

(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
2017年10月5日(05.10.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/169694 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 3/18 (2006.01) *B22C 9/22* (2006.01)
B22C 7/00 (2006.01) *F01L 1/04* (2006.01)
B22C 9/02 (2006.01) *B22C 1/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/009983
- (22) 国際出願日: 2017年3月13日(13.03.2017)
- (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 2016-071932 2016年3月31日(31.03.2016) JP
特願 2016-071933 2016年3月31日(31.03.2016) JP
- (71) 出願人: マツダ株式会社(MAZDA MOTOR CORPORATION) [JP/JP]; 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 Hiroshima (JP).
- (72) 発明者: 朝倉 陽治(ASAKURA, Youji); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 刀祢 英男(TONE, Hideo); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 浅井 晃(ASAI, Akira); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 金村 通宏(KANAMURA, Michihiro); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 古屋 頌一(FURUYA, Shoichi); 〒

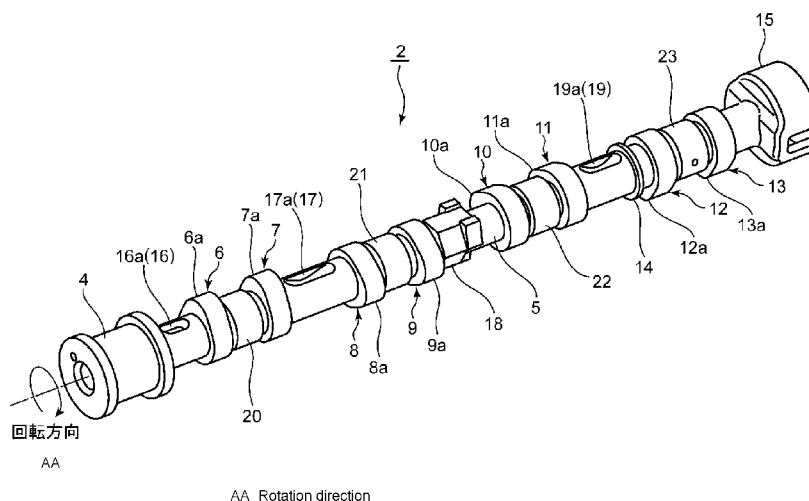
7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP).

- (74) 代理人: 小谷 悦司, 外(KOTANI, Etsuji et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島2丁目2番2号 大阪中之島ビル2階 Osaka (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.
- (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), ユーロパ (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).

[続葉有]

(54) Title: CAM SHAFT FOR ENGINE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: エンジン用カムシャフトおよびその製造方法



(57) Abstract: This exhaust cam shaft 2 is provided with a shaft part (5) and cam parts (6-13) provided on the outer circumference of the shaft part (5). The shaft part (5) has hole parts (16, 17, 19) opening at predetermined positions on the outer circumferential surface of the shaft part (5). The hole parts (16, 17, 19) are formed so as to gradually narrow from the radially outer side of the shaft part (5) towards the center.

(57) 要約: 排気カムシャフト2は、軸部(5)と当該軸部(5)の外周に設けられたカム部(6~13)とを備える。軸部(5)は、当該軸部(5)の外周面の所定位置で開口する孔部(16、17、19)を有する。前記孔部(16、17、19)は、前記軸部(5)の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されている。

WO 2017/169694 A1



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： エンジン用カムシャフトおよびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、エンジン用カムシャフトおよびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、エンジンのカムシャフトには、カムシャフトの軸部が中実に形成されたもの（中実タイプ）と、カムシャフトの軸部が長さ方向全体に亘って中空に形成されたもの（中空タイプ）とが存在し、特許文献１には、中空タイプのカムシャフトの製造方法の一例が開示されている。

[0003] 特許文献１に記載のカムシャフトの製造方法は、砂等からなる崩壊性の主型内に砂等からなる崩壊性の中子を配置することで鋳型を製造する工程と、上記主型と中子との間に形成されるキャビティ内に溶湯を流し込む工程と、溶湯の冷却後に鋳型を崩壊除去する工程とを備えている。また、上記中子には、その外周面から径方向に突出する位置決め用の複数のピンが設けられており、この複数のピンにより、主型内において中子が位置決めされる。

[0004] 特許文献１に記載のカムシャフトの製造方法によれば、中実タイプのカムシャフトと比べて軽量化されたカムシャフトを製造することができるものの、以下の問題が生じる虞がある。

[0005] すなわち、カムシャフトの軸部を中空にするために中子を準備して、これを主型内に配置する必要がある、さらに、主型内に中子を正確に位置決めするために、中子に上記ピンを突設する必要があるため、鋳型の部品点数が増加して、鋳型の製造コストが増加するという問題がある。さらに、主型から脱型されたカムシャフトの軸孔から、ショットブラスト等により中子を崩壊除去する必要があるため、中実タイプと比べてカムシャフトの製造工程が大幅に増加するという問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2014-18833号公報

発明の概要

[0007] 本発明は、軽量でありながら容易に製造することができるエンジン用カムシャフトおよびその製造方法を提供することを目的とする。

[0008] そして、本発明は、軸部と当該軸部の外周に設けられたカム部とを備える鋳造製のエンジン用カムシャフトであって、前記軸部は、当該軸部の外周面の所定位置で開口する孔部を有し、前記孔部は、前記軸部の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されているものである。

[0009] また、本発明は、上記エンジン用カムシャフトの製造方法であって、前記カムシャフトの径方向一方側部分に対応する第1原型構成部と、前記カムシャフトの径方向他方側部分に対応する第2原型構成部とで構成される前記カムシャフトの原型を準備する工程と、前記第1原型構成部を鋳枠内に配置して、当該鋳枠内に鋳造砂を投入して固化させ、当該固化した鋳造砂から前記第1原型構成部を取り外すことにより第1砂型を製造する工程と、前記第2原型構成部を鋳枠内に配置して、当該鋳枠内に鋳造砂を投入して固化させ、当該固化した鋳造砂から前記第2原型構成部を取り外すことにより第2砂型を製造する工程と、前記第1砂型と前記第2砂型とを互いに組み合わせることにより、前記カムシャフトが鋳造されるキャビティを有する鋳型を製造する工程と、前記キャビティ内に溶湯を注いで冷却硬化させる工程と、前記鋳型を崩壊除去することにより、前記鋳型から前記カムシャフトを取り出す工程とを備えるものである。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施形態に係るエンジン用カムシャフト（排気カムシャフトおよび吸気カムシャフト）を備えるシリンダヘッドの平面図である。

[図2]図1に示される排気カムシャフトの斜視図である。

[図3]上記排気カムシャフトの平面図である。

[図4]上記排気カムシャフトの側面図である。

[図5]上記排気カムシャフトの断面図（図3のA-A線断面図）である。

[図6]図 1 に示される吸気カムシャフトの B－B 線断面図である。

[図7A]上記排気カムシャフトの断面図（図 3 の C－C 線断面図）である。

[図7B]上記排気カムシャフトの断面図（図 3 の D－D 線断面図）である。

[図8]鋳型を構成する第 1 砂型を製造する様子を示す断面図である。

[図9]鋳型を構成する第 2 砂型を製造する様子を示す断面図である。

[図10]第 1 砂型と第 2 砂型とを組み合わせで構成される鋳型を示す断面図である。

[図11A]排気カムシャフトの孔部の第 1 変形例を示す断面図である。

[図11B]排気カムシャフトの孔部の第 2 変形例を示す断面図である。

[図11C]排気カムシャフトの孔部の第 3 変形例を示す断面図である。

[図12A]図 1 1 A に示される孔部とカム部のノーズ部との位置関係の一例を示す排気カムシャフトの断面図である。

[図12B]上記孔部の第 4 変形例とカム部のノーズ部との位置関係を示す排気カムシャフトの断面図である。

[図13]排気カムシャフトの軸部が断面 6 角形状に形成された場合の排気カムシャフトの斜視図である。

[図14]図 1 3 に示される排気カムシャフトの原型（軸部）と、第 1 砂型および第 2 砂型との位置関係を示す断面図である。

[図15]吸気カムシャフトの軸部の径方向中央部に中空部が形成され、軸部の外周面に開口する全ての孔部と上記中空部とが連通している場合の吸気カムシャフトを示す断面図である。

[図16A]図 1 5 に示される吸気カムシャフトの E－E 線断面図である。

[図16B]図 1 5 に示される吸気カムシャフトの F－F 線断面図である。

[図17]吸気カムシャフトの軸部の径方向中央部に中空部が形成され、軸部の両端部と当該端部に最も近いカム部との間の区間に形成された孔部と上記中空部とが連通している場合の吸気カムシャフトを示す断面図である。

[図18]図 1 7 に示される吸気カムシャフトの G－G 線断面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、添付図面を参照しながら本発明の好ましい実施形態について詳述する。

[0012] <カムシャフトを備えるエンジンの構造>

本発明の実施形態に係るカムシャフトを備えるエンジンは、直列４気筒の４サイクルディーゼルエンジンであり、図１に示されるように、シリンダブロック（図示略）と、このシリンダブロックの上に組み付けられたシリンダヘッド７２とを備えている。図１に示されるエンジンでは、図示は省略するが、左側から順に、第１気筒、第２気筒、第３気筒、第４気筒の４つの気筒が並んでいる。

[0013] 上記シリンダヘッド７２は、気筒毎に、燃焼室に連通する２つの排気ポートおよび２つの吸気ポートと、各排気ポートを燃焼室から遮断するための排気バルブと、各吸気ポートを燃焼室から遮断するための吸気バルブとを備えており（いずれも図示略）、さらに、各排気バルブを駆動して各排気ポートを所定のタイミングで開閉させる排気バルブ駆動機構７８と、各吸気バルブを駆動して各吸気ポートを所定のタイミングで開閉させる吸気バルブ駆動機構７３と、後述の排気カムシャフト２を回転自在に支持する４つの軸受部２４～２７と、後述の吸気カムシャフト３を回転自在に支持する４つの軸受部７４～７７とを備えている。

[0014] 排気バルブ駆動機構７８は、排気カムシャフト２を備え、吸気バルブ駆動機構７３は、吸気カムシャフト３を備えている。これら排気カムシャフト２および吸気カムシャフト３は、チェーンおよびスプロケット等から構成される周知の動力伝達機構を介してクランクシャフトに連結されている。さらに、排気バルブ駆動機構７８は、排気バルブを閉方向に付勢するリターンスプリング（図示略）を備え、吸気バルブ駆動機構７３は、吸気バルブを閉方向に付勢するリターンスプリング（図示略）を備えている。上記排気カムシャフト２および上記吸気カムシャフト３は、それぞれ、クランクシャフトの駆動力により、リターンスプリングの付勢力に抗して排気バルブおよび吸気バルブを開弁させる。これら排気カムシャフト２および吸気カムシャフト３は

、本発明の「エンジン用カムシャフト」に相当する。

[0015] <排気カムシャフトの構造>

図1～3に示されるように、上記排気カムシャフト2は、気筒列方向に延びる円柱状の軸部5と、この軸部5の外周に一体に設けられた8つのカム部（図1の左側から順に、第1カム部6、第2カム部7、第3カム部8、第4カム部9、第5カム部10、第6カム部11、第7カム部12、および第8カム部13）と、上記軸部5の外周に一体に設けられ、上記軸受部24～27にそれぞれ回転自在に支持されるジャーナル部20～23（図2参照）と、タイミングチェーンが巻き掛けられるスプロケット（図示略）が取り付けられ、上記軸部5の一方側の端部に一体に設けられるスプロケット取付部4と、上記軸部5の他方側の端部に一体に設けられ、燃料ポンプの駆動軸（図示略）が連結されるオルダムカップリング部15とを備えている。図1に示される例では、排気カムシャフト2は、左側から見て時計回り方向（右回り方向）に回転する。

[0016] 上記排気カムシャフト2において、上記第1カム部6と上記第2カム部7は、各々、第1気筒に対応して設けられる偏心カムであり、これらは上記ジャーナル部20を介して互いに隣接している（図2～4参照）。そして、これら第1カム部6、第2カム部7、およびジャーナル部20は、第1気筒の上方かつ排気側に位置している。同様に、上記第3カム部8と上記第4カム部9は、各々、第2気筒に対応して設けられる偏心カムであり、これらは上記ジャーナル部21を介して互いに隣接している。そして、これら第3カム部8、第4カム部9、およびジャーナル部21は、第2気筒の上方かつ排気側に位置している。上記第5カム部10と上記第6カム部11は、各々、第3気筒に対応して設けられる偏心カムであり、これらは上記ジャーナル部22を介して互いに隣接している。そして、これら第5カム部10、第6カム部11、およびジャーナル部22は、第3気筒の上方かつ排気側に位置している。上記第7カム部12と上記第8カム部13は、各々、第4気筒に対応して設けられる偏心カムであり、これらは上記ジャーナル部23を介して互

いに隣接している。そして、これら第7カム部12、第8カム部13、およびジャーナル部23は、第4気筒の上方かつ排気側に位置している。上記カム部6～13は、それぞれ、ベース円から径方向外側に突出する1つのノーズ部6a～13a（図2参照）を備えている。

[0017] なお、本実施形態におけるエンジンは、各気筒の爆発順序が、第1気筒→第3気筒→第4気筒→第2気筒とされており、これに伴い、排気カムシャフト2のカム部6～13は、排気カムシャフト2の90°回転ごとに、上記の爆発順序で排気バルブを開弁するように、互いに位相差を有して設けられている（図2参照）。

[0018] 上記排気カムシャフト2の軸部5は、上記スプロケット取付部4と第1カム部6との間の区間（本発明の「第1区間」に相当する。以下の説明において「第1区間」と称する場合がある）に位置する孔部16と、上記第2カム部7と上記第3カム部8との間の区間（本発明の「第2区間」に相当する。以下の説明において「第2区間」と称する場合がある）に位置する孔部17と、上記第4カム部9と上記第5カム部10との間に位置する回転角度調節部18と、上記第6カム部11と上記第7カム部12との間の区間（本発明の「第2区間」に相当する。以下の説明において「第2区間」と称する場合がある）に位置する孔部19およびカムシャフト識別リング14とを有している。

