒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 2 9 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
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, 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, 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,

[続葉有]

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

(54) 発明の名称: 内燃機関のピストン及びこのピストンの製造方法



(57) Abstract: [Problem] To provide a piston for an internal combustion engine, whereby requirements for high heat insulating properties and for a high bond strength between a base material of the piston and a low-heat conductivity part can be both satisfied, and a method for manufacturing the piston. [Solution] A piston (1) wherein a low-heat conductivity part (5) comprises a porous member (6), said porous member (6) being configured from borosilicate glass that has a lower heat conductivity than an aluminum alloy base material (1') of the piston (1), and an aluminum alloy material (1a), said aluminum alloy material (1a) being a part of the base material (1') and impregnated in the inside of the porous member. In a method for manufacturing the piston, said method comprising sintering a mixture of a first powder (8), which comprises the glass powder, with a second powder (9), which comprises a sodium chloride powder, to form a molded body, putting the molded body in hot water, thus dissolving the second powder to form voids (9a) in the porous member, and then casting the piston by using a vacuum casting mold, the aluminum alloy is allowed to penetrate into the voids of the porous member and impregnated therein so that the porous member is unified with the base material of the piston and thus the bond strength is enhanced.

(57) 要約:

[続葉有]

AA Piece A

WO 2014/017586 A1



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))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第 19 条(1))

【課題】ピストン母材と低熱伝導率部との間の高い断熱性と結合強度の両方を満足することができる内
燃機関のピストン及びこのピストンの製造方法を提供する 【解決手段】低熱伝導率部 5 は、ピストン 1
のアルミニウム合金母材 1' よりも熱伝導率の低いホウ珪酸ガラスからなる多孔質部材 6 と、該多孔質部
材の内部に含浸された前記母材 1' の一部のアルミニウム合金材 1 a とからなり、前記ガラス粉末の第 1
粉体 8 と塩化ナトリウム粉末の第 2 粉体 9 を混合して焼成して成形体を形成し、この成形体を湯中に入
れて前記第 2 粉体を溶解して多孔質部材内に空孔 9 a を形成し、その後、減圧鑄造用金型でピストンを
鑄造する際に、前記多孔質部材の空孔内に前記アルミニウム合金を浸透含浸させてピストン母材と一体
化して結合強度を高めたものである。

明 細 書

発明の名称： 内燃機関のピストン及びこのピストンの製造方法 技術分野

[0001] 本発明は、鋳造によって形成される内燃機関のピストン及びこのピストンの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 周知のように、火花点火式のガソリン内燃機関にあっては、リーンバーンによる燃費の向上や均質燃焼による出力の向上などを狙ったいわゆる直噴型（GDI）内燃機関が提供されている。

[0003] これは特に、燃焼室を構成するアルミニウム合金製のピストンの冠面に、部分的に断熱材を設けることによって、噴射燃料の霧化促進効果があることが解っているが、アルミニウム合金母材に断熱材を強固に結合することが困難である。

[0004] そこで、以下の特許文献1に記載されたもののよう、アルミニウム合金母材よりも熱伝導率の低い材料からなる多孔質の断熱材の内部にアルミニウム合金母材を含浸させて、母材と断熱材を強固に結合することも提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平11-193721号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、前記特許文献1に記載された従来の技術は、多孔質断熱材の空孔全体に母材が含浸してしまうと十分な断熱効果が得られなくなることから、前記多孔質断熱材と母材との間に空気層や真空層を形成するようになっている。このため、断熱効果を優先的に確保したことによって、母材と多孔質断熱材との結合強度が十分に得られなくなってしまうといった技術的課

題を再び招いている。

[0007] 本発明は、ピストン母材と低熱伝導率部との間の高い断熱性と結合強度の両方を満足することができる内燃機関のピストン及びこのピストン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

[0008] 請求項 1 に記載の発明は、筒内噴射式火花点火式の内燃機関に用いられ、インジェクターから燃料が噴射される冠面の所定部位に、母材よりも熱伝導率の低い低熱伝導率部が部分的に設けられている内燃機関のピストンであって、

前記低熱伝導率部は、前記母材よりも熱伝導率の低いガラス材からなる多孔質部材の内部に前記母材が含浸され、前記多孔質部材と母材との間の少なくとも一部に、塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化マグネシウム、塩化カルシウム、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウム、硫酸カリウム、硝酸ナトリウム、硝酸カリウム、硝酸マグネシウム、硝酸カルシウム、四ホウ酸ナトリウムの少なくとも一つを含む材料が介在していることを特徴としている。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、ピストン母材と低熱伝導率部との間の高い断熱性と結合強度の両方を満足することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1] Aは本発明に係る内燃機関のピストンの縦断面図、Bは図1 Aに示すA部拡大図である。

[図2] Aは本実施形態に供される多孔質部材の縦断面図、Bは図2 Aに示すB部拡大図である。

[図3]本実施形態に供される多孔質部材における塩化ナトリウムの体積と体積率との関係から空孔(空隙率)と残留塩化ナトリウムを示す特性図である。

[図4]塩化ナトリウムの体積と熱伝導度との関係を示す特性図である。

[図5]本実施形態に供される鋳造金型装置を示し、Aは該装置の縦断面図、B

は該装置の一部を示す縦断面図である。

[図6]同鋳造金型装置に多孔質部材が配置された状態を示す拡大断面図である。

[図7]同鋳造金型装置によって鋳造された直後のピストン成形体を示す縦断面図である。

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用ピストンと、このピストンの製造方法の実施形態を図面に基づいて詳述する。本実施形態に供されるピストンは、火花点火式の直噴型ガソリン機関に適用したものである。

[0012] 前記ピストン1は、全体が母材としてAC8A Al-Si系のアルミニウム合金によって一体に鋳造され、図1に示すように、ほぼ円筒状に形成されて、冠面2a上に燃焼室を画成する冠部2と、該冠部2の下端外周縁に一体に設けられた円弧状の一对のスラスト側スカート部3及び反スラスト側スカート3と、該各スカート部3の円周方向の両側端に各連結部位を介して連結された一对のエプロン部4、4と、を備えている。なお、このエプロン部4には、図外のピストンピンの両端部を支持するピンボス部4a、4aが一体に形成されている。

[0013] 前記冠部2は、比較的肉厚に形成された円盤状を呈し、燃焼室を構成する冠面2aが断面ほぼ凹凸状に形成されて一部に表面積の大きな平坦状の凹部2bが形成されていると共に、該凹部2bの上面所定位置に前記ピストン母材1'よりも熱伝導率の低い低熱伝導率部5が埋設されている。また、冠部2の外周には、3つのピストンリング溝2cが形成されている。

[0014] この低熱伝導率部5は、凹部2bでの埋設位置が図外のシリンダヘッドに設けられた燃料噴射弁であるインジェクターからの燃料が直接噴射される位置であって、後述するピストン1の鋳造時に凹部2b内に一体的に埋設されるようになっていないと共に、図1Bに示すように、ピストン母材1'よりも熱伝導率の低いガラス材からなる多孔質部材6の内部にピストン母材1'の一部1aが含浸されている。

[0015] すなわち、この低熱伝導率部5は、ピストン1とは別途に後述する製造方法によって基本的に凸円盤状に形成されて前記ガラス材からなる多孔質部材6と、該多孔質部材6の空孔内に予め充填される水溶性塩が溶解した後の空孔9aに充填される母材1'の一部であるアルミニウム合金材1aとから構成されている。