[0019] 上記孔部16は、図5及び図7Aに示されるように、軸部5の径方向一方側の所定位置で開口する第1孔部16aと、軸部5の径方向他方側の所定位置で開口する第2孔部16bとを備えている。上記第1孔部16aおよび上記第2孔部16bは、各々、軸部5の長さ方向に延びており、軸部5の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されている。より具体的には、孔部16aおよび孔部16bは、各々、軸部5の外周面において、軸部5の長さ方向に延びる長方形の両端部に半円を組み合わせた形状で開口する開口部16eと、この開口部16eと略同じ形状で当該開口部16eの開口面積よりも小さい面積を有する略平坦な底部16dと、上記開口部16e

と上記底部 16 d とを繋ぐ周壁部 16 c とを有している。上記底部 16 d は長さ方向全体に亘って略同じ深さを有しており、周壁部 16 c と底部 16 d との境界部は曲面状に形成されている。

[0020] そして、第 1 孔部 16 a は、軸部 5 の中心線に対して第 2 孔部 16 b とは対称となる位置で、第 2 孔部 16 b と同一の大きさで同一形状に形成されている。また、第 1 孔部 16 a は、第 1 カム部 6 のノーズ部 6 a の頂点側、具体的には当該頂点と位相（回転位相）が同じ位置に形成され、第 2 孔部 16 b は、第 1 カム部 6 のノーズ部 6 a とは反対側、具体的にはノーズ部 6 a の頂点とは位相が略 180° 異なる位置に形成されている。上記第 1 孔部 16 a および上記第 2 孔部 16 b は、本発明の「第 1 除肉部」に相当する。以下の説明では、これらの孔部 16 a, 16 b を「第 1 除肉部」と称する場合がある。

[0021] 上記孔部 17 は、図 5 及び図 7 B に示されるように、軸部 5 の径方向一方側の所定位置で開口する第 1 孔部 17 a と、軸部 5 の径方向他方側の所定位置で開口する第 2 孔部 17 b とを備えている。上記第 1 孔部 17 a および上記第 2 孔部 17 b は、各々、軸部 5 の長さ方向に延びており、軸部 5 の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されている。

[0022] より具体的には、第 1 孔部 17 a および第 2 孔部 17 b は、各々、軸部 5 の外周面において、軸部 5 の長さ方向に延びる長方形の両端部に半円を組み合わせた形状の開口部 17 e と、この開口部 17 e よりも狭い幅で軸部 5 の長さ方向に延びてその長さ方向両端部から中央部にかけて次第に深くなる（径方向中心に近づく）ように形成され、換言すれば、軸部 5 の長さ方向中央部から長さ方向両端部にかけて次第に浅くなるように形成され、長さ方向両端部が上記開口部 17 e と連続する断面略 V 字状のスロープ部 17 d と、このスロープ部 17 d の幅方向両端部から立ち上がり、上記開口部 17 e の幅方向端部と連続する側壁部 17 c とを有している。上記スロープ部 17 d の底部（V 字の下端部）は曲面状に形成されており、当該底部の深さ（第 1 孔部 17 a および第 2 孔部 17 b の各々の最深部の深さ）は、上記第 1 孔部 1

6 a および第2孔部16 bの深さと略同じに設定されている。つまり、第2カム部7と第3カム部8との間の区間における軸部5の径（直径）は、スプロケット取付部4と第1カム部6との間の区間における軸部5の径よりも大きく設定されており、しかも、第1孔部17 aおよび第2孔部17 bにおけるスロープ部17 dの底部が曲面状に形成されて当該底部に応力集中が生じにくくなっている。このため、第2カム部7と第3カム部8との間の区間における軸部5の強度は、スプロケット取付部4と第1カム部6との間の区間における軸部5の強度よりも大きくなっている。

[0023] そして、第1孔部17 aは、軸部5の中心線に対して第2孔部17 bとは対称となる位置で、第2孔部17 bと同一の大きさで同一形状に形成されている。また、第1孔部17 aは、第3カム部8のノーズ部8 aの頂点に対して位相が略90°遅れた位置に形成され、第2孔部17 bは、第3カム部8のノーズ部8 aの頂点に対して位相が略90°進んだ位置に形成されている。上記第1孔部17 aおよび上記第2孔部17 bは、本発明の「第2除肉部」に相当する。以下の説明では、これらの孔部17 a, 17 bを「第2除肉部」と称する場合がある。

[0024] 上記回転角度調節部18は、軸部5の外周から径方向外側に突出する断面六角形状（正六角形）の部分である。この回転角度調節部18は、エンジン点検時等にスパナと係合されて用いられるものである。すなわち、エンジンの点検時等において、スパナの先端開口部に回転角度調節部18を係合させてスパナを回転させることにより、軸部5を回転させて排气バルブで排气ポートを閉じることができ、これにより、エンジン点検時等に排气ポートから埃などの異物が侵入するのを防止することができる。

[0025] 上記孔部19は、図5に示されるように、軸部5の径方向一方側の所定位置で開口する第1孔部19 aと、軸部5の径方向他方側の所定位置で開口する第2孔部19 bとを備えている。第1孔部19 aおよび第2孔部19 bは、軸部5の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されており、より具体的には、上記孔部17 aおよび孔部17 bと同様に断面略V字

状に形成されているが、カムシャフト識別リング14との干渉を避けるために、上記孔部17aおよび孔部17bよりも軸部5の長さ方向に短く形成されている。また、第1孔部19aは、第6カム部11のノーズ部11a（図2参照）の頂点に対して位相が略90°進んだ位置に形成され、第2孔部19bは、第6カム部11のノーズ部11aの頂点に対して位相が略90°遅れた位置に形成されている。

[0026] 上記第2カム部7と上記第3カム部8との間の区間と同様に、第6カム部11と第7カム部12との間の区間における軸部5の径（直径）は、スプロケット取付部4と第1カム部6との間の区間における軸部5の径よりも大きく設定されており、しかも、第1孔部19aおよび第2孔部19bにおけるスロープ部の底部が曲面状に形成されて当該底部に応力集中が生じにくくなっている。このため、第6カム部11と第7カム部12との間の区間における軸部5の強度は、スプロケット取付部4と第1カム部6との間の区間における軸部5の強度よりも大きくなっている。上記第1孔部19aおよび上記第2孔部19bは、本発明の「第2除肉部」に相当する。以下の説明では、これらの孔部19a、19bを「第2除肉部」と称する場合がある。

[0027] 上記カムシャフト識別リング14は、軸部5の外周から径方向外側にリング状に突出する部分である。軸部5の長さ方向におけるカムシャフト識別リング14の配設位置は、車種別に異なっており、エンジンの組み立て時にカムシャフト識別センサがカムシャフト識別リング14の位置を読み取ることにより、エンジン組み立て装置が排気カムシャフト2の対応車種等を識別できるようにになっている。

[0028] なお、図5に示されるように、スプロケット取付部4の径方向中心部には、その軸方向（長さ方向）に延びる孔部45が形成されている。また、オルダムカップリング部15には、その内部を軸方向（長さ方向）に貫く孔部43が形成され、さらに、軸部5のうち、オルダムカップリング部15側の端部からジャーナル部23に対応する部分に亘って、その長さ方向に延びて上記孔部43と連通する孔部44が形成されている。

[0029] <吸気カムシャフトの構造>

図1及び図4に示されるように、上記吸気カムシャフト3は、気筒列方向に延びる円柱状の軸部48と、この軸部48の外周に一体に設けられた8つのカム部（図1の左側から順に、第1カム部30、第2カム部31、第3カム部32、第4カム部33、第5カム部34、第6カム部35、第7カム部36、および第8カム部37）と、上記軸部48の外周に一体に設けられ、上記軸受部74～77にそれぞれ回転自在に支持されるジャーナル部49～52（図6参照）と、タイミングチェーンが巻き掛けられるスプロケット（図示略）が取り付けられ、上記軸部48の一方側の端部に一体に設けられるスプロケット取付部28と、燃料ポンプの駆動軸（図示略）が連結され、上記軸部48の他方側の端部に一体に設けられるオルダムカップリング部90とを備えている。図1に示される例では、吸気カムシャフト3は、左側から見て反時計回り方向（左回り方向）に回転する。

[0030] 上記吸気カムシャフト3において、上記第1カム部30と上記第2カム部31は、各々、第1気筒に対応して設けられる偏心カムであり、これらは上記ジャーナル部49（図6参照）を介して互いに隣接している。そして、これら第1カム部30、第2カム部31、およびジャーナル部49は、第1気筒の上方かつ吸気側に位置している。上記第3カム部32と上記第4カム部33は、各々、第2気筒に対応して設けられる偏心カムであり、これらは上記ジャーナル部50を介して互いに隣接している。そして、これら第3カム部33、第4カム部34、およびジャーナル部50は、第2気筒の上方かつ吸気側に位置している。上記第5カム部34と上記第6カム部35は、各々、第3気筒に対応して設けられる偏心カムであり、これらは上記ジャーナル部51を介して互いに隣接している。そして、これら第5カム部34、第6カム部35、およびジャーナル部51は、第3気筒の上方かつ吸気側に位置している。上記第7カム部36と上記第8カム部37は、各々、第4気筒に対応して設けられる偏心カムであり、これらは上記ジャーナル部52を介して互いに隣接している。そして、これら第7カム部36、第8カム部37、

およびジャーナル部52は、第4気筒の上方かつ吸気側に位置している。上記カム部30～37は、それぞれ、ベース円から径方向外側に突出する1つのノーズ部30a～37a（図1，6参照）を備えている。

[0031] なお、上述のように、各気筒の爆発順序が、第1気筒→第3気筒→第4気筒→第2気筒となっていることに伴い、吸気カムシャフト3のカム部30～37は、吸気カムシャフト3の90°回転ごとに、上記の爆発順序で吸気バルブを開弁するように、互いに位相差を有して設けられている。

[0032] 上記吸気カムシャフト3の軸部48は、上記スプロケット取付部28と第1カム部30との間の区間（本発明の「第1区間」に相当する。以下の説明において「第1区間」と称する場合がある）に位置する孔部38と、上記第2カム部31と上記第3カム部32との間の区間（本発明の「第2区間」に相当する。以下の説明において「第2区間」と称する場合がある）に位置するカムシャフト識別リング53および孔部39と、上記第4カム部33と上記第5カム部34との間に位置する回転角度調節部40と、上記第6カム部35と上記第7カム部36との間の区間（本発明の「第2区間」に相当する。以下の説明において「第2区間」と称する場合がある）に位置する孔部41と、上記第8カム部37と上記オルダムカップリング部90との間の区間（本発明の「第1区間」に相当する。以下の説明において「第1区間」と称する場合がある）に位置する孔部42とを有している。

[0033] 上記孔部38は、図6に示されるように、軸部48径方向一方側の所定位置で開口する第1孔部38aと、軸部48の径方向他方側の所定位置で開口する第2孔部38bとを備えている。上記第1孔部38aおよび上記第2孔部38bは、各々、軸部48の長さ方向に延びており、排気カムシャフト2の上記孔部16と同様に、軸部48の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されている。また、第1孔部38aは、第1カム部30のノーズ部30aの頂点側、具体的には当該頂点と位相が略同じ位置に形成され、第2孔部38bは、第1カム部30のノーズ部30aとは反対側、具体的にはノーズ部30aの頂点とは位相が略180°異なる位置に形成されて

いる。上記第1孔部38aおよび上記第2孔部38bは、本発明の「第1除肉部」に相当する。以下の説明では、これらの孔部38a, 38bを「第1除肉部」と称する場合がある。

[0034] 上記孔部39は、図6に示されるように、軸部48の径方向一方側の所定位置で開口する第1孔部39aと、軸部48の径方向他方側の所定位置で開口する第2孔部39bとを備えている。上記第1孔部39aおよび上記第2孔部39bは、各々、軸部48の長さ方向に延びており、排気カムシャフト2の上記孔部17と同様に、軸部48の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されている。なお、第1孔部39aおよび第2孔部39bは、カムシャフト識別リング53との干渉を避けるために、排気カムシャフト2の上記孔部17aおよび孔部17bよりも短く形成されている。また、第1孔部39aは、第3カム部32のノーズ部32a（図1参照）の頂点に対して位相が略90°遅れた位置に形成され、第2孔部39bは、第3カム部32のノーズ部32aの頂点に対して位相が略90°進んだ位置に形成されている。上記第1孔部39aおよび上記第2孔部39bは、本発明の「第2除肉部」に相当する。以下の説明では、これらの孔部39a, 39bを「第2除肉部」と称する場合がある。

[0035] 上記孔部41は、図6に示されるように、軸部48の径方向一方側の所定位置で開口する第1孔部41aと、軸部48の径方向他方側の所定位置で開口する第2孔部41bとを備えている。第1孔部41aおよび第2孔部41bは、各々、軸部48の長さ方向に延びており、排気カムシャフト2の上記孔部19と同様に、軸部48の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されている。また、第1孔部41aは、第6カム部35のノーズ部35a（図1参照）の頂点に対して位相が略90°進んだ位置に形成され、第2孔部41bは、第6カム部35のノーズ部35aの頂点に対して位相が略90°遅れた位置に形成されている。上記第1孔部41aおよび上記第2孔部41bは、本発明の「第2除肉部」に相当する。以下の説明では、これらの孔部41a, 41bを「第2除肉部」と称する場合がある。

[0036] 上記孔部42は、図6に示されるように、軸部48の径方向一方側の所定位置で開口する第1孔部42aと、軸部48の径方向他方側の所定位置で開口する第2孔部42bとを備えている。第1孔部42aおよび第2孔部42bは、各々、軸部48の長さ方向に延びており、上記孔部41と同様に、軸部48の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されている。なお、第1孔部42aおよび第2孔部42bは、上記孔部41aおよび孔部41bよりも軸部48の長さ方向に短く形成されている。また、第1孔部42aは、第8カム部37のノーズ部37aの頂点とは位相が略180°異なる位置に形成され、第2孔部42bは、第8カム部37のノーズ部37aの頂点とは位相が略同じ位置に形成されている。上記第1孔部42aおよび上記第2孔部42bは、本発明の「第1除肉部」に相当する。以下の説明では、これらの孔部42a、42bを「第1除肉部」と称する場合がある。

[0037] なお、図1に符号61、60、62で示される孔部は、それぞれ、第1気筒に対応する吸気バルブの軸部が挿通される孔部、排気バルブの軸部が挿通される孔部、燃料噴射弁が設けられる孔部である。同様に、符号64、63、65で示される孔部は、それぞれ、第2気筒に対応する吸気バルブの軸部が挿通される孔部、排気バルブの軸部が挿通される孔部、燃料噴射弁が設けられる孔部である。また、符号67、66、68で示される孔部は、それぞれ、第3気筒に対応する吸気バルブの軸部が挿通される孔部、排気バルブの軸部が挿通される孔部、燃料噴射弁が設けられる孔部である。そして、符号91、69、71で示される孔部は、第4気筒に対応する吸気バルブの軸部が挿通される孔部、排気バルブの軸部が挿通される孔部、燃料噴射弁が設けられる孔部である。

[0038] なお、図6に示されるように、スプロケット取付部28の径方向中心部には、その軸方向（長さ方向）に延びる孔部46が形成されている。また、オルダムカップリング部90には、その内部を軸方向（長さ方向）に貫く孔部47が形成されている。

[0039] <排気カムシャフトの製造方法>

次に、上記排気カムシャフト2の製造方法について、図8～10を参照しつつ説明する。なお、上記吸気カムシャフト3の製造方法については、排気カムシャフト2の製造方法と同様なので、その説明を省略する。

[0040] 排気カムシャフト2の製造方法は、概略的には、原型83を準備し、この原型83と鑄造砂とを用いて鑄造用の鑄型84（図10参照）を製造し、この鑄型84を用いて排気カムシャフト2を鑄造する、という一連の工程を備える。原型83は、径方向一方側部分80a（図8参照）と径方向他方側部分80b（図9参照）とに分割可能であり、これらを組み合わせた状態で排気カムシャフト2と同一形状をなすカムシャフト原型部80（図8，9参照）を有する。

[0041] 以下、排気カムシャフト2の製造方法の各工程について詳細に説明する。

[0042] （原型準備工程）

まず、上記カムシャフト原型部80（図8，9参照）と、鑄型84の押湯部57（図10参照）を形成するための押湯部形成部81（図8，9参照）と、鑄型84の注湯部92（図10参照）を形成するための注湯部形成部82（図8，9参照）とを有し、第1原型構成部83a（図8参照）と第2原型構成部83b（図9参照）とに分割可能な原型83を準備する。押湯部形成部81は、径方向一方側部分81a（図8参照）と径方向他方側部分81b（図9参照）とに分割可能な構成を有し、注湯部形成部82は、径方向一方側部分82a（図8参照）と径方向他方側部分82b（図9参照）とに分割可能な構成を有する。

[0043] 原型83の軸部85は、当該軸部85の外周面の所定位置で開口する孔部57a，57b，57c（図8参照），59a，59b，59c（図9参照）を有している。そして、これら孔部57a，57b，57c，59a，59b，59cは、原型83の軸部85の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されている。なお、原型83の孔部57a，57b，57c，59a，59b，59cは、それぞれ、排気カムシャフト2の孔部16a，17a，19a，16b，17b，19bに対応している。

[0044] 図8に示される例では、原型83の第1原型構成部83aは、カムシャフト原型部80の径方向一方側部分80aと、押湯部形成部81の径方向一方側部分81aと、注湯部形成部82の径方向一方側部分82aとを有する。カムシャフト原型部80における径方向一方側部分80aの軸部85aは、上記孔部57a, 57b, 57cを有している。第1原型構成部83aは、その分割面Paを下側にして後述の第1鑄枠56内に配置された状態で、各孔部57a, 57b, 57cが真上に向かって開口するように形成されている。

[0045] また、図9に示される例では、原型83の第2原型構成部83bは、カムシャフト原型部80の径方向他方側部分80bと、押湯部形成部81の径方向他方側部分81bと、注湯部形成部82の径方向他方側部分82bとを有する。カムシャフト原型部80の径方向他方側部分80bの軸部85bは、上記孔部59a, 59b, 59cを有している。第2原型構成部83bは、その分割面Pbを下側にして後述の第2鑄枠58内に配置された状態で、各孔部59a, 59b, 59cが真上に向かって開口するように形成されている。

[0046] (第1砂型製造工程)

原型83を準備した後に、図8に示されるように、原型83の第1原型構成部83aを第1鑄枠56内に配置する。その際に、第1原型構成部83aは、各孔部57a, 57b, 57cが真上に向かって開口するように、その分割面Paを下側にして第1鑄枠56内に配置される。そして、上記第1鑄枠56内に鑄造砂を投入する。この鑄造砂は、加熱することにより硬化する自硬性の鑄造砂であり、骨材である砂に熱硬化性樹脂からなる粘結剤と各種添加剤とを配合することにより構成されたものである。

[0047] 鑄造砂の投入後に、この鑄造砂を加熱することにより当該鑄造砂を硬化させる。そして、その硬化した鑄造砂から原型83の第1原型構成部83aを抜き取り、さらに、当該硬化した鑄造砂から第1鑄枠56を取り外すことにより、硬化した鑄造砂からなる第1砂型84aを製造する。なお、硬化した

鑄造砂から第1原型構成部83aおよび第1鑄枠56を取り外す順序は、同時でもよいし、どちらが先でもよい。

[0048] ここで、原型83の第1原型構成部83aの孔部57a, 57b, 57cは、軸部85の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成され、しかも、上記第1原型構成部83aは、孔部57a, 57b, 57cが真上に向かって開口するように第1鑄枠56内に配置されているので、孔部57a, 57b, 57c内で硬化した鑄造砂がこれら孔部57a, 57b, 57cに引っ掛ることなく、硬化した鑄造砂から原型83の第1原型構成部83aを抜き取り、硬化した鑄造砂からなる第1砂型84aを製造することができる。

[0049] (第2砂型製造工程)

上記第1原型構成部83aと同様に、図9に示されるように、原型83の第2原型構成部83bを第2鑄枠58内に配置し、第2鑄枠58内に鑄造砂を投入してこれを加熱硬化させ、その硬化した鑄造砂から第2原型構成部83bを抜き取る。さらに、当該硬化した鑄造砂から第2鑄枠58を取り外すことにより、硬化した鑄造砂からなる第2砂型84bを製造する。第2砂型84bを製造する際においても、第1砂型84aを製造する場合と同様に、孔部59a, 59b, 59c内で硬化した鑄造砂がこれら孔部59a, 59b, 59cに引っ掛ることなく、硬化した鑄造砂から第2原型構成部83bを抜き取り、硬化した鑄造砂からなる第2砂型84bを製造することができる。なお、硬化した鑄造砂から第2原型構成部83bおよび第2鑄枠58を取り外す順序は、同時でもよいし、どちらが先でもよい。

[0050] (鑄型製造工程)

第1砂型84aと第2砂型84bとを製造した後に、これらを互いに組み合わせることにより、排気カムシャフト2が鑄造されるキャビティ56(図10参照)を有する鑄型84を製造する。

[0051] (注湯工程)

次いで、注湯部92(図10参照)に排気カムシャフト2の材料となる金

属の溶湯を注ぎ込むことにより、押湯部 5 7 を経由して上記キャビティ 5 6 内に溶湯を流し込み、その溶湯を冷却硬化させる。

[0052] (カムシャフト取り出し工程)

次いで、鋳型 8 4 を崩壊除去することにより、鋳型 8 4 から排気カムシャフト 2 を取り出して、排気カムシャフト 2 を製造する。

[0053] <本実施形態の作用効果>

本実施形態に係る排気カムシャフト 2 およびその製造方法によれば、以下の作用効果を奏することができる。なお、吸気カムシャフト 3 およびその製造方法においても、同様の作用効果が奏されるが、重複するのでその説明は省略する。

[0054] 本実施形態によれば、図 5 に示されるように、排気カムシャフト 2 の軸部 5 は、軸部 5 の外周面の所定位置で開口する孔部 1 6 a, 1 7 a, 1 9 a, 1 6 b, 1 7 b, 1 9 b を有するので、これらの孔部 1 6 a 等を設けない場合と比べて、孔部 1 6 a 等の容積に相当する重量分だけ、排気カムシャフト 2 を軽量化することができる。

[0055] しかも、上記孔部 1 6 a, 1 7 a, 1 9 a, 1 6 b, 1 7 b, 1 9 b は、排気カムシャフト 2 の軸部 5 の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されているので、排気カムシャフト 2 を鋳造するための鋳型 8 4 (図 1 0 参照) を確実に製造し、その鋳型 8 4 を用いて排気カムシャフト 2 を良好に鋳造することができる。

[0056] 以下に詳しく説明する。鋳型 8 4 は、排気カムシャフト 2 の径方向一方側部分に対応する第 1 原型構成部 8 3 a と、排気カムシャフト 2 の径方向他方側部分に対応する第 2 原型構成部 8 3 b とに分割可能な原型 8 3 を用いて製造される。具体的には、原型 8 3 の上記第 1 原型構成部 8 3 a を第 1 鋳枠 5 6 内に配置した状態で (図 8 参照)、その第 1 鋳枠 5 6 内に鋳造砂を投入してこれを硬化させ、その硬化した鋳造砂から上記第 1 原型構成部 8 3 a および第 1 鋳枠 5 6 を取り外すことにより、第 1 砂型 8 4 a を製造する。同様に、原型 8 3 の上記第 2 原型構成部 8 3 b を第 2 鋳枠 5 8 内に配置した状態で

(図9参照)、その第2鋳枠58内に鋳造砂を投入してこれを硬化させ、その硬化した鋳造砂から上記第2原型構成部83bおよび第2鋳枠58を取り外すことにより、第2砂型84bを製造する。そして、上記第1砂型84aと上記第2砂型84bとを互いに組み合わせることにより、上記鋳型84を製造する(図10参照)。

[0057] ここで、排気カムシャフト2の孔部16a, 17a, 19a, 16b, 17b, 19bは、排気カムシャフト2の軸部5の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されている。これにより、原型83の孔部57a, 57b, 57c, 59a, 59b, 59cも、軸部85の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されている。そして、原型83の孔部57a, 57b, 57c, 59a, 59b, 59cの窄まり形状が抜き勾配の役割を果たすため、第1砂型84aを製造する工程において、硬化した鋳造砂から上記第1原型構成部83aを容易に取り外して、第1砂型84aを製造することができる。上記第2砂型84bを製造する場合も同様である。従って、これら第1砂型および第2砂型を用いて、上記孔部16a, 17a, 19a, 16b, 17b, 19bを有する排気カムシャフト2を確実に鋳造することができる。しかも、特許文献1に記載されているような中子を使用する必要がなく、中子を主型に対して正確に位置決めするための鋳型部品も必要としない。そのため、排気カムシャフト2を鋳造する際に、鋳型の部品点数を減らすことができ、排気カムシャフト2を容易に製造することができる。

[0058] また、本実施形態によれば、排気カムシャフト2の第1孔部16aは、排気カムシャフト2の軸部中心線に対して第2孔部16bとは対称となる位置で、第2孔部16bと同一形状に形成されている。そのため、排気カムシャフト2の径方向一方側と径方向他方側とに、孔部16a, 16bをバランスよく配置することができ、軸部5の強度を径方向一方側と径方向他方側とでバランスよく確保することができる。

[0059] さらに、以下の理由により、排気カムシャフト2の軸部5の変形を効果的

に抑制することができるという利点がある。すなわち、軸部5がカム部6～13から力を受けることにより当該軸部5に発生する応力（軸部5を振じろうとする応力、および軸部5を曲げようとする応力）は、軸方向（長さ方向）の位置に応じて異なっており、具体的には、上記第2区間（カム部7とカム部8との間、および、カム部11とカム部12との間）で発生する応力の方が、上記第1区間（スプロケット取付部4とカム部6との間）で発生する応力よりも大きい。これは、軸部5においてカム部6～13からの距離が近い部分程、当該カム部6～13から伝わる力が大きくなり、さらに、上記第1区間ではその軸方向一方側のみから上記の力が伝わるのに対し、上記第2区間ではその軸方向両側から上記の力が伝わるためである。

[0060] この点に関し、本実施形態では、上記第1除肉部（孔部16a, 16b）および上記第2除肉部（孔部17a, 17b, 19a, 19b）は、上記第2区間（第2カム部7と第3カム部8との間）における軸部5の強度が、上記第1区間（スプロケット取付部4と第1カム部6との間）における軸部5の強度よりも大きくなるように形成されている。そのため、上記第2区間において上記第1区間よりも大きな応力が発生しても、上記第2区間における軸部5の変形を抑制することができる。これにより、気筒間でバルブリフト量にばらつきが生じる等の不都合が生じるのを効果的に抑制することができる。

[0061] また、本実施形態においては、上記第1除肉部（孔部16a, 16b）および上記第2除肉部（孔部17a, 17b, 19a, 19b）は、各々、軸部5の外周面に開口する非貫通孔であるため、これら除肉部を容易に形成することができる。しかも、上記第2除肉部の深さは、上記第1除肉部の深さよりも浅いので、上記第2区間（第2カム部7と第3カム部8との間）における軸部5の強度を、上記第1区間（スプロケット取付部4と第1カム部6との間）における軸部5の強度よりも容易かつ確実に大きくすることができる。

[0062] しかも、上記第1除肉部は、その長さ方向において深さが一定であるため

、上記第1区間のうち、第1除肉部が形成されている区間における軸部5の強度を略一定にすることができる。一方、上記第2除肉部は、カム部7、8に近い位置ではその深さが浅くなっているため、上記第2区間（第2カム部7と第3カム部8との間）のうち、応力が比較的大きい位置（カム部7、8に近い位置）における軸部5の強度を、応力が比較的小さい位置（カム部7、8から遠い位置）における軸部5の強度よりも大きくすることができ、これにより、第2区間における軸部5の強度を、第1区間における軸部5の強度よりも、容易に大きくすることができる。