[0016] [多孔質部材の製造方法]

以下、前記多孔質部材6の製造方法の概略について説明すると、まず、水に溶けないガラスの粉末である第1粉体8と、水溶性の粉末材（塩化ナトリウム粉末材）としての第2粉体9を混合し、この混合粉を型に入れて所定圧で加圧成形した後、温度 T_B によって焼結させる。なお、前記第1粉体8の焼結温度 T_B は、第2粉体9の焼結温度 T_A よりも低い。

[0017] その後、焼結された焼結体を、攪拌された水または湯に浸漬させて、焼結体内の第2粉体9を水または湯によって溶解して除去して多くの空孔9aにすることによって、図2に示す多孔質部材6を成形する。この多孔質部材6の熱伝導率は、溶湯金属である前記母材1'の熱伝導率よりも十分に小さい。

[0018] 前記第1粉体8は、前述したようにガラス粉末であって、昇温によりガラス転移現象を示す非結晶固体である珪酸塩、ホウ酸塩、リン酸塩を主成分とする硬く透明な物質である。化学的にはガラス状態になる主として珪酸化合物（珪酸塩鉱物）である。ガラスを構成する酸化物としては、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 B_2O_3 、 CaO 、 Bi_2O_3 、 Li_2O 、 MgO 、 P_2O_5 、 PbO 、 SnO 、 TiO_2 、 ZnO 、 R_2O （Rはアルカリ金属：Li、Na、Kの略号）、 RO （Rはアルカリ土類金属；Mg、Ca、Sr、Baの略号）がある。

[0019] 前記第1粉体8は、軟化する温度（軟化点）が第2粉体9の融点より低く、融点700℃以上になっている。

[0020] 前記転移点は、ガラス構造が変化する温度であって、粘性約 10^{13} poise。前記軟化点は、ガラスが自重で軟化変形する温度であって、粘

性約 107.6 poise である。

[0021] 一方、第2粉体9は、材料として塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化マグネシウム、塩化カルシウム、炭酸カルシウム、炭酸ナトリウム、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウム、硫酸カリウム、硝酸ナトリウム、硝酸カルシウム、硝酸マグネシウム、硝酸カリウム、四ホウ酸ナトリウムなど水溶性の塩類であるが、この中の一つもしくは二つ以上の塩の混合塩であってもよい。

[0022] 前記塩化ナトリウムと、塩化カリウム、塩化マグネシウム、塩化カルシウム、炭酸カルシウム、炭酸ナトリウム、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウム、硫酸カリウム、四ホウ酸ナトリウムのように融点が700℃を超えかつ水溶性である塩が望ましい。本実施形態では前記塩化ナトリウムを用いている。

〔実施例〕

以下、多孔質部材6の具体的な製造方法について説明する。

[0023] まず、ホウ珪酸ガラス（旭硝子（株）製の粉末ガラス ASF1898）の第1粉体8に前記塩化ナトリウムである第2粉体9を混合する。

[0024] 第1粉体8と第2粉体9の混合割合は、第2粉体9が60～80体積%で、第1粉体が40～20体積%に設定した。重量比の比率割合が54：46（重量比）となる混合粉を混合した（混合工程）。

[0025] 各粉末の粒径は、第1粉体8が平均粒径4.5 μm 、第2粉体9が850～1300 μm に設定した。

[0026] 次に、前記混合粉を型に入れて加圧成形し、650℃～750℃の温度で、20～40分加熱して焼成するが、本実施例では、700℃の温度で30分加熱して焼結成形体を得た（焼成工程）。

[0027] この焼結成形体を、攪拌された55℃の湯中に浸漬して内部の第2粉体9（塩化ナトリウム）を溶解して成形体から抜き出して多くの空孔9aを有する多孔質部材6を得た（溶解工程）。なお、この溶解工程は、第2粉体9を50℃～95℃の湯中で5分～3時間の範囲内で行うようになっている。

[0028] この多孔質部材6は、図2Aに示すように、円盤状の基部6aと、該基部

6 a の上面に一体に設けられた小径円柱状の突起部 6 b とからなり、前記基部 6 a の上端外周縁がテーパ面 6 c に形成されている。また、この多孔質部材 6 は、図 2 B に示すように、第 2 粉体 9 が殆ど溶解されて消失して前記第 1 粉体 8（ガラス）が残存する形になるので、第 1 粉体 8 の周囲には多数の空孔 9 a が形成された状態になる。

[0029] そして、前述した混合工程と焼成工程において、第 1 粉体 8（ガラス粉末）と第 2 粉体 9（塩化ナトリウム）の混合粉の成形体を加熱すると、塩化ナトリウムの粒子の周りをガラス粉末が覆うことになり、第 1 粉体 8 と第 2 粉体 9 の混合割合によって多孔質部材 6 の出来方が異なる。

[0030] つまり、本願の発明者が、第 1 粉体 8 と第 2 粉体 9 の混合割合を種々変えた実験をしたところ、図 6 及び図 7 に示す結果になった。

[0031] すなわち、例えば、塩化ナトリウムの粉末が 80 体積%以上で、ガラス粉末が 20 体積%以下である場合には、加熱によってガラス粉末同士が溶融接合しないため、成形体を作ることができず、水または湯で溶解したときに成形体が崩れてしまう。

[0032] また、塩化ナトリウムの粉末が 60 体積%より少なく、ガラス粉末が 40 体積%より多いと、加熱によってガラス粉末同士が容易に溶融接合して、塩化ナトリウム粉末の周りを覆ってしまう。したがって、その後の水または湯で塩化ナトリウムの粉末が溶かし出す際に、塩化ナトリウム粉末に水や湯が接触することができず、前記多孔質部材 6 を成形することが出来なくなる。

[0033] 塩化ナトリウム粉末が 60～80 体積%で、ガラス粉末が 40～20 体積%のとき、オープンな空孔 9 a（表面から内部までつながっている空孔）が得られる。塩化ナトリウム粉末は全て溶け出されことはなく、その一部はガラス粉末に覆われてクローズな状態になっている。このクローズな状態の塩化ナトリウム粉末の量は、該塩化ナトリウム粉末（第 2 粉体 9）とガラス粉末（第 1 粉体 8）の混合割合で決定される。

[0034] そして、塩化ナトリウム（第 2 粉体 9）が 80 体積%のとき、溶解によって残留する塩化ナトリウムはなくなり、第 2 粉体 9 の体積%が減少していく

と、残留塩化ナトリウムの体積%も上昇して第2粉体9が60体積%のとき、残留する塩化ナトリウムの粉末は25体積%となる。残留した塩化ナトリウム粉末は第1粉体8のガラス粉末に囲まれており、断熱材として機能する一方、得られた多孔質部材6に、後述するピストン鑄造合金（アルミニウム合金1a）を含浸させた後、含浸部分を切削加工して仕上げるが、その加工表面に残留した塩化ナトリウムが現れる。

[0035] 現れた塩化ナトリウム粉末を再び水または湯で溶解除去すると、加工表面は多孔質部材6であるガラスとピストン母材1'の鑄造合金の複合構造になって、塩化ナトリウム粉末が多くなるほど溶解量が多くなり、表面の凹凸が多くなって表面積が増大する。