[0063] <他の実施形態>

以上、排気カムシャフト2、吸気カムシャフト3、およびその製造方法の実施形態について説明したが、以下のように実施形態を変更することも可能である。

[0064] 上記実施形態では、第1孔部16aの深さと第2孔部16bの深さが同じに設定されているが（図7A参照）、第2孔部16aの深さが第1孔部16bの深さよりも浅く設定されてもよい。この場合には、軸部5に作用する応力に応じた適切な深さに孔部16a、16bを形成することができ、軸部5の変形を抑制することができる。同様に、上記実施形態に係る吸気カムシャフト3では、第1孔部38aの深さと第2孔部38bの深さが同じに設定されているが（図6参照）、第2孔部38aの深さが第1孔部38bの深さよりも浅く設定されてもよい。この場合には、軸部48に生じる応力に応じた適切な深さに孔部38a、38bを形成することができ、軸部5の変形を抑制することができる。

[0065] また、上記実施形態では、排気カムシャフト2の孔部16（第1孔部16aおよび第2孔部16b）は非貫通孔とされているが、図11Aに示される孔部160のように、軸部5を径方向に貫通する孔部とされてもよい。同様に、上記実施形態では、吸気カムシャフト3の孔部38（第1孔部38aおよび第2孔部38b）は非貫通孔とされているが、図11に示される孔部380のように、軸部48を径方向に貫通する孔部としてもよく、吸気カムシ

シャフト3の孔部42についても同様の変更が可能である。この場合においても、孔部160(380)の径方向一方側部分および径方向他方側部分は、各々、径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成される。この場合には、孔部160(380)の径方向一方側部分を、その形状に合わせた部分を有する第1砂型で鋳造し、孔部160の径方向他方側部分を、その形状に合わせた部分を有する第2砂型で鋳造することができる。この場合には、孔部160(380)を非貫通孔とした場合よりも孔部160(380)の容積を増加させて、カムシャフト2、3のより一層の軽量化を図ることができる。また、吸気カムシャフト3については、軸部48を貫通する孔部380を形成することにより、上記第1区間(スプロケット取付部28と第1カム部30との間)における軸部48の強度を、上記第2区間(第2カム部31と第3カム部32との間)における軸部48の強度に対して確実に低下させ、これにより、上記第2区間における軸部48の強度を、上記第1区間における軸部48の強度よりも容易かつ確実に大きくすることができる。

[0066] また、上記実施形態では、排気カムシャフト2の孔部16は、軸部5の径方向一方側の所定位置で開口する非貫通孔の第1孔部16aと、軸部5の径方向他方側の所定位置で開口する非貫通孔の第2孔部16bとで構成されている。しかし、図11Bに示される孔部161のように、軸部5の径方向一方側で開口して径方向他方側に向かって延びる非貫通孔のみで形成してもよい。この場合には、孔部161は、径方向一方側から径方向他方側に向かって次第に窄まるように形成される。なお、その孔部161は、図11Bに示されるように、径方向中心部を超える位置まで延びていてもよい。この場合には、孔部161は、その形状に合わせた部分を有する第1砂型で鋳造される。また、図11Cに示される孔部162のように、軸部5の径方向他方側で開口して径方向一方側に向かって延びる非貫通孔のみで形成してもよい。

[0067] また、図11Bに示される孔部161を形成する場合には、図12Aに示されるように、孔部161の開口部が第1カム部6のノーズ部6aの頂点と同じ側に形成されていてもよい。この場合には、軸部5に作用する応力に応

じた適切な位置に孔部 161 を形成することができ、軸部 5 の変形を抑制することができる。

[0068] また、図 12B に示されるように、図 12A に示される孔部 161 と、軸部 5 の径方向他方側で開口して径方向一方側に向かって延びる孔部 163 とを互いに連通させた構造としてもよい。図 12 (b) に示される例では、孔部 163 は、孔部 161 よりも狭い幅で、かつ、径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成される。この場合には、孔部 161 を、その形状に合わせた部分を有する第 1 砂型で鑄造し、孔部 163 を、その形状に合わせた部分を有する第 2 砂型で鑄造することができる。

[0069] なお、図 11B、11C 及び図 12A、12B に示すような構造は、吸気カムシャフト 3 の孔部 38 についても同様に適用可能である。

[0070] また、上記実施形態では、排気カムシャフト 2 の軸部 5 は、断面円形状とされているが、図 13 に示されるように、断面六角形状（正六角柱状）とされてもよい。この場合には、六角形の頂部のうちの 하나가、軸部 5A の中心線に対して第 3 カム部 8 のノーズ部 8a の頂点とは反対側の位置、具体的には、ノーズ部 8a の頂点の位相とは略 180° 異なる位置に配置される。この場合には、第 3 カム部 8 のノーズ部 8a に対する適切な位置に軸部 5A の六角形の頂部を配置して、軸部 5A の変形を抑制することができる。

[0071] なお、図 13 に示される例では、回転角度調節部およびカムシャフト識別リングが設けられていない。また、軸部 5A において、第 4 カム部 9 と第 5 カム部 10 との間に、第 1 孔部 70a および第 2 孔部（図示略）を含む孔部 70 が形成され、第 6 カム部 11 と第 7 カム部 12 との間に、第 1 孔部 71a および第 2 孔部（図示略）を含む孔部 71 が形成され、第 8 カム部 13 とオルダムカップリング部 15 との間に、第 1 孔部 72a および第 2 孔部（図示略）を含む孔部 72 が形成されている。孔部 70、71、72 は、各々、孔部 17 と同様の断面略 V 字状の孔部である。孔部 71、72 は、孔部 17 と略同じ長さを有し、孔部 72 は、孔部 17 よりも短い長さを有する。

[0072] このように六角形断面構造の軸部 5A が採用される場合には、上記軸部 5

のように円形断面構造（上記多角形に外接する円）を有する場合と比べて、軸部の容積を低減することができ、これにより、排気カムシャフトのより一層の軽量化を図ることができる。

[0073] また、この場合には、図14に示されるように、排気カムシャフト2Aの原型の軸部850は六角形断面を有する。そして、鋳型840を構成する第1砂型840aおよび第2砂型840bは、上記軸部850の径方向中心と、軸部850の六角形の頂部のうちの2つの頂部850a、850bとを通る平面の一部をそれぞれの見切り面M1、M2とするように構成される。換言すれば、第1砂型840aおよび第2砂型840bは、排気カムシャフト2Aの軸部5Aの径方向中心と2つの頂部を通る平面の一部を見切り面とするものである。なお、図14に符号Tで示される直線は、上記2つの頂部を結ぶ対角線であり、軸部850の分割面に相当する。

[0074] このような見切り面M1、M2を形成することで、第1砂型840aおよび第2砂型840bを製造する際に、硬化した鋳造砂から第1砂型840aおよび第2砂型840bが抜けなくなるのを防止することができる。これにより、第1砂型840aおよび第2砂型840bを確実に製造し、これらの砂型からなる鋳型840を用いて、孔部16等を有する排気カムシャフト2Aを良好に鋳造することができる。

[0075] 図13や図14に示すような構造および製造方法は、吸気カムシャフト3やその製造方法についても同様に適用可能である。

[0076] なお、排気カムシャフト2Aの軸部5（吸気カムシャフト3の軸部48）は、六角形断面構造に代えて、四角形断面構造（正方形断面構造）や、8以上の偶数の多角形断面構造（正多角形断面構造）を有するものであってもよい。その場合においても、六角形断面構造の場合と同様の効果を奏することができる。

[0077] また、吸気カムシャフト3については、以下のように実施形態を変更することができる。排気カムシャフト2についても同様の変更が可能である。

[0078] 上記実施形態では、吸気カムシャフト3の軸部48は、径方向中心部が中

実に形成されているが、図 15 に示されるように、軸部 48 の径方向中心部が中空に形成されてもよい。図 15 に示される例では、軸部 48 の径方向中心部に、当該軸部 48 の長さ方向に延びてその両端部が上記スプロケット取付部 28 の孔部 46 および上記オルダムカップリング部 90 の孔部 47 と連通する断面円形状の中空部 91 が形成されている。そして、この中空部 91 は、上記孔部 38 a, 38 b, 39 a, 39 b, 41 a, 41 b, 42 a, 42 b と連通している（図 15、16 A、16 B 参照）。

[0079] この場合には、中空部 91 を形成しない場合と比べて、中空部 91 の容積に相当する重量分だけ、吸気カムシャフト 3 のより一層の軽量化を図ることができる。

[0080] ここで、図 15 に示される吸気カムシャフト 3 の製造方法について説明する。

[0081] その製造方法は、径方向中心部が中実に形成され、外周に複数のカム部 30～37 が設けられた中実軸部を有する中実カムシャフト（図示略）を鋳造する鋳造工程と、上記中実軸部の径方向中心部を、回転切削工具（例えば、ガンドリル）を用いて切削加工することにより、上記中空部 91 を形成する中空部形成工程とを備える。これらの工程について、以下に説明する。

[0082] （鋳造工程）

上記鋳造工程は、上記排気カムシャフト 2 の製造方法における上記原型準備工程、上記第 1 砂型製造工程、上記第 2 砂型製造工程、上記鋳型製造工程、上記注湯工程、および上記カムシャフト取り出し工程、の各工程と同様の工程から構成される。また、この鋳造工程においては、上記第 1 除肉部（孔部 38 a, 38 b, 42 a, 42 b）および上記第 2 除肉部（孔部 39 a, 39 b, 41 a, 41 b）が形成され、これらの除肉部は、各々、上記回転切削工具による切削加工の際に発生する切子を外部に排出可能な大きさを有する。具体的には、各除肉部の開口幅および開口面積等が、切子が通過可能な大きさに設定されている。

[0083] （中空部形成工程）

上記中空部形成工程では、長尺の回転切削工具を用いて、例えば、上記中実カムシャフトの一端側から他端側に向かって、上記スプロケット取付部 28、上記中実軸部、および上記オルダムカップリング部 90 を軸方向に貫通するように切削加工を行う。この切削加工により、上記孔部 46、上記中空部 91、および上記孔部 47 が形成される。しかも、その切削加工は、上記中空部 91 が上記第 1 除肉部（孔部 38 a, 38 b, 42 a, 42 b）および上記第 2 除肉部（孔部 39 a, 39 b, 41 a, 41 b）と連通するように行われる。

[0084] この吸気カムシャフト 3 の製造方法によれば、上記中実軸部の径方向中心部を、回転切削工具を用いて切削することにより、中空部 91 を形成するので、中空部 91 を形成するために鋳造工程で中子を用いる必要がなく、比較的 low コストで容易に中空部 91 を形成することができる。

[0085] しかも、切削加工の際に発生する切子を上記第 1 除肉部および第 2 除肉部を通じて速やかに外部に排出することができ、切削加工の効率を効果的に高めることができる。

[0086] なお、上記図 15 に示される吸気カムシャフト 3 をさらに以下のように変更することも可能である。

[0087] 図 17、図 18 に示される例では、第 1 除肉部（孔部 38 a, 38 b, 42 a, 42 b）および第 2 除肉部（孔部 390 a, 390 b, 410 a, 410 b）のうち、上記第 1 除肉部（孔部 38 a, 38 b, 42 a, 42 b）のみが中空部 91 と連通しており、上記第 2 除肉部（孔部 390 a, 390 b, 410 a, 410 b）は、中空部 91 と連通していない。具体的には、孔部 390 を構成する第 1 孔部 390 a および第 2 孔部 390 b、孔部 410 を構成する第 1 孔部 410 a および第 2 孔部 410 b の各々の深さが、孔部 38 a, 38 b および孔部 42 a, 42 b の各々の深さよりも浅く、かつ、中空部 91 に到達しない深さに設定されている。

[0088] この場合には、中実軸部を切削加工する際に生じる切子を、上記第 1 除肉部（孔部 38 a, 38 b, 42 a, 42 b）を通じて外部に速やかに排出す

ることができ、その結果、切削加工の効率を高めることができる。そして、上記第2区間（第2カム部31と第3カム部32との間、および第6カム部35と第7カム部36との間）において、上記第2除肉部（孔部39a, 39b, 41a, 41b）と中空部91とが連通することによる軸部48の強度低下を抑制することができる。これにより、上記第2区間における軸部48の変形をより効果的に抑制することができる。

[0089] また、上記各実施形態では、第2区間における軸部の強度を第1区間における軸部の強度よりも大きくするために、主として、第2除肉部の深さを第1除肉部の深さよりも浅くしているが、これに限られるものではない。例えば、第2除肉部の幅を第1除肉部の幅よりも小さくしたり、或いは、第2除肉部の数を第1除肉部の数よりも少なく（第1除肉部の数を第2除肉部の数よりも多く）したり、又は、それらの双方を採用することができる。第1除肉部の数を第2除肉部の数よりも多くする例としては、例えば、軸部の外周面にスプライン状の複数の溝を形成するようにしてもよい。

[0090] また、上記実施形態に係る排気カムシャフト2、吸気カムシャフト3は、直列4気筒のディーゼルエンジンに適用されているが、他の気筒数のディーゼルエンジンに適用されてもよく、また、ガソリンエンジンに適用されてもよい。

[0091] 以上実施形態に沿って説明した本発明をまとめると以下の通りである。

[0092] 本発明は、軸部と当該軸部の外周に設けられたカム部とを備える鋳造製のエンジン用カムシャフトであって、前記軸部は、当該軸部の外周面の所定位置で開口する孔部を有し、前記孔部は、前記軸部の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されているものである。

[0093] この構成によれば、カムシャフトの軸部は、当該軸部の外周面の所定位置で開口する孔部を有するので、その孔部の容積に相当する量のカムシャフト材料を削減して、カムシャフトを軽量化することができる。

[0094] しかも、上記孔部は、カムシャフトの軸部の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されているので、以下のような本発明の製造方法

に基づいて、カムシャフトを良好に鋳造することができる。

[0095] その鋳造方法は、上記カムシャフトの径方向一方側部分に対応する第1原型構成部と、上記カムシャフトの径方向他方側部分に対応する第2原型構成部とで構成される上記カムシャフトの原型を準備する工程と、上記第1原型構成部を鋳枠内に配置して、当該鋳枠内に鋳造砂を投入して固化させ、当該固化した鋳造砂から上記第1原型構成部を取り外すことにより第1砂型を製造する工程と、上記第2原型構成部を鋳枠内に配置して、当該鋳枠内に鋳造砂を投入して固化させ、当該固化した鋳造砂から上記第2原型構成部を取り外すことにより第2砂型を製造する工程と、上記第1砂型と上記第2砂型とを互いに組み合わせることにより、上記カムシャフトが鋳造されるキャビティを有する鋳型を製造する工程と、上記キャビティ内に溶湯を注いで冷却硬化させる工程と、上記鋳型を崩壊除去することにより、上記鋳型から上記カムシャフトを取り出す工程とを含む。