[0036] なお、残留する塩化ナトリウムは、該塩化ナトリウムの体積率が少なくなるほど多くなる。

[0037] そこで、本実施例では、第2粉体9の塩化ナトリウム粉末を60～80体積%とし、第1粉体8のガラス粉末を40～20体積%に設定したのである。

[0038] 次に、前記第2粉体9の殆どが除去されて、主として第1粉体8（ガラス）によって構成された多孔質部材6を、ピストン1を成形する減圧鑄造用金型10内に配置して、ピストン1の鑄造中に多孔質部材6の空孔内に母材1'の一部を含浸させて冠面2aの凹部2bに低熱伝導率部5を一体に埋設するようになっている。

〔ピストンの鑄造用金型構造〕

前記減圧鑄造用金型10は、図3A、Bに示すように、モールド型11を備え、このモールド型11内には、センターコア12及び該センターコア12の周囲に配置したフィリップコア13やサイドコア14などの複数の分割コアを組み合わせてなる中子15を下部側に備えている。この中子15は、前記ピストン1を成形する場合にピストン1の内部形状を形成するものである。

[0039] また、前記減圧鑄造用金型10には、内部に冷却水を循環するための冷却

路を形成した左右一対のリストピン１６が対向して水平に備えられている。
このリストピン１６の先端部が前記サイドコア１４に形成した穴に係脱可能に係合されている。

[0040] さらに、前記減圧鑄造用金型１０は、前記リストピン１６を支持するモールドブッシュ１７を有し、上部側には、前記モールド型１１に対して着脱可能なトップコア１９が設けられている。

[0041] 該トップコア１９は、吸引排出部２０の一例としての空間部を備えた外トップコア２１と、この外トップコア２１に一体的に設けた内トップコア２３とから構成されている。

[0042] 前記外トップコア２１は、上端部に前記吸引排出部２０を封止するアダプター２５が設けられていると共に、このアダプター２５のほぼ中央にパイプ状の第１連通管２７が設けられている。この第１連通管２７は、前記吸引排出部２０に連通していると共に、例えば真空ポンプ（図示省略）などのような負圧発生手段に接続されている。したがって、前記負圧発生手段を作動することにより、前記吸引排出部２０内を減圧し負圧にすることができるものである。

[0043] なお、前記吸引排出部２０は、空間部になっているが、空間部としては室状の空間は勿論のこと、穴状の空間、溝状の空間をも含むものである。要するに、吸引排出部２０としては、前記内トップコア２３を介して（透過して）後述するキャビティ内の気体を効果的に吸引排出する機能を奏する構成であれば良いものである。

[0044] 前記内トップコア２３は、前記中子１５と対向して設けられると共に、該中子１５及び前記モールド型１１との間にキャビティ２９を形成するものである。また、この内トップコア２３は、例えばＳＵＳ材等の鉄系金属粉末を焼結してなる多孔質材料により通気性金型（多孔質金型）によって構成されている。

[0045] すなわち、前記内トップコア２３は、粉末粒度１００メッシュ以下、２５０メッシュ以上の鉄系金属粉末を用いて、熱間等方圧プレス〔ＨＩＰ（Ｈ

t Isosutatic Pressing)] によって空孔径が $4\ \mu\text{m}$ ~ $12\ \mu\text{m}$ の通気性金型素材に成形した後に焼結され、または成形と焼結とを同時に行って製造されている。これによって、通気性金型として形成されている。

[0046] そして、前記内トップコア 23 の下面、つまり前記中子 15 と対向したキャビティ面 23 A は、前記キャビティ 29 にアルミニウム合金の溶湯を給湯（注湯）して製品としてのピストン 1 を成形するときに、ピストン 1 の冠面 2 a を転写するための転写面に形成されている。このキャビティ面 23 A は、放電加工により仕上げ面に形成され、つまり、形彫放電加工機における放電加工条件の仕上領域を用いて、後加工としての例えば仕上げ加工やバフ加工が不要であるように、予め製品の仕上げ面粗さに対応した表面粗さの製品仕上げ面に形成されている。

[0047] したがって、アルミニウム合金の溶湯に対する耐熱性、耐摩耗性に優れていると共に、かじりを生じることがない。すなわち、内トップコア 23 のキャビティ面 23 A は、切削加工や研磨加工によることなく放電加工によって製品仕上げ面に加工されているので、金属粉末粒子が潰れて粒子間の空孔を塞ぐようなことがなく、粉末粒子間の空孔の通気性が良好に保持されているものである。

[0048] また、前記内トップコア 23 のキャビティ面 23 A において、製品としてのピストン 1 における冠面 2 a の冠面燃焼室の細い部分やエッジに対応した部分 23 B の肉厚は $2\ \text{mm}$ よりは厚く $12\ \text{mm}$ 以下に形成してある。

[0049] また、内トップコア 23 の所定位置、つまり前記冠面 2 a の凹部 2 b が形成される部位に対応する位置には、図 3 A 及び図 6 に示すように、該内トップコア 23 と前記吸引排出部 20 及びアダプター 25 を上下方向から貫通した金属パイプ状の第 2 連通管 30 が設けられていると共に、該第 2 連通管 30 の下端部に位置する部位に、前記多孔質部材 6 を保持するほぼ円錐状の保持溝 31 が形成されている。つまり、前記多孔質部材 6 は、予め内トップコア 23 のキャビティ面 23 A の所定位置に保持されているおり、前記突起部

6 b が第 2 連通管 3 0 の下端部内に圧入によって嵌合保持されていると共に、基部 6 a が保持溝 3 1 の周面に当接保持されている。

[0050] 前記第 2 連通管 3 0 は、上端部に前記第 1 連通管 2 7 と同じく例えば真空ポンプ（図示省略）などのような負圧発生手段に接続されている。したがって、前記負圧発生手段を作動することにより、前記保持溝 3 1 に予め保持された前記多孔質部材 6 の内部を減圧し負圧にして、後述するアルミニウム溶湯を多くの空孔 9 a に含浸させるようになっている。

[0051] 前述したように、前記内トップコア 2 3 が多孔質型に構成されていることによって、前記吸引排出部 2 0 を負圧にすると、前記キャビティ 2 9 内の気体は内トップコア 2 3 を介して吸引排出部 2 0 に吸引されて外部へ排出されることになる。また、前記キャビティ 2 9 に注湯されたアルミ合金の溶湯は、前記内トップコア 2 3 のキャビティ面 2 3 A（転写面）に吸引されて直接接触し、前記キャビティ面 2 3 A の形状がそのまま転写されることになる。

[0052] また、前記内トップコア 2 3 のキャビティ面 2 3 A に溶湯が直接接触することによって製品に対してキャビティ面 2 3 A の形状をそのまま転写するとき、製品に細い部分やエッジが存在する場合、溶湯の表面張力によって精密に転写し難いものである。そこで、本実施形態においては、前記内トップコア 2 3 の細い部分やエッジに対応した部分 2 3 B の肉厚は、他の部分の肉厚より薄く形成されている。

[0053] したがって、前記吸引排出部 2 0 を負圧にしてキャビティ 2 9 の気体を吸引排出すると共に、キャビティ 2 9 内の溶湯を吸引して内トップコア 2 3 のキャビティ面 2 3 A に直接密着するとき、製品の細い部分やエッジに対応した部分の吸引が効果的に行われることとなり、製品の細い部分やエッジの部分であっても内トップコア 2 3 のキャビティ面 2 3 A の形状を正確に転写することができるものである。

[0054] ところで、燃料をピストン 1 の冠面 2 a に形成されている燃焼室へ直接噴射してタンブル流又はスワール流を形成する型式のガソリン直噴用のピストン 1 の冠面 2 a に要求される仕様粗さは、噴射ノズルを配置する位置等によ

って異なるが、大略 $Ra = 8 \mu m$ 以下、冠面形状部最小抜き勾配は 5° であるから、内トップコア23の多孔質材料として100メッシュ（粒径 $20 \mu m$ ）のステンレス粉を使用し、HIP成形法により空孔径 $4 \mu m$ の多孔質金型素材を形成する。その後、この多孔質金型素材を焼結し、放電加工によってキャビティ面23Aを表面粗さ $Ra = 8 \mu m$ 以下に仕上げ加工する。

[0055] この際、ピストン冠面2aに形成される凸部に対応して前記キャビティ面23Aに形成された凹部23Cに対応した部分23B、すなわちピストン冠面2aの形状の出にくい部分の肉厚を8mmとした。なお、肉厚については、強度又は金型温度の関係から精度を必要とする箇所のための薄肉化にとどめることが望ましい。

[0056] 前記モールド型11には、前記キャビティ29内に注湯（給湯）された溶湯が冷却・凝固するときの体積収縮を補うための押し湯キャビティ31が前記キャビティ29に連通している。この押し湯キャビティ31の周囲には、保温性の高い材料よりなる押し湯入子33が設けられている。さらに、前記モールド型11には、前記キャビティ29に対して溶湯を給湯するための湯道35が設けてあり、この湯道35は前記キャビティ29の下部側に連通している。

[0057] [ピストンの鑄造方法]

したがって、前記金型10を用いてピストン1を鑄造するには、モールド型11の前記湯道35から前記キャビティ29内へアルミ合金の溶湯を注湯すると共に、吸引排出部20内を負圧にする。この際、前記キャビティ29に対する溶湯の供給は、キャビティ29の下部側に行われ、前記吸引排出部20を減圧し負圧にすることにより、前記キャビティ29内の気体は、前記内トップコア23を透過して外部へ排出されるものである。したがって、キャビティ29内の気体の排出を効果的に行うことができるものである。

[0058] また、同時に前記真空ポンプによって第2連通管30を介して多孔質部材6内を減圧して負圧にする。

[0059] したがって、前記キャビティ29内に供給された溶湯は、前記吸引排出部

20が負圧であることにより、内トップコア23のキャビティ面23A（転写面）に直接吸引接触されて密着されるものである。この際、前記内トップコア23の、製品形状の細い部分やエッジの部分に対応する部分23Bの肉厚は他の部分より薄く形成してあるので、この部分における溶湯の吸引密着が効果的に行われることとなり、より正確な転写が行われ得るものである。

[0060] すなわち、キャビティ29に対してアルミニウム合金溶湯を湯道35から給湯し、湯口が溶湯によって閉塞されると、図外の減圧用のモータが駆動されて吸引排出部20内の空気が排出され、吸引排出部20が減圧される。この減圧によって吸引排出部20とキャビティ29との間に差圧が生じると、キャビティ29内の気体は通気性金型（多孔質金型）23の空孔を透過して外部へ排出される。

[0061] そして、キャビティ29内の溶湯が次第に上昇して前記内トップコア23のキャビティ面23Aに接触すると、吸引排出部20が減圧されていることにより、前記溶湯はキャビティ面23Aに吸引密着される態様となる。この際、ピストン1を成形する場合には、前記キャビティ面23Aの凹凸がピストンの冠面に転写されるものであり、ピストン冠面の凸部に相当するキャビティ面23Aの凹部23Cの部分23Bは、他の部分よりも薄く形成してあるので、この部分の溶湯の吸引密着がより効果的に行われるものであり、ピストン冠面2aの形状の出にくい部分であっても高精度に成形することができるものである。

[0062] また、前記多孔質部材6内も負圧になっていることから、キャビティ29内のアルミニウム溶湯の一部は前記多孔質部材6内に吸引されて、塩化ナトリウムが溶解された多数の空孔9a内に浸透して充填される。これにより、図7に示すように、内部にピストン母材1'と同じアルミニウム合金材1aが含浸された低熱伝達率部5が母材1'に対して一体的に埋設固定される。なお、前記各空孔9aにアルミニウム合金材1aが充填されるが、僅かに前記第2粉体9（塩化ナトリウム）が残存している。

[0063] その後、冷却された減圧鑄造用金型10から前記低熱伝導率部5が一体と

なったピストン母材 1' を取り出して、図 1 A に示すように、ピストン母材 1' の外周面に形成された鑄バリ等やピストンリング溝 2 c を切削加工すると共に、前記低熱伝導率部 5（多孔質部材 6）の突起部 6 a や基部 6 a 上面を切削加工して冠面 2 a と同一面に形成した（切削工程）。これら一連の成形加工によってピストン 1 の成形作業が完了する。

[0064] 以上のように、本実施形態では、ピストン 1 の冠面 2 a の燃料が直接噴射される部位に低熱伝導率部 5 が設けられ、この低熱伝導率部 5 は、主たる構造がアルミニウム合金材よりも熱伝導率の低いホウ珪酸ガラス製の多孔質部材 6 によって形成されていることから、高い断熱性が得られる。したがって、燃料の霧化が十分に促進されて燃焼性能が向上すると共に、燃費が向上する。

[0065] ここで、前記低熱伝導率部 5 の熱伝導率について考察すると、前記多孔質部材 6 の空孔 9 a による空隙率が小さいほどこの空孔 9 a へのピストン 1 の鑄造合金 1 a の含浸量が少なくなるため、第 1 粉体 8（ガラス粉末）と残留した塩化ナトリウム粉末の合計体積率が大きくなることから熱伝導率が低下する。

[0066] 表面に現れた残留塩化ナトリウムを水や湯で溶解除去すると、除去前の第 1 粉体 8 と残留した塩化ナトリウムの表面積が除去後に第 1 粉体 8 のガラス成分だけになって凹凸が形成されるので、その表面積が増大する

そして、前述のように、低熱伝導率部 5 の熱伝導率が低下すると、該低熱伝導率部 5 の熱の蓄積が増大し、蓄積された熱量は、燃料の霧化に寄与させるが、その際、表面積の大きい方が燃料に熱を伝え易くなって、燃料の霧化が促進される。

[0067] しかも、前記低熱伝導率部 5 は、多くの空孔 9 a を介してピストン母材 1' と同じアルミニウム合金材 1 a が含浸されていることから、該アルミニウム合金材 1 a とピストン母材 1' との融着性が高くなって結合強度が向上する。

[0068] この結果、ピストン母材 1' と低熱伝導率部 5 との間の高い断熱性と結合

強度の両方を満足することができる。

[0069] 特に、前記多孔質部材 6 の多くの空孔 9 a 内にピストン 1 の鑄造合金 1 a が含浸されるので、ピストン 1 の鑄造合金と多孔質部材 6 との界面強度が大きくなる。

[0070] なお、多孔質部材 6 の表面に現れたガラス材が欠け落ちるおそれがあるので、ピストン 1 のアルミニウム合金を陽極酸化することによって前記表面のガラス材を覆うことによって欠け落ちが抑制されると共に、陽極酸化層の断熱効果が得られる。

[0071] また、前記内トップコア 2 3 のキャビティ面 2 3 A は、予め製品仕上げ面に高精度に加工してあるので、鑄造したピストン 1 の冠面 2 a は仕上げ加工等の後加工を必要とすることなく、そのまま使用可能であるのでピストン 1 を安価に製造することができるものである。