[0096] 上記カムシャフトを鋳造する場合には、上記原型を準備する工程において、上記孔部と同一形状の孔部を有する原型が準備される。つまり、原型の軸部は、当該軸部の外周面の所定位置で開口し、径方向外側から中心に向かって次第に窄まる孔部を有する。その孔部の窄まり形状が抜き勾配の役割を果たすため、カムシャフトの孔部を上記第1砂型で鋳造する場合には、固化した鋳造砂から上記第1原型構成部を容易かつ確実に取り外すことができ、これにより、上記第1砂型を確実に製造することができる。カムシャフトの孔部を上記第2砂型で鋳造する場合においても同様である。従って、これら第1砂型および第2砂型を用いて、上記孔部を有するカムシャフトを良好に鋳造することができる。しかも、カムシャフトを鋳造する際に、特許文献1に記載されているような、カムシャフトの軽量化を図るための中子を使用する必要がなく、中子を主型に対して正確に位置決めするための鋳型部品も必要としないので、鋳型の部品点数を減らすことができるとともに、カムシャフトを容易に製造することができる。

[0097] 上記カムシャフトにおいては、前記孔部は、前記軸部の径方向一方側に開

口する第1孔部と、前記軸部の径方向他方側に開口する第2孔部とを備え、前記第1孔部および前記第2孔部は、各々、前記軸部の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されていることが好ましい。

[0098] この構成によれば、第1孔部および第2孔部は、各々、軸部の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されているので、軸部の径方向一方側部分と径方向他方側部分に各々孔部を有するカムシャフトを鋳造するための鋳型を確実に製造し、この鋳型を用いて、上記孔部を有するカムシャフトを確実に鋳造することができる。

[0099] 上記カムシャフトにおいては、前記第1孔部は、前記軸部中心線に対して前記第2孔部とは対称となる位置で、前記第2孔部と同一形状に形成されていることが好ましい。

[0100] この構成によれば、カムシャフトの径方向一方側と径方向他方側とに、孔部をバランスよく配置することができ、その結果、軸部の強度を径方向一方側と径方向他方側とでバランスよく確保することができる。

[0101] 上記カムシャフトにおいては、前記孔部は、前記軸部を径方向に貫通することが好ましい。

[0102] この構成によれば、孔部の容積を増加させて、カムシャフトのより一層の軽量化を図ることができる。

[0103] 上記カムシャフトにおいては、前記カム部は、ベース円から径方向外側に突出するノーズ部を備え、前記孔部は、前記軸部の前記ノーズ部側の所定位置から径方向に延びる非貫通孔であることが好ましい。

[0104] この構成によれば、軸部に作用する応力に応じた適切な位置に孔部を形成することができ、軸部の変形を抑制することができる。具体的に説明すると、軸部のうち、カム部が設けられている部分周辺では、ノーズ部側部分よりもノーズ部とは径方向反対側の部分により大きな応力が作用する。上記構成では、孔部は、軸部のノーズ部側の所定位置から径方向に延びる非貫通孔であるので、軸部のうち、ノーズ部とは径方向反対側の部分は、ノーズ部側部分よりも強度が高くなっており、このため、軸部の変形を抑制することがで

きる。

[0105] 上記カムシャフトにおいては、前記カム部は、ベース円から径方向外側に突出するノーズ部を備え、前記孔部は、前記軸部の前記ノーズ部側の所定位置から径方向に延びる第3孔部と、前記軸部の前記ノーズ部とは径方向反対側の所定位置から径方向に延びる第4孔部とを備え、前記第4孔部は、前記第3孔部よりも浅く形成されていることが好ましい。

[0106] この構成によれば、軸部に作用する応力に応じた適切な深さに孔部を形成することができ、軸部の変形を抑制することができる。具体的に説明すると、軸部のうち、カム部が設けられている部分周辺では、ノーズ部側部分よりもノーズ部とは径方向反対側の部分により大きな応力が作用する。上記構成では、軸部のノーズ部とは径方向反対側の所定位置から径方向に延びる第4孔部が、軸部のノーズ部側の所定位置から径方向に延びる第3孔部よりも浅く形成されているので、軸部のうち、ノーズ部とは径方向反対側の部分は、ノーズ部側部分よりも強度が高くなっており、このため、軸部の変形を抑制することができる。

[0107] 上記カムシャフトにおいて、前記軸部は、4以上の偶数の頂部を有する多角形断面構造を有し、前記カム部は、ベース円から径方向外側に突出するノーズ部を備え、前記頂部のうちの 하나가、前記軸部の中心線に対して前記ノーズ部の頂点とは反対側の位置に配置されていることが好ましい。

[0108] この構成によれば、カムシャフトの軸部が、4以上の偶数の頂部を有する多角形断面構造を有するので、カムシャフトの軸部が円形断面構造（上記多角形に外接する円）を有する場合と比べて、軸部の容積を低減することができる。これにより、カムシャフトのより一層の軽量化を図ることができる。

[0109] さらに、カム部のノーズ部に対する適切な位置に軸部の頂部を配置して、軸部の変形を抑制することができる。具体的に説明すると、軸部のうち、カム部が設けられている部分周辺では、軸部の中心線に対してノーズ部の頂点とは反対側の部分に最も大きな応力が作用する。上記構成では、軸部の頂部のうちの 하나가、軸部の中心線に対してノーズ部の頂点とは反対側の位置に

配置されているので、軸部のうち応力が大きく作用する部分の強度を他の部分よりも相対的に高めて、軸部の変形を抑制することができる。

[0110] 上記製造方法においては、前記カムシャフトの軸部は、4以上の偶数の頂部を有する多角形断面構造を有するものであり、前記第1砂型および前記第2砂型は、各々、前記カムシャフトの軸部の径方向中心と2つの前記頂部を通る平面の一部を見切り面とするものであることが好ましい。

[0111] この方法によれば、カムシャフトの軸部が、4以上の偶数の頂部を有する多角形断面構造を有するので、カムシャフトの軸部が円形断面構造（上記多角形に外接する円）を有する場合と比べて、軸部の容積を低減することができる。これにより、カムシャフトのより一層の軽量化を図ることができる。

[0112] さらに、第1砂型および第2砂型は、各々、カムシャフトの軸部の径方向中心と2つの上記頂部を通る平面の一部を見切り面とするものであるので、第1砂型および第2砂型を製造する際に、固化した鑄造砂から原型が抜けなくなるのを防止することができ、これにより、上記カムシャフトを良好に鑄造することができる。

[0113] また、他の一の局面にかかる本発明は、複数の気筒を有するエンジンの気筒列方向に延びる軸部と、前記軸部の外周に設けられた複数のカム部とを備える多気筒エンジン用カムシャフトであって、前記カム部は、前記軸部の両端部より内側の前記気筒に対応する位置に設けられ、前記軸部は、当該軸部の少なくとも一方側の端部と当該端部に最も近い前記カム部との間の区間である第1区間に形成された第1除肉部と、隣り合う2つの気筒のうちの一方の気筒に対応するカム部と他方の気筒に対応するカム部との間の区間である第2区間に形成された第2除肉部とを有し、前記第1除肉部および前記第2除肉部は、前記第2区間における前記軸部の強度が、前記第1区間における前記軸部の強度よりも大きくなるように形成されているものである。

[0114] ここで、上記「除肉部」とは、同一外径を有する軸部における長さ方向の一部の断面積が当該一部以外の部分の断面積よりも小さくなるように当該一部の外周面に形成された孔部（凹部および貫通孔を含む）または切欠き部を

言う。

[0115] 上記構成によれば、軽量でありながら軸部の変形を抑制することができる多気筒エンジン用カムシャフトを提供することができる。

[0116] 詳しく説明すると、上記構成によれば、軸部が第1除肉部および第2除肉部を有するので、これら第1除肉部および第2除肉部を有さない場合と比べて、その除肉部の容積に相当する重量分だけ、カムシャフトを軽量化することができる。

[0117] しかも、以下の理由により、軸部の変形を効果的に抑制することができる。すなわち、軸部がカム部から力を受けることにより当該軸部に発生する応力（軸部を振じろうとする応力、および軸部を曲げようとする応力）は、軸方向（長さ方向）の位置に応じて異なっており、具体的には、上記第2区間で発生する応力の方が、上記第1区間で発生する応力よりも大きい。これは、軸部においてカム部からの距離が近い程、当該カム部から伝わる力が大きくなり、さらに、上記第1区間ではその軸方向一方側のみから上記の力が伝わるのに対し、上記第2区間ではその軸方向両側から上記の力が伝わるためである。

[0118] この点に関して、上記構成によれば、第1除肉部および第2除肉部は、上記第2区間における軸部の強度が、上記第1区間における軸部の強度よりも大きくなるように形成されているため、上記第2区間において上記第1区間よりも大きな応力が発生しても、上記第2区間における軸部の変形を抑制することができる。これにより、気筒間でバルブリフト量にばらつきが生じる等の不都合が生じるのを効果的に抑制することができる。

[0119] 上記カムシャフトにおいては、前記第1除肉部および前記第2除肉部は、各々、前記軸部の外周面に開口する非貫通孔であり、前記第2除肉部の深さは、前記第1除肉部の深さよりも浅いことが好ましい。

[0120] この構成によれば、第1除肉部および第2除肉部は、各々、上記軸部の外周面に開口する非貫通孔であるため、これら除肉部を容易に形成することができる。しかも、第2除肉部の深さは、第1除肉部の深さよりも浅いので、

上記第2区間における軸部の強度を、上記第1区間における軸部の強度よりも容易かつ確実に大きくすることができる。

[0121] 上記カムシャフトにおいては、前記第1除肉部および前記第2除肉部は、各々、前記軸部の外周面に開口する非貫通孔であって、前記軸部の長さ方向に延びており、前記第1除肉部は、その長さ方向において深さが一定であり、前記第2除肉部は、その長さ方向中央部から長さ方向両端部に向かうにつれて次第に深さが浅くなっていることが好ましい。

[0122] この構成によれば、第1除肉部および第2除肉部は、各々、上記軸部の外周面に開口する非貫通孔であるため、これら除肉部を容易に形成することができる。しかも、第1除肉部および第2除肉部は、軸部の長さ方向に延びており、第1除肉部は、その長さ方向において深さが一定であり、第2除肉部は、その長さ方向中央部から長さ方向両端部に向かうにつれて次第に深さが浅くなっているため、第2区間における軸部の強度を、第1区間における軸部の強度よりも、容易に大きくすることができる。詳しく説明すると、第1除肉部は、その長さ方向において深さが一定であるため、第1区間のうち、第1除肉部が形成されている区間における軸部の強度を略一定にすることができる。一方、第2除肉部は、カム部に近い位置ではその深さが浅くなっているため、第2区間のうち、応力が比較的大きい位置（カム部に近い位置）における軸部の強度を、応力が比較的小さい位置（カム部から遠い位置）における軸部の強度よりも大きくすることができ、これにより、第2区間における軸部の強度を、第1区間における軸部の強度よりも、容易に大きくすることができる。

[0123] 上記カムシャフトにおいては、前記第1除肉部は、前記軸部を径方向に貫く貫通孔であり、前記第2除肉部は、前記軸部の外周面に開口する非貫通孔であることが好ましい。

[0124] この構成によれば、上記第2区間における軸部の強度を、上記第1区間における軸部の強度よりも容易かつ確実に大きくすることができる。

[0125] 上記カムシャフトにおいては、前記軸部は、径方向中心部で当該軸部の長

さ方向に延びる中空部を有し、前記第 1 除肉部および前記第 2 除肉部は、各々、前記中空部と連通することが好ましい。

[0126] この構成によれば、上記軸部は、径方向中心部で当該軸部の長さ方向に延びる中空部を有しているので、この中空部を有さない場合に比べると、中空部の容積に相当する重量分だけ、カムシャフトのより一層の軽量化を図ることができる。

[0127] さらに、第 1 除肉部および第 2 除肉部は、各々、上記中空部と連通しているので、回転切削工具を用いて上記中空部を形成する場合には、中実軸部を切削加工する際に生じる切子を上記第 1 除肉部および上記第 2 除肉部を通じて外部に速やかに排出することができ、その結果、切削加工の効率を高めることができる。

[0128] 上記カムシャフトにおいては、前記軸部は、径方向中心部で当該軸部の長さ方向に延びる中空部を有し、前記第 1 除肉部および前記第 2 除肉部のうち、前記第 1 除肉部のみが前記中空部と連通することが好ましい。

[0129] この構成によれば、上記軸部は、径方向中心部で当該軸部の長さ方向に延びる中空部を有しているので、この中空部を有さない場合に比べると、中空部の容積に相当する重量分だけ、カムシャフトのより一層の軽量化を図ることができる。

[0130] さらに、第 1 除肉部が上記中空部と連通しているので、回転切削工具を用いて上記中空部を形成する場合には、中実軸部を切削加工する際に生じる切子を、上記第 1 除肉部を通じて外部に速やかに排出することができ、その結果、切削加工の効率を高めることができる。そして、第 1 除肉部および第 2 除肉部のうち、第 1 除肉部のみが上記中空部と連通しているので、上記第 2 区間において、第 2 除肉部と中空部とが連通することによる軸部の強度低下を抑制することができ、これにより、上記第 2 区間における軸部の変形をより効果的に抑制することができる。

[0131] また、本発明の上記多気筒エンジン用カムシャフトの製造方法は、径方向中心部が中実に形成され、外周に前記複数のカム部が設けられた中実軸部を

有する中実カムシャフトを鋳造する鋳造工程と、前記中実軸部の径方向中心部を回転切削工具を用いて切削することにより、前記中空部を形成する中空部形成工程とを備えるものである。

[0132] この製造方法によれば、中実軸部の径方向中心部を、回転切削工具を用いて切削することにより、上記中空部を形成するので、中空部を形成するために鋳造工程で中子を用いる必要がなく、比較的低コストで容易に中空部を形成することができる。

[0133] 上記製造方法においては、前記鋳造工程において鋳造される前記第1除肉部および前記第2除肉部のうち、前記中空部形成工程において前記中空部と連通する除肉部は、前記回転切削工具による切削加工の際に発生する切子を外部に排出可能な大きさを有することが好ましい。

[0134] この方法によれば、中空部形成工程において中空部と連通する除肉部は、上記回転切削工具による切削加工の際に発生する切子を外部に排出可能な大きさを有するので、切削加工の際に発生する切子を、上記除肉部を通じて速やかに外部に排出することができ、切削加工の効率を効果的に高めることができる。

符号の説明

- [0135]
- 1 エンジン
 - 2 排気カムシャフト
 - 3 吸気カムシャフト
 - 5, 5A 軸部
 - 6～13 カム部
 - 6a～13a ノーズ部
 - 16, 17, 19 孔部
 - 16a, 17a, 19a 第1孔部
 - 16b, 17b, 19b 第2孔部
 - 30～37 カム部
 - 30a～37a ノーズ部

38, 39, 41, 42, 390a 孔部

38a, 39a, 41a, 42a, 390a 第1孔部

38b, 39b, 41b, 42b, 390a 第2孔部

48 軸部

83 原型

83a 第1原型構成部

83b 第2原型構成部

850 軸部（原型）

850a, 850b 頂部

T 軸部の対角線

M1 第1砂型の見切り面

M2 第2砂型の見切り面

請求の範囲

- [請求項1] 軸部と当該軸部の外周に設けられたカム部とを備える鋳造製のエンジン用カムシャフトであって、
- 前記軸部は、当該軸部の外周面の所定位置で開口する孔部を有し、
- 前記孔部は、前記軸部の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されていることを特徴とするエンジン用カムシャフト。
- [請求項2] 前記孔部は、前記軸部の径方向一方側に開口する第1孔部と、前記軸部の径方向他方側に開口する第2孔部とを備え、
- 前記第1孔部および前記第2孔部は、各々、前記軸部の径方向外側から中心に向かって次第に窄まるように形成されていることを特徴とする請求項1に記載のエンジン用カムシャフト。
- [請求項3] 前記第1孔部は、前記軸部の中心線に対して前記第2孔部とは対称となる位置で、前記第2孔部と同一形状に形成されていることを特徴とする請求項2に記載のエンジン用カムシャフト。
- [請求項4] 前記孔部は、前記軸部を径方向に貫通することを特徴とする、請求項1に記載のエンジン用カムシャフト。
- [請求項5] 前記カム部は、ベース円から径方向外側に突出するノーズ部を備え、
- 前記孔部は、前記軸部の前記ノーズ部側の所定位置から径方向に延びる非貫通孔であることを特徴とする、請求項1に記載のエンジン用カムシャフト。
- [請求項6] 前記カム部は、ベース円から径方向外側に突出するノーズ部を備え、
- 前記孔部は、前記軸部の前記ノーズ部側から径方向に延びる第3孔部と、前記軸部の前記ノーズ部とは径方向反対側から径方向に延びる第4孔部とを備え、
- 前記第4孔部は、前記第3孔部よりも浅く形成されていることを特徴とする、請求項1に記載のエンジン用カムシャフト。

[請求項7] 前記軸部は、4以上の偶数の頂部を有する多角形断面構造を有し、
前記カム部は、ベース円から径方向外側に突出するノーズ部を備え、

前記頂部のうちの 하나가、前記軸部の中心線に対して前記ノーズ部の頂点とは反対側の位置に配置されていることを特徴とする、請求項1に記載のエンジン用カムシャフト。

[請求項8] 請求項1乃至7のいずれか一項に記載のエンジン用カムシャフトの製造方法であって、

前記カムシャフトの径方向一方側部分に対応する第1原型構成部と、
前記カムシャフトの径方向他方側部分に対応する第2原型構成部と
で構成される前記カムシャフトの原型を準備する工程と、

前記第1原型構成部を鋳枠内に配置して、当該鋳枠内に鋳造砂を投入して固化させ、当該固化した鋳造砂から前記第1原型構成部を取り外すことにより第1砂型を製造する工程と、

前記第2原型構成部を鋳枠内に配置して、当該鋳枠内に鋳造砂を投入して固化させ、当該固化した鋳造砂から前記第2原型構成部を取り外すことにより第2砂型を製造する工程と、

前記第1砂型と前記第2砂型とを互いに組み合わせることにより、
前記カムシャフトが鋳造されるキャビティを有する鋳型を製造する工程と、

前記キャビティ内に溶湯を注いで冷却硬化させる工程と、

前記鋳型を崩壊除去することにより、前記鋳型から前記カムシャフトを取り出す工程と、を備えることを特徴とするエンジン用カムシャフトの製造方法。

[請求項9] 前記カムシャフトの軸部は、4以上の偶数の頂部を有する多角形断面構造を有するものであり、

前記第1砂型および前記第2砂型は、各々、前記カムシャフトの軸部の径方向中心と2つの前記頂部を通る平面の一部を見切り面とする

ものであることを特徴とする、請求項 8 に記載のエンジン用カムシャフトの製造方法。

[請求項10] 複数の気筒を有するエンジンの気筒列方向に延びる軸部と、前記軸部の外周に設けられた複数のカム部とを備える多気筒エンジン用カムシャフトであって、

前記カム部は、前記軸部の両端部より内側の前記気筒に対応する位置に設けられ、

前記軸部は、当該軸部の少なくとも一方側の端部と当該端部に最も近い前記カム部との間の区間である第 1 区間に形成された第 1 除肉部と、隣り合う 2 つの気筒のうちの一方の気筒に対応するカム部と他方の気筒に対応するカム部との間の区間である第 2 区間に形成された第 2 除肉部とを有し、

前記第 1 除肉部および前記第 2 除肉部は、前記第 2 区間における前記軸部の強度が、前記第 1 区間における前記軸部の強度よりも大きくなるように形成されていることを特徴とする多気筒エンジン用カムシャフト。

[請求項11] 前記第 1 除肉部および前記第 2 除肉部は、各々、前記軸部の外周面に開口する非貫通孔であり、

前記第 2 除肉部の深さは、前記第 1 除肉部の深さよりも浅いことを特徴とする、請求項 10 に記載の多気筒エンジン用カムシャフト。

[請求項12] 前記第 1 除肉部および前記第 2 除肉部は、各々、前記軸部の外周面に開口する非貫通孔であって、前記軸部の長さ方向に延びており、

前記第 1 除肉部は、その長さ方向において深さが一定であり、

前記第 2 除肉部は、その長さ方向中央部から長さ方向両端部に向かうにつれて次第に深さが浅くなっていることを特徴とする、請求項 10 に記載の多気筒エンジン用カムシャフト。

[請求項13] 前記第 1 除肉部は、前記軸部を径方向に貫く貫通孔であり、

前記第 2 除肉部は、前記軸部の外周面に開口する非貫通孔であるこ

とを特徴とする、請求項 10 に記載の多気筒エンジン用カムシャフト。
。

[請求項14] 前記軸部は、径方向中心部で当該軸部の長さ方向に延びる中空部を有し、

前記第 1 除肉部および前記第 2 除肉部は、各々、前記中空部と連通することを特徴とする、請求項 10 乃至 13 のいずれか一項に記載の多気筒エンジン用カムシャフト。

[請求項15] 前記軸部は、径方向中心部で当該軸部の長さ方向に延びる中空部を有し、

前記第 1 除肉部および前記第 2 除肉部のうち、前記第 1 除肉部のみが前記中空部と連通することを特徴とする、請求項 11 乃至 13 のいずれか一項に記載の多気筒エンジン用カムシャフト。

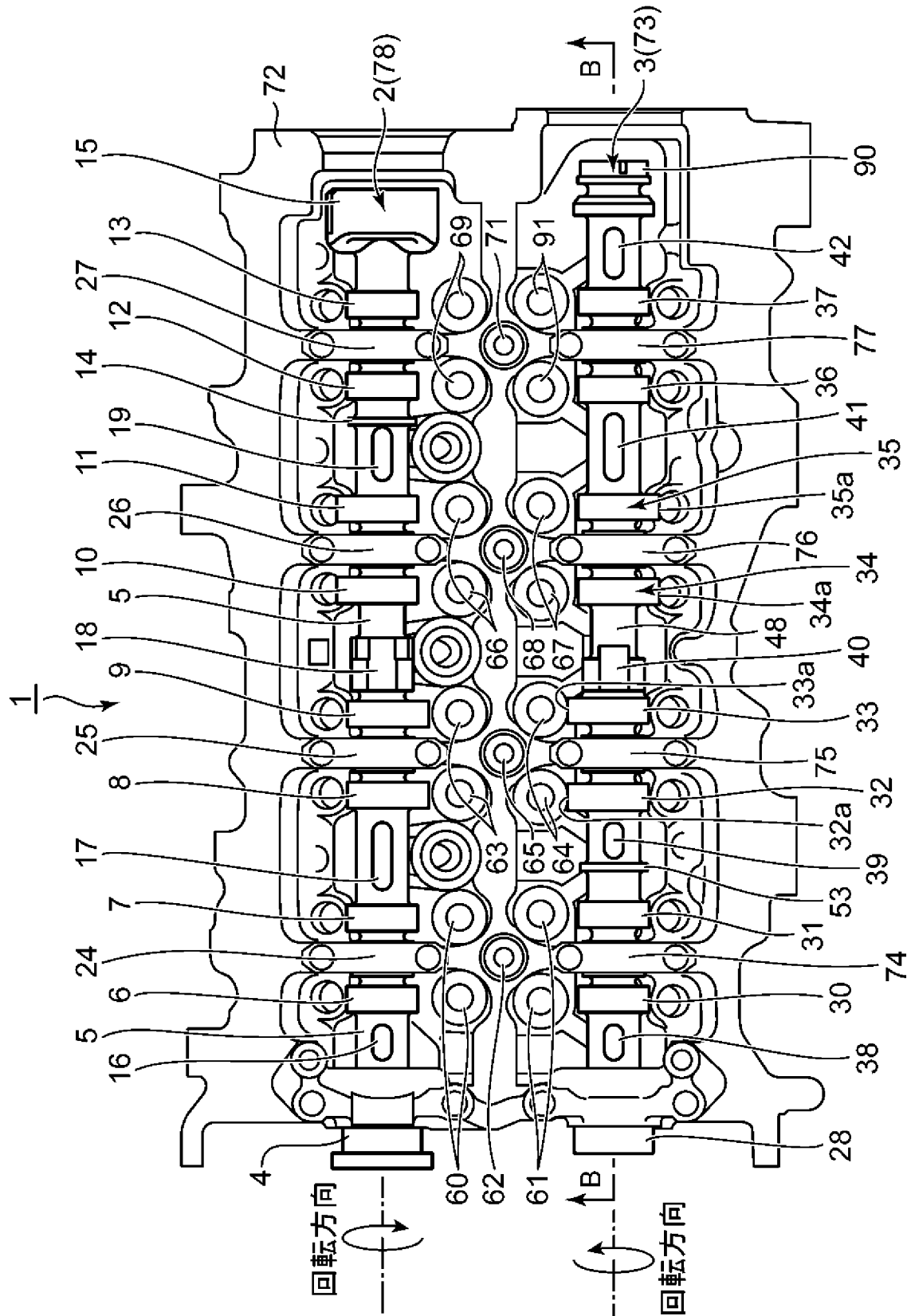
[請求項16] 請求項 14 または 15 に記載の多気筒エンジン用カムシャフトの製造方法であって、

径方向中心部が中実に形成され、外周に前記複数のカム部が設けられた中実軸部を有する中実カムシャフトを鋳造する鋳造工程と、

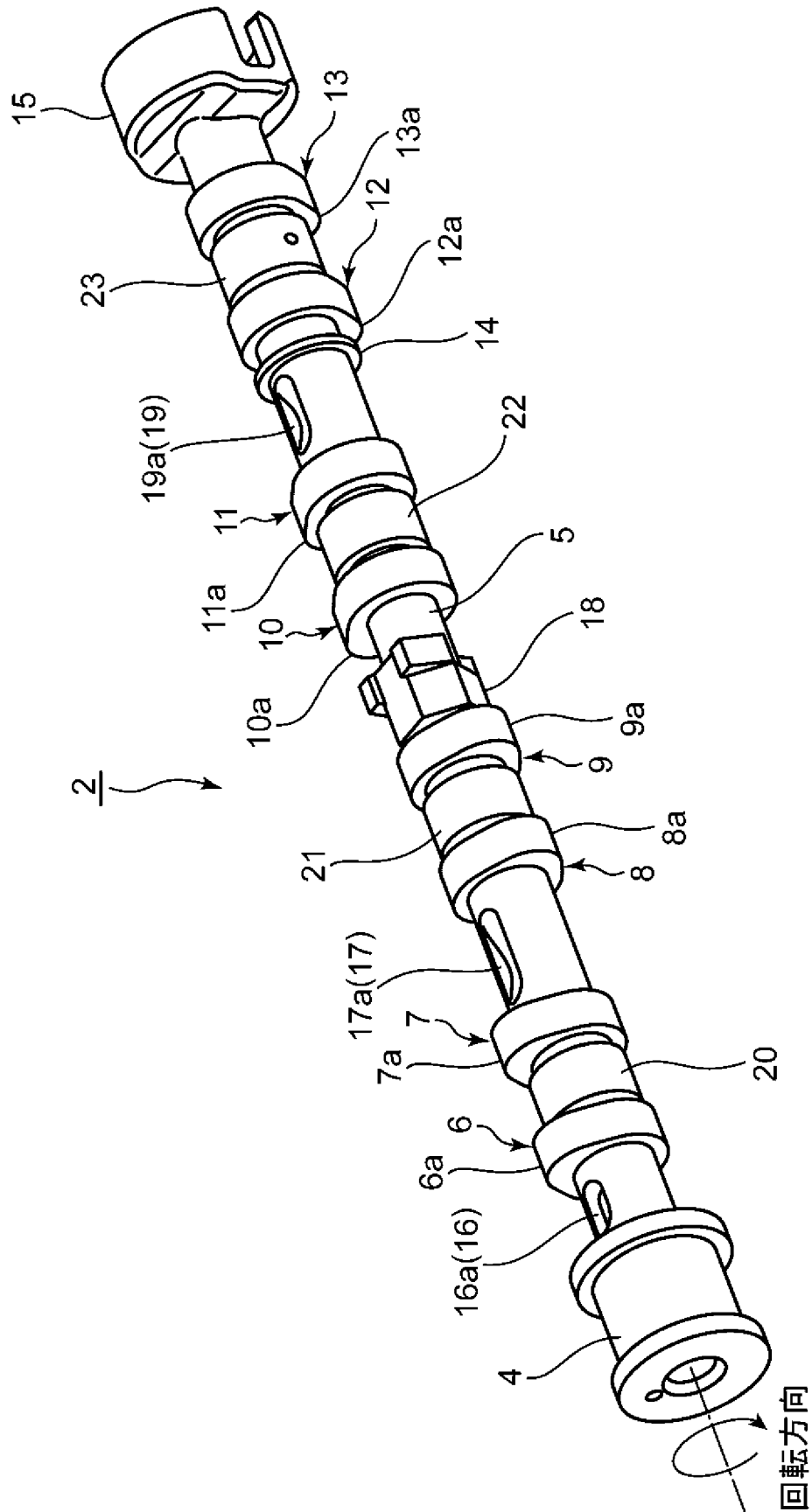
前記中実軸部の径方向中心部を、回転切削工具を用いて切削することにより、前記中空部を形成する中空部形成工程とを備えることを特徴とする、多気筒エンジン用カムシャフトの製造方法。