[0072] なお、前記説明においては、内トップコア 2 3 のみを多孔質型（通気性金型）に形成した場合について例示したが、内トップコア 2 3 のみに限ることなく、例えば前記中子 1 5 やモールドブッシュ 1 7 をも多孔質型とすることが望ましいものである。このように、中子やモールドブッシュを多孔質型にすると、多孔質型は内部に気体を包含しているので保温性に優れ、溶湯の流動性を良好に保持することができるものである。

[0073] また、減圧鑄造用金型 1 0 において多孔質材料で形成した内トップコア 2 3 の空孔径を $4\ \mu\text{m}$ ～ $12\ \mu\text{m}$ としてあるので、塗型を行うことなくアルミニウム合金の溶湯を給湯して製品の成形を行う場合であっても、溶湯の表面張力により空孔内に溶湯の一部が入り込むようなことがなく、かじりを生じることはないものである。

[0074] さらに、前記内トップコア 2 3 において、転写精度を必要とする箇所肉厚を $12\ \text{mm}$ 以下に形成してあるので、この箇所においてキャビティ内の気体を効果的に排気して溶湯を吸引することにより精確な転写を行うことができるものである。

[0075] また、前記内トップコア 2 3 の多孔質材料は、鉄系金属粉を焼結してなる

ものであるから、アルミニウム合金の溶湯をキャビティに給湯して成形を行う場合の耐熱性に優れているものである。

[0076] また、前記鉄系金属粉がステンレス粉であることにより、耐食性、耐熱性、耐摩耗性に優れているものである。

[0077] 前記実施形態から把握される前記請求項以外の発明の技術的思想について以下に説明する。

〔請求項 a〕 請求項 1 に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記多孔質部材は、ホウ珪酸ガラスであることを特徴とする内燃機関のピストン。

〔請求項 b〕 請求項 1 に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記多孔質部材の空孔率は、約 60～80 体積%であることを特徴とする内燃機関のピストン。

〔請求項 c〕 請求項 1 に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記母材は、アルミニウム合金であることを特徴とする内燃機関のピストン。

〔請求項 d〕 請求項 1 に記載の内燃機関のピストンにおいて、

多孔質部材と母材との間に介在される材料は、塩化ナトリウムであることを特徴とする内燃機関のピストン。

[0078] この発明によれば、介在物として塩化ナトリウムを用いることにより、溶解度が高くかつ材料コストが低いことから、製造コストの低減化が図れる。

〔請求項 e〕 請求項 3 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 粉体はホウ珪酸ガラスである一方、第 2 粉体は塩化ナトリウム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 f〕 請求項 3 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 粉体と第 2 粉体の重量比率は、54 対 46 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 g〕 請求項 3 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、

前記混合粉の焼成は、650℃～750℃の温度で、20～40 分の間行

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 h〕 請求項 3 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 2 粉体を、50℃～95℃の湯中で5分～3時間の間で溶解させる
ことを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

符号の説明

[0079] 1…ピストン

1 a…アルミニウム合金材

2…冠部

2 a…冠面

2 b…凹部

3…スカート部

4…エプロン部

5…低熱伝導率部

6…多孔質部材

8…第 1 粉体

9…第 2 粉体

9 a…空孔

10…減圧鑄造用金型

請求の範囲

- [請求項1] 筒内噴射式火花点火式の内燃機関に用いられ、インジェクターから燃料が噴射される冠面の所定部位に、母材よりも熱伝導率の低い低熱伝導率部が部分的に設けられている内燃機関のピストンであって、
- 前記低熱伝導率部は、前記母材よりも熱伝導率の低いガラス材からなる多孔質部材の内部に前記母材が含浸され、前記多孔質部材と母材との間の少なくとも一部に、塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化マグネシウム、塩化カルシウム、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウム、硫酸カリウム、硝酸ナトリウム、硝酸カリウム、硝酸マグネシウム、硝酸カルシウム、四ホウ酸ナトリウムの少なくとも一つを含む材料が介在していることを特徴とする内燃機関のピストン。
- [請求項2] 少なくとも冠面に母材に対して熱伝導率の低い低熱伝導率部を有する内燃機関のピストンであって、
- 前記低熱伝導率部は、前記母材よりも熱伝導率の低いガラス材からなる多孔質部材の内部に母材が含浸され、前記多孔質部材と母材との間の少なくとも一部に、水溶性で、かつ前記多孔質部材よりも融点が高い材料が介在していることを特徴とする内燃機関のピストン。
- [請求項3] 少なくとも冠面に母材に対して熱伝導率の低い低熱伝導率部を有する内燃機関のピストンの製造方法であって、
- 少なくとも前記母材よりも熱伝導率が低く、熱によって軟化する材料の第1粉体と、水溶性で、かつ前記第1粉体よりも融点が高い第2粉体を混合する工程と、
- 前記混合粉を加圧成形して焼成する工程と、
- 該焼成工程後に、前記第2粉体を液体で溶解させて多孔質部材を成形する工程と、
- 金型内に設置された前記多孔質部材を吸引または溶湯を加圧しながら前記金型内に注湯する工程と、

冷却された後に金型から取り出されたピストンの冠面に切削加工を施す工程と、

を備えたことを特徴とする内燃機関のピストの製造方法。

[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、

前記多孔質部材の空孔率は、約60～80体積%であることを特徴とする内燃機関のピストン。

[請求項5]

請求項4に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記多孔質部材は、少なくともホウ珪酸ガラスを含有して形成されていることを特徴とす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において、

前記母材は、アルミニウム合金であることを特徴とする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、

多孔質部材と母材との間に介在される材料は、塩化ナトリウムであることを特徴とする内燃機関のピストン。

[請求項8]

請求項3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粉体はホウ珪酸ガラスでを含む粉体である一方、第2粉体は塩化ナトリウムを含む粉体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9]

請求項3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粉体と第2粉体の重量比率は、ほぼ54対46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10]

請求項3に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、

前記混合粉の焼成は、650℃～750℃の温度で、20～40分の間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11]

請求項3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2粉体を、50℃～95℃の湯中で5分～3時間の間で溶解させ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3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2粉体の平均粒径を $850 \sim 1300 \mu\text{m}$ とした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3に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記金型であって、前記冠面を形成するトップコアは、空孔径が $4 \mu\text{m} \sim 12 \mu\text{m}$ の通気性金型によって構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14] 請求項13に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記トップコアは鉄系金属粉を焼結して形成さ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15] 請求項14に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記鉄系金属粉はステンレス粉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16] 請求項6に記載の内燃機関のピストンにおいて、
前記低熱伝導率部は、表面にアルミニウム合金の陽極酸化皮膜で覆われていることを特徴とする内燃機関のピストン。
- [請求項17] 請求項3に記載の内燃機関のピストンにおいて、
前記切削工程後に、表面の前記第2粉体を液体で溶解させて多孔質部材を成形する工程を有することを特徴とする内燃機関のピストン。
- [請求項18] 請求項5に記載の内燃機関のピストンにおいて、
前記多孔質部材は珪酸化合物であり、前記母材はアルミニウム合金であり、かつ、前記珪酸化合物とアルミニウム合金の間の少なくとも一部に塩化ナトリウムを有することを特徴とする内燃機関のピストン。
- [請求項19] 請求項18に記載の内燃機関のピストンにおいて、
前記多孔質部材は、表面にアルミニウム合金の陽極酸化皮膜で覆われていることを特徴とする内燃機関のピストン。
- [請求項20] 請求項3に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記第 1 粉体及び前記第 2 粉体はどちらも融点が 700℃より高いことを特徴とする内燃機関のピストン。