[請求項17] 前記鋳造工程において鋳造される前記第 1 除肉部および前記第 2 除肉部のうち、前記中空部形成工程において前記中空部と連通する除肉部は、前記回転切削工具による切削加工の際に発生する切子を外部に排出可能な大きさを有することを特徴とする、請求項 16 に記載の多気筒エンジン用カムシャフトの製造方法。

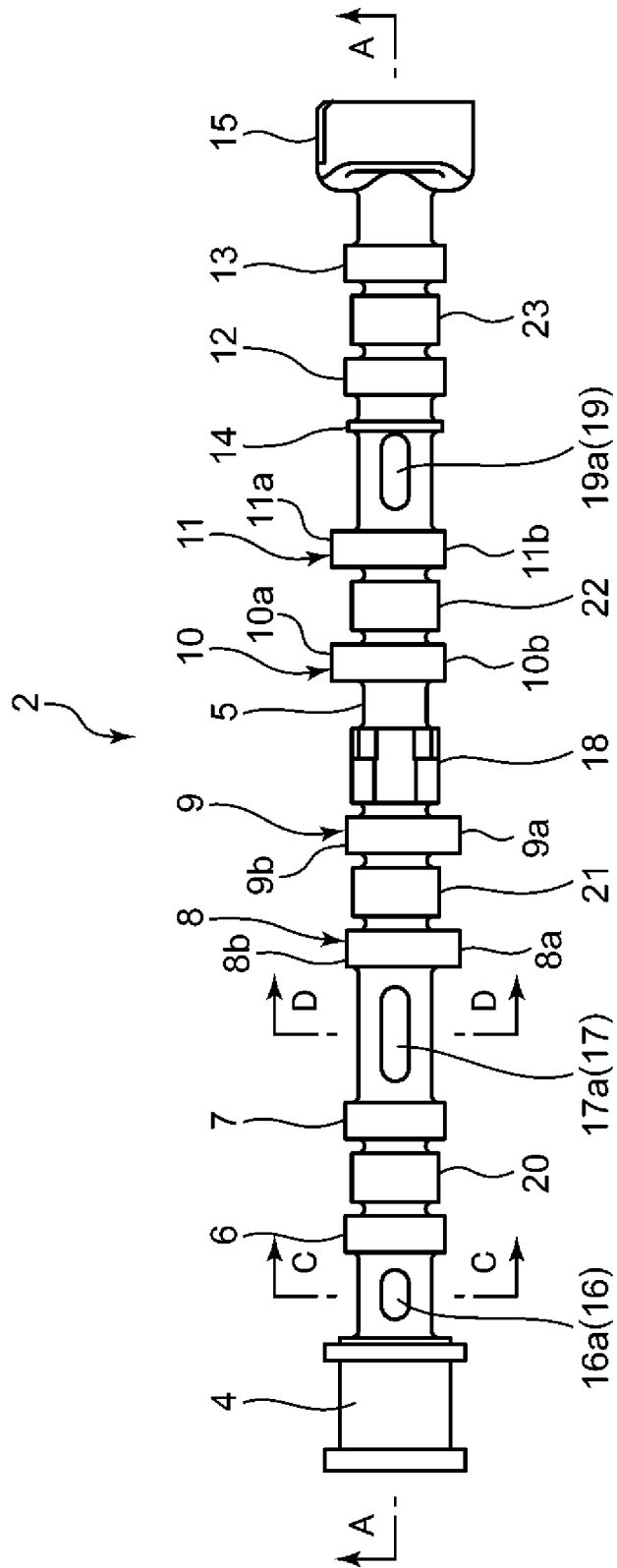
[図1]



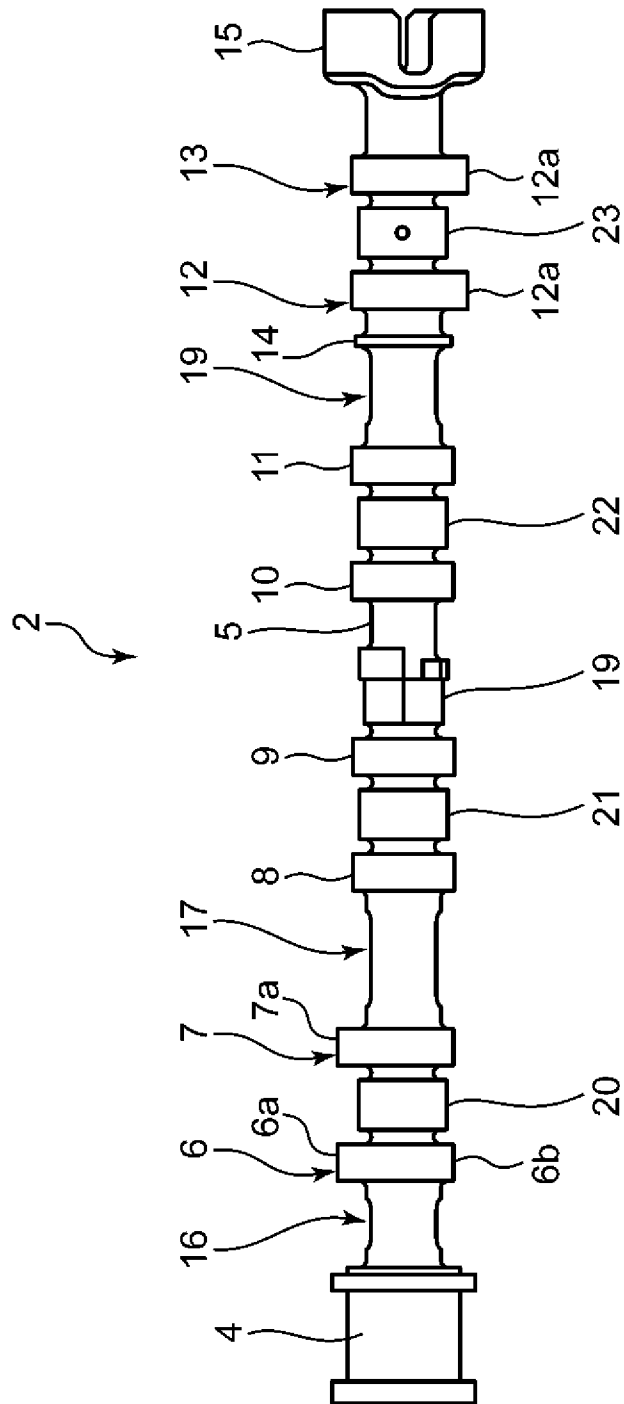
[図2]



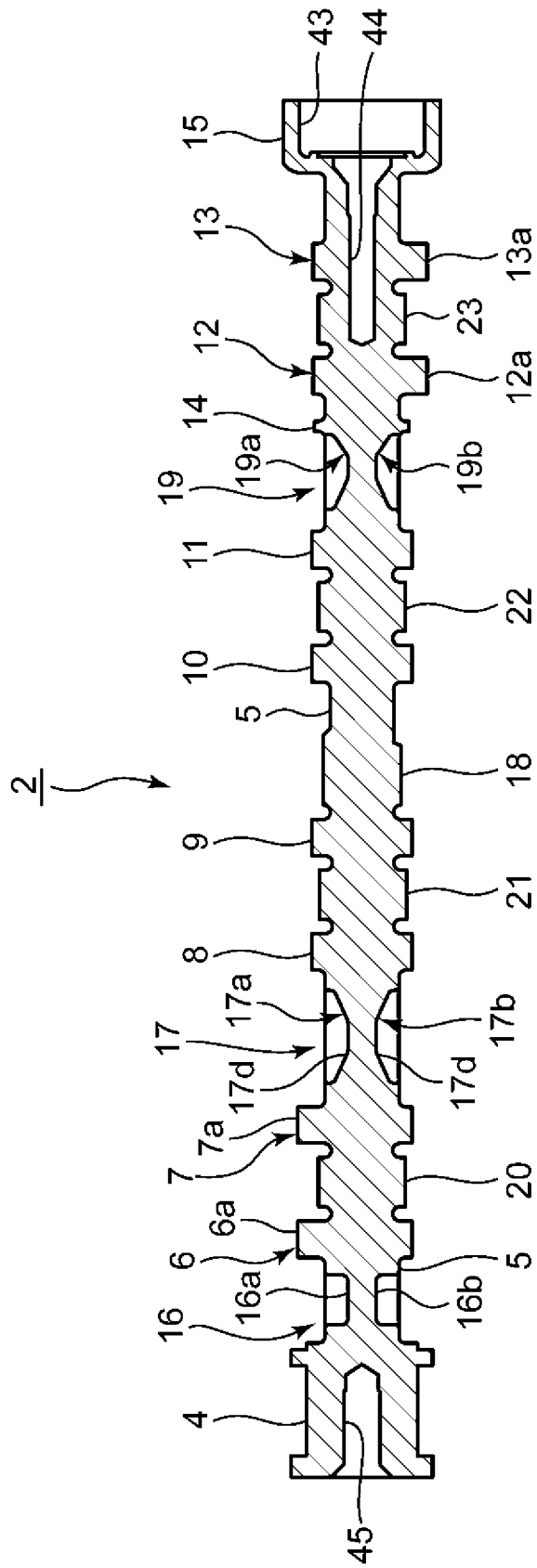
[図3]



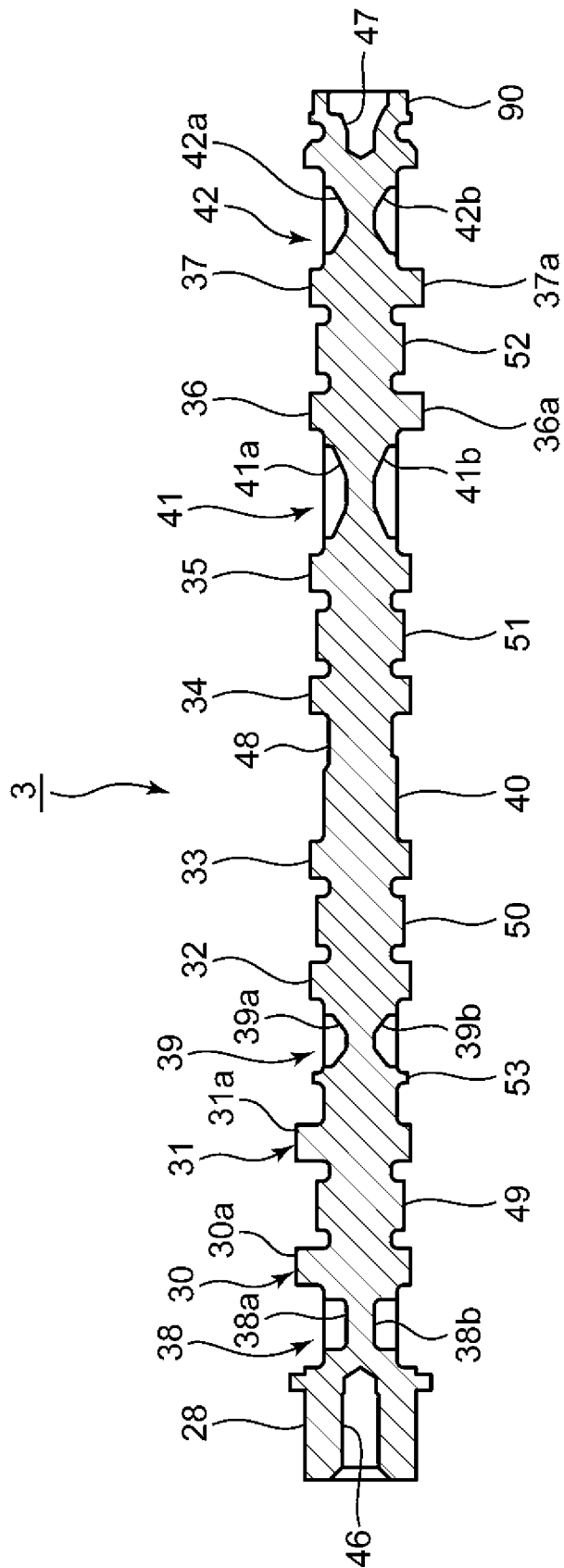
[図4]