補正された請求の範囲
[2013年11月8日(08.11.2013)国際事務局受理]

【請求項 1】

筒内噴射式火花点火式の内燃機関に用いられ、インジェクターから燃料が噴射される冠面の所定部位に、母材よりも熱伝導率の低い低熱伝導率部が部分的に設けられている内燃機関のピストンであって、

前記低熱伝導率部は、前記母材よりも熱伝導率の低いガラス材からなる多孔質部材の内部に前記母材が含浸され、前記多孔質部材と母材との間の少なくとも一部に、塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化マグネシウム、塩化カルシウム、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウム、硫酸カリウム、硝酸ナトリウム、硝酸カリウム、硝酸マグネシウム、硝酸カルシウム、四ホウ酸ナトリウムの少なくとも一つを含む材料が介在していることを特徴とする内燃機関のピストン。

【請求項 2】

少なくとも冠面に母材に対して熱伝導率の低い低熱伝導率部を有する内燃機関のピストンであって、

前記低熱伝導率部は、前記母材よりも熱伝導率の低いガラス材からなる多孔質部材の内部に母材が含浸され、前記多孔質部材と母材との間の少なくとも一部に、水溶性で、かつ前記多孔質部材よりも融点が高い材料が介在していることを特徴とする内燃機関のピストン。

【請求項 3】

少なくとも冠面に母材に対して熱伝導率の低い低熱伝導率部を有する内燃機関のピストンの製造方法であって、

少なくとも前記母材よりも熱伝導率が低く、熱によって軟化する材料の第1粉体と、水溶性で、かつ前記第1粉体よりも融点が高い第2粉体を混合する工程と、前記混合粉を加圧成形して焼成する工程と、

該焼成工程後に、前記第2粉体を液体で溶解させて多孔質部材を成形する工程と、

金型内に設置された前記多孔質部材を吸引または溶湯を加圧しながら前記金型内に注湯する工程と、

冷却された後に金型から取り出されたピストンの冠面に切削加工を施す工程と、
を備えた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 4】(補正後)

請求項 1 に記載の内燃機関のピストンにおいて、
前記多孔質部材の空孔率は、60 体積%以上、80 体積%未満であることを特徴とする内燃機関のピストン。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の内燃機関のピストンにおいて、
前記多孔質部材は、少なくともホウ珪酸ガラスを含有して形成されていることを特徴とす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において、
前記母材は、アルミニウム合金であることを特徴とする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、
多孔質部材と母材との間に介在される材料は、塩化ナトリウムであることを特徴とする内燃機関のピストン。

【請求項 8】

請求項 3 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 粉体はホウ珪酸ガラスを含む粉体である一方、第 2 粉体は塩化ナトリウムを含む粉体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 9】(補正後)

請求項 8 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記第 1 粉体と第 2 粉体の重量比率は、ほぼ 54 対 46 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 10】

請求項 3 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記混合粉の焼成は、650℃～750℃の温度で、20～40 分の間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 1 1】

請求項 3 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 2 粉体を、5 0℃～9 5℃の湯中で5 分～3 時間の間で溶解させ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 1 2】

請求項 3 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 2 粉体の平均粒径を8 5 0～1 3 0 0 μm とした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 1 3】

請求項 3 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記金型であって、前記冠面を形成するトップコアは、空孔径が4 μm ～1 2 μm の通気性金型によって構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 1 4】

請求項 1 3 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記トップコアは鉄系金属粉を焼結して形成さ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 1 5】

請求項 1 4 に記載の内燃機関のピストンの製造方法において、
前記鉄系金属粉はステンレス粉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 1 6】

請求項 6 に記載の内燃機関のピストンにおいて、
前記低熱伝導率部は、表面にアルミニウム合金の陽極酸化皮膜で覆われていることを特徴とする内燃機関のピストン。

【請求項 1 7】(補正後)

請求項 3 に記載の内燃機関のピストンにおいて、
前記切削工程後に、表面の前記第 2 粉体を液体で溶解させて多孔質部材を成形する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 18】

請求項 5 に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記多孔質部材は珪酸化合物であり、前記母材はアルミニウム合金であり、かつ、前記珪酸化合物とアルミニウム合金の間の少なくとも一部に塩化ナトリウムを有することを特徴とする内燃機関のピストン。

【請求項 19】

請求項 18 に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記多孔質部材は、表面にアルミニウム合金の陽極酸化皮膜で覆われていることを特徴とする内燃機関のピストン。

【請求項 20】(補正後)

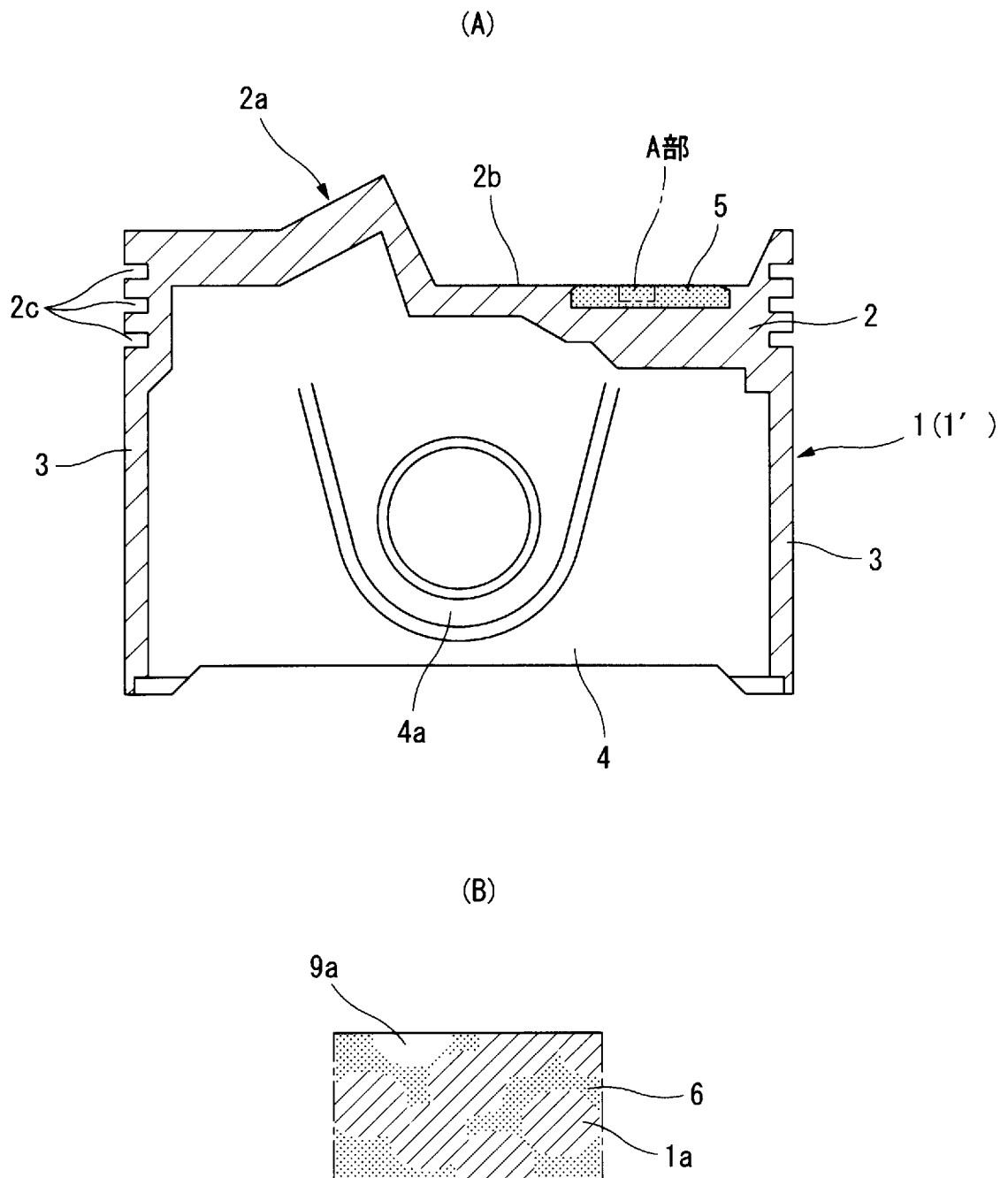
請求項 3 に記載の内燃機関のピストンにおいて、

前記第 1 粉体及び前記第 2 粉体はどちらも融点が 700℃より高いことを特徴とする内燃機関のピストンの製造方法。

条約第19条(1)に基づく説明書

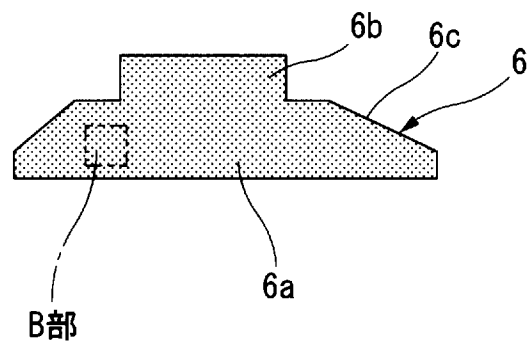
1. 請求の範囲の請求項4の補正では、多孔質部材の空孔率を、「60体積%以上、80体積%未満」と訂正した。
2. 請求の範囲の請求項9の補正では、引用を請求項8に訂正した。
3. 請求の範囲の請求項17, 20の補正では、それぞれの後段の発明の名称「内燃機関のピストン」を「内燃機関のピストンの製造方法」に変更した。

[図1]

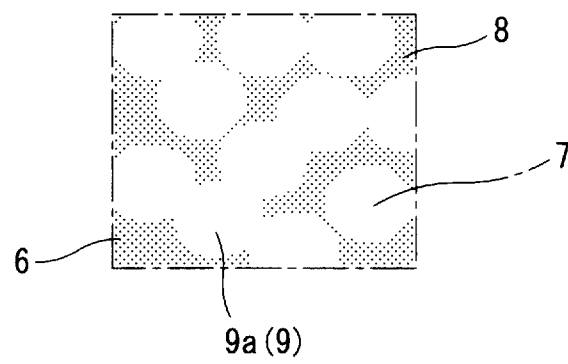


[図2]

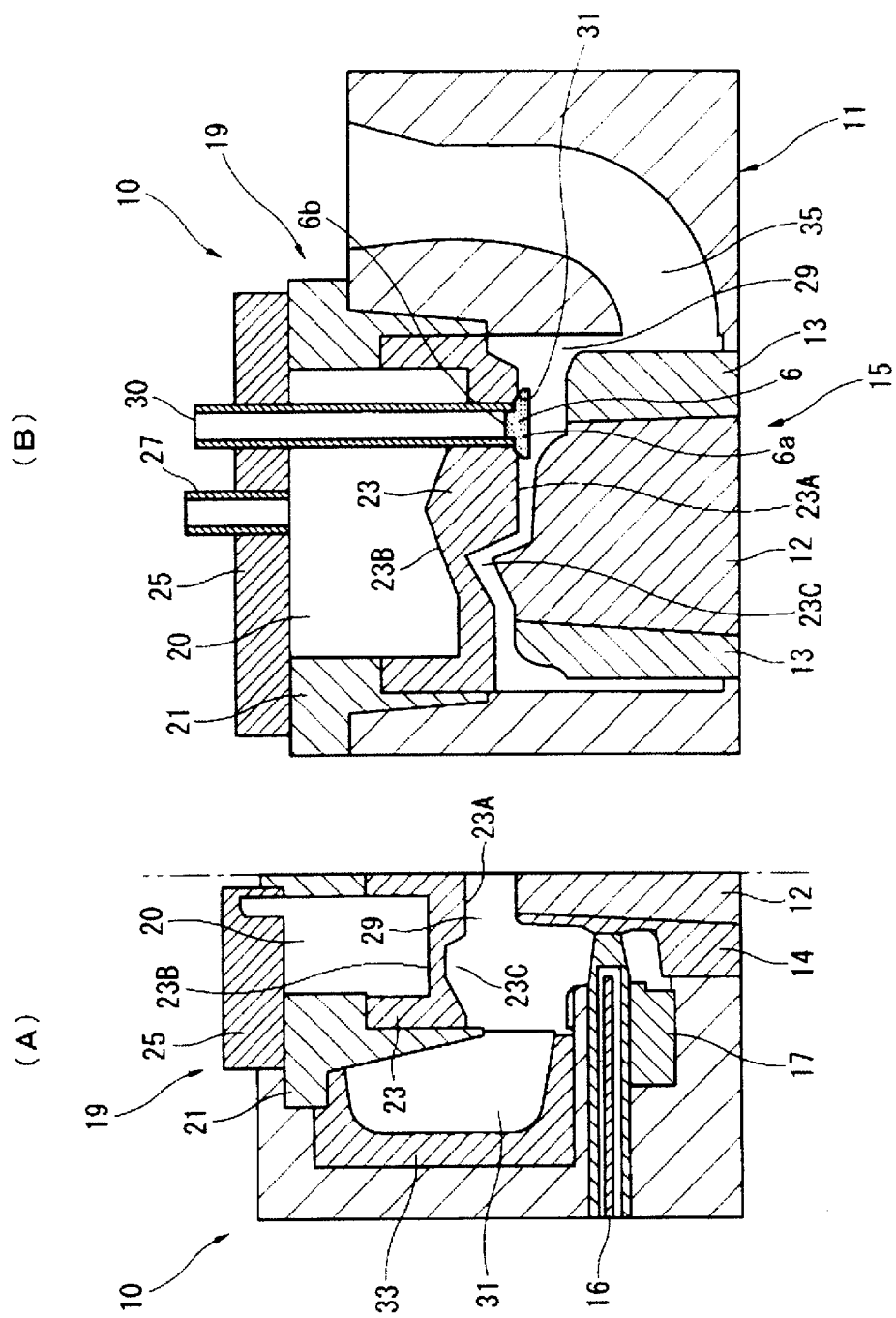
(A)



(B)

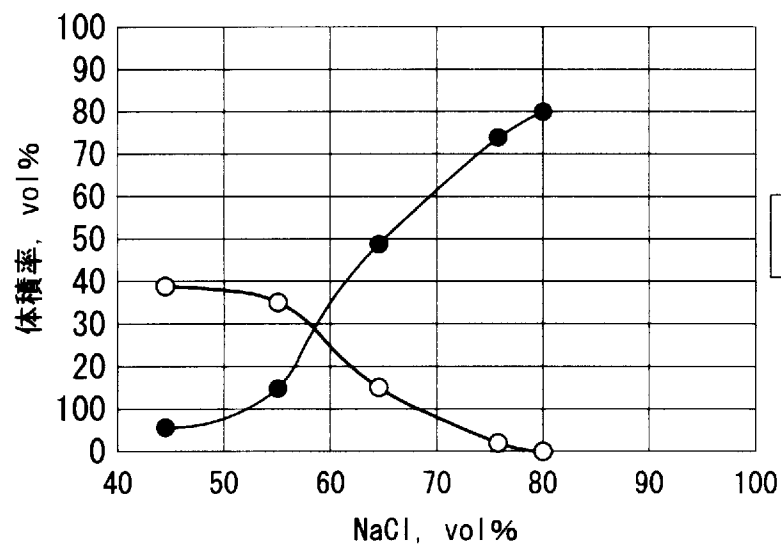


[図3]

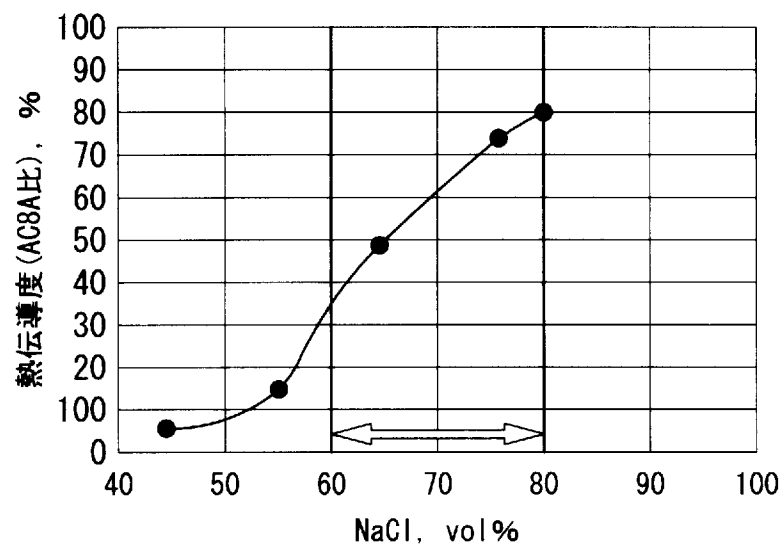


This cross-sectional view shows a mechanical assembly. A central cavity (4) is defined by a bottom surface (4a) and side walls. A circular feature is located within this cavity. The top surface of the assembly includes a sloped section (2a) and a vertical section (2). A protruding feature (6) is located on the top surface, with a top surface (6b) and a side surface (6a). A curved surface (1') is shown on the right side of the assembly. A vertical section (5) is also indicated.

[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/070175

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02F3/14(2006.01)i, F02F3/00(2006.01)i, F02F3/26(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)

F02F3/00-3/26, F16J1/00-1/24

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 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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.
A	JP 62-45964 A (Toyota Motor Corp.), 27 February 1987 (27.02.1987), claims 1 to 2; page 3, lower right column, line 9 to page 4, upper left column, line 9; page 4, upper right column, line 13 to lower right column, line 4; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-20
A	JP 2008-267158 A (Toyota Motor Corp.), 06 November 2008 (06.11.2008), claims; paragraphs [0008] to [0009]; fig. 1 (Family: none)	1-20



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

30 August, 2013 (30.08.13)

Date of mailing of the international search report

10 September, 2013 (10.09.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/070175

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 60-240364 A (Toyota Motor Corp.), 29 November 1985 (29.11.1985), page 3, upper left column, line 7 to lower right column, line 13; all drawings (Family: none)	1-20
A	JP 2012-72747 A (Mazda Motor Corp.), 12 April 2012 (12.04.2012), paragraphs [0034] to [0048]; fig. 4 to 6 (Family: none)	1-20
A	JP 1-108179 A (Carl-Zeiss-Stiftung), 25 April 1989 (25.04.1989), claims 1, 4, 14; page 9, upper right column, 5th line from the bottom & US 4904291 A & EP 308780 A1 & DE 3731649 A	1-20
A	JP 11-193721 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 21 July 1999 (21.07.1999), paragraphs [0018] to [0021], [0030] to [0031]; fig. 1, 12 (Family: none)	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/070175

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions in claims 1 and 2 are both inventions of product that is "a piston for an internal combustion engine" and these inventions share a common technical feature "the base material (of the piston) is impregnated in the inside of a porous substance configured from a glass material and, in at least a part of the space between a porous material and the base material, "sodium chloride or the like or a material that is soluble in water and has a higher melting point than the porous material "is disposed".
(Continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/070175

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

However, the invention in claim 3 relates to "a method for manufacturing a piston for an internal combustion engine" that belongs to a category different from the aforesaid category. In claim 3, moreover, the material of a powder is not specified and, furthermore, it is not specified that a second powder of a porous material (a material forming pores) "is disposed" between the porous material and the base material.

Consequently, it cannot be considered that the inventions of claim 3 and claims 8-15, 17 and 20, which refer to claim 3, in the present application comply with the requirement of unity with respect to the inventions of other claims.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F02F3/14(2006.01)i, F02F3/00(2006.01)i, F02F3/26(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（I P C））

Int.Cl. F02F3/00-3/26, F16J1/00-1/24

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
A	JP 62-45964 A（トヨタ自動車株式会社）1987.02.27, 請求項1～2, 第3頁右下欄9行～第4頁左上欄9行, 第4頁右上欄13行～右下欄4行, 第1～6図 (ファミリーなし)	1 - 2 0
A	JP 2008-267158 A（トヨタ自動車株式会社）2008.11.06, 特許請求の範囲, 【0008】～【0009】, 図1 (ファミリーなし)	1 - 2 0

☒ 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

3 0 . 0 8 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 9 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

今関 雅子

3 G

9 5 2 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 5

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
A	JP 60-240364 A (トヨタ自動車株式会社) 1985. 11. 29, 第3頁左上欄7行～右下欄13行, 全図 (ファミリーなし)	1 - 20
A	JP 2012-72747 A (マツダ株式会社) 2012. 04. 12, 【0034】～【0048】, 図4～6 (ファミリーなし)	1 - 20
A	JP 1-108179 A (カール、ツアイス、ステイフツンク) 1989. 04. 25, 請求項1, 4, 14, 第9頁右上欄下から5行目 & US 4904291 A & EP 308780 A1 & DE 3731649 A	1 - 20
A	JP 11-193721 A (株式会社豊田中央研究所) 1999. 07. 21, 【0018】～【0021】, 【0030】～【0031】, 図1, 12 (ファミリーなし)	1 - 20

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1～2に係る発明は、ともに「内燃機関のピストン」という物の発明であって、「ガラス材からなる多孔質物質の内部に（ピストンの）母材が含浸され、多孔質部材と母材との間の少なくとも一部に」塩化ナトリウム等、または、水溶性かつ多孔質部材よりも融点が高い材料が「介在している」という共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、請求項3に係る発明は、「内燃機関のピストンの製造方法」という上記とは異なるカテゴリーに属し、しかも、粉体の材料の特定も無く、且つ多孔質部材と母材との間に多孔質部材の第2粉体（気孔を形成した材料）が「介在」することをも特定しない。

そうすると、本願の請求項3及びこの請求項を引用する請求項8～15、17、20に係る発明は、他の請求項に係る発明に対し、単一性の要件を満たしているとはいえない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。