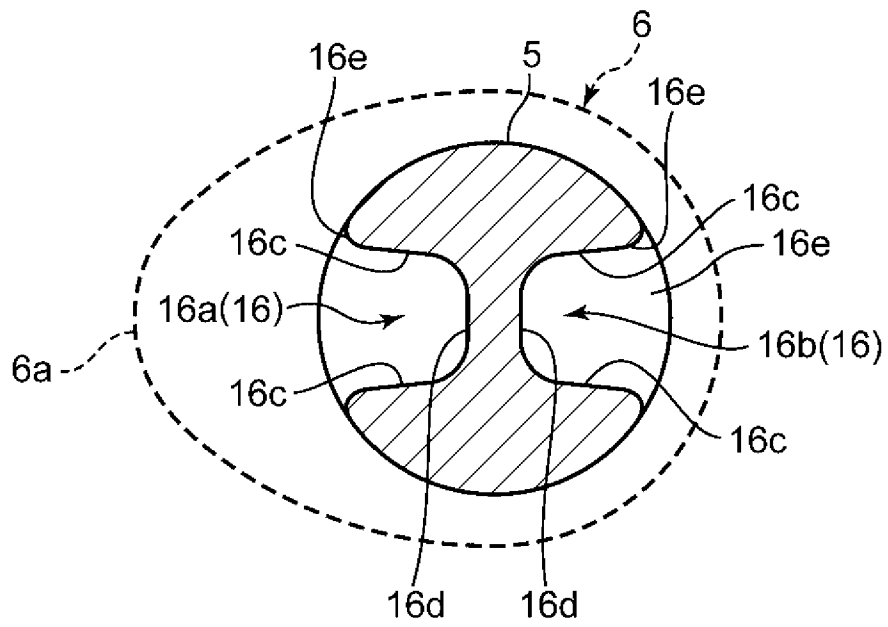
[図5]



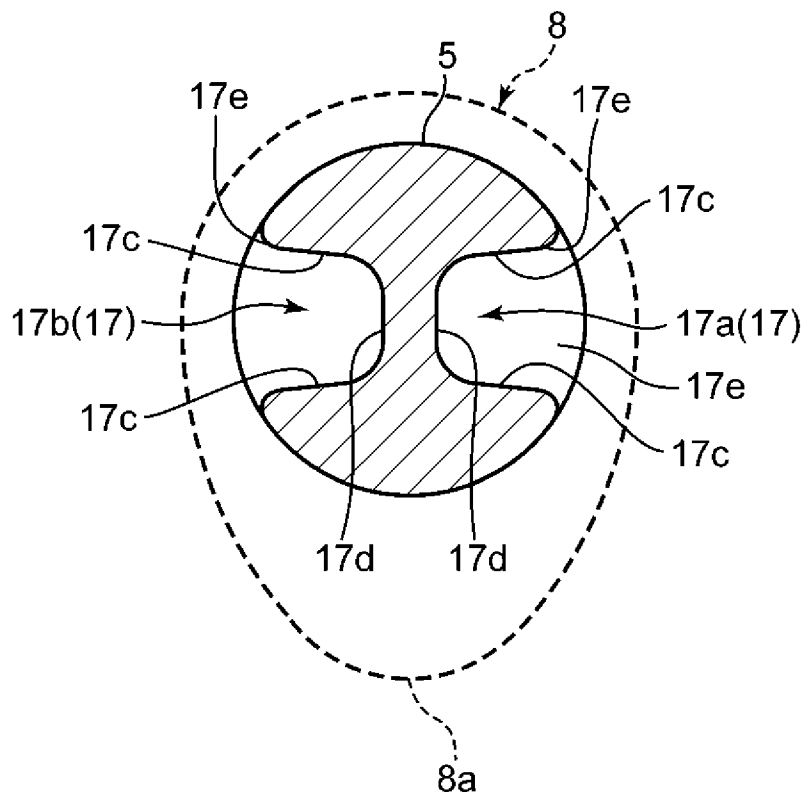
[図6]



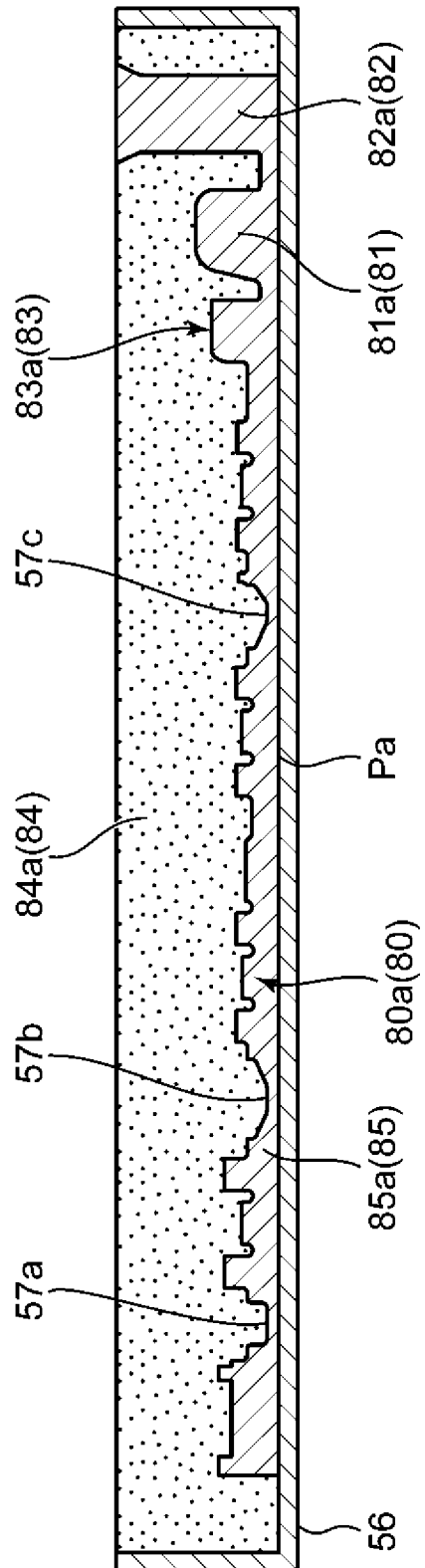
[図7A]



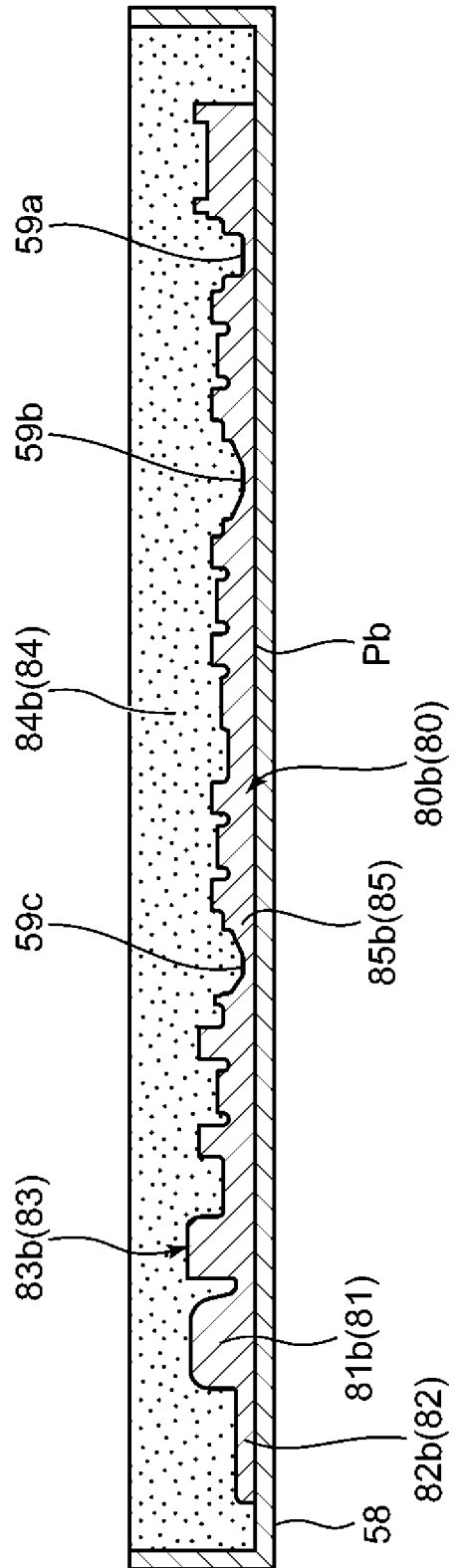
[図7B]



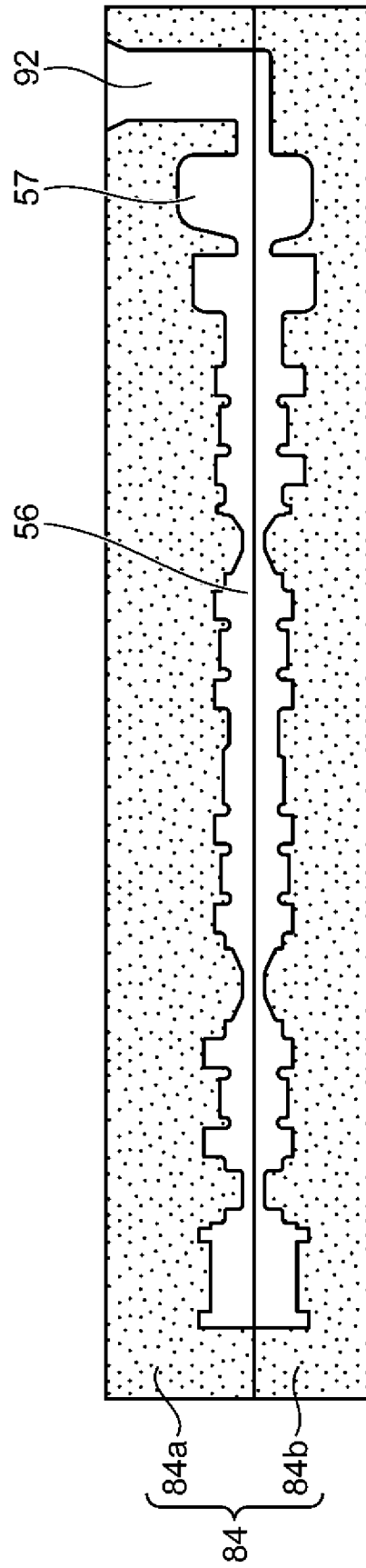
[図8]



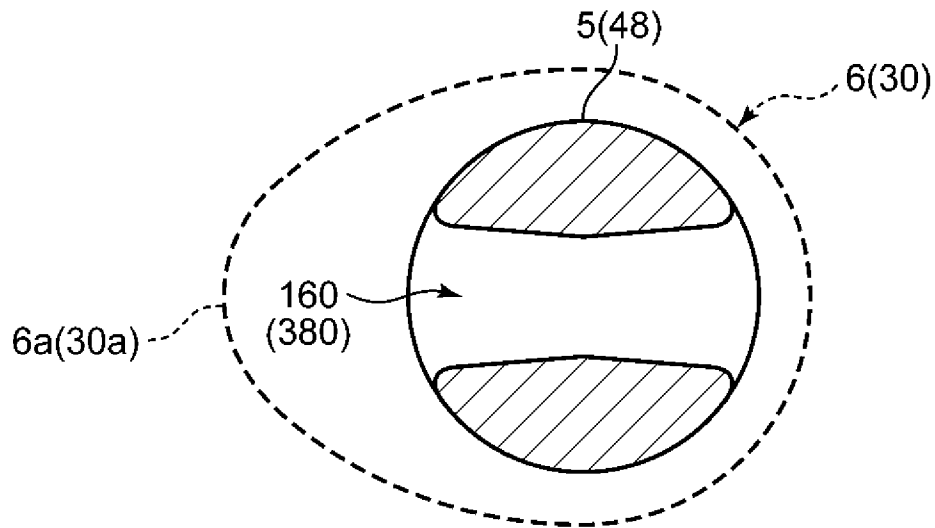
[図9]



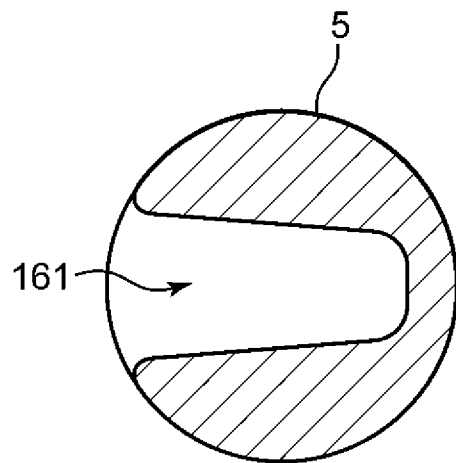
[図10]



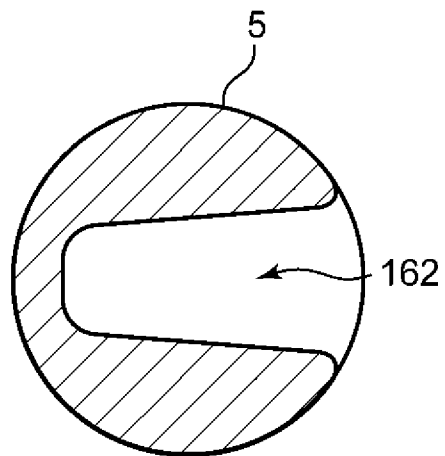
[図11A]



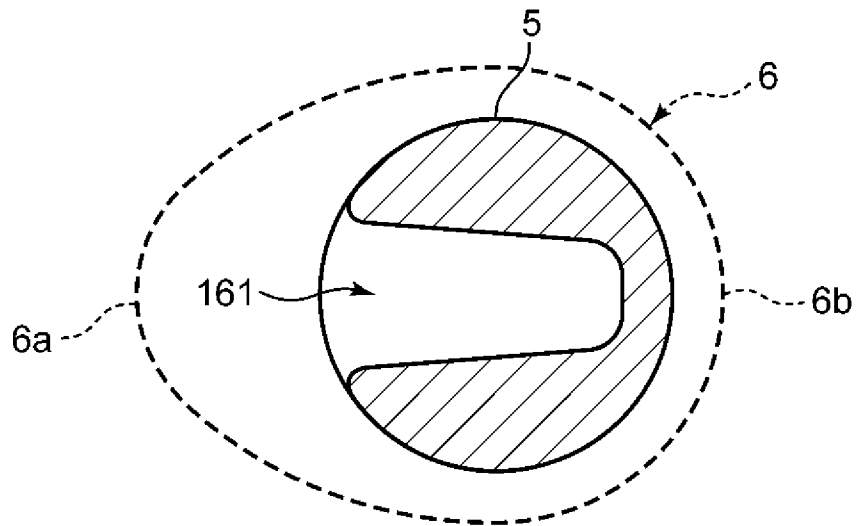
[図11B]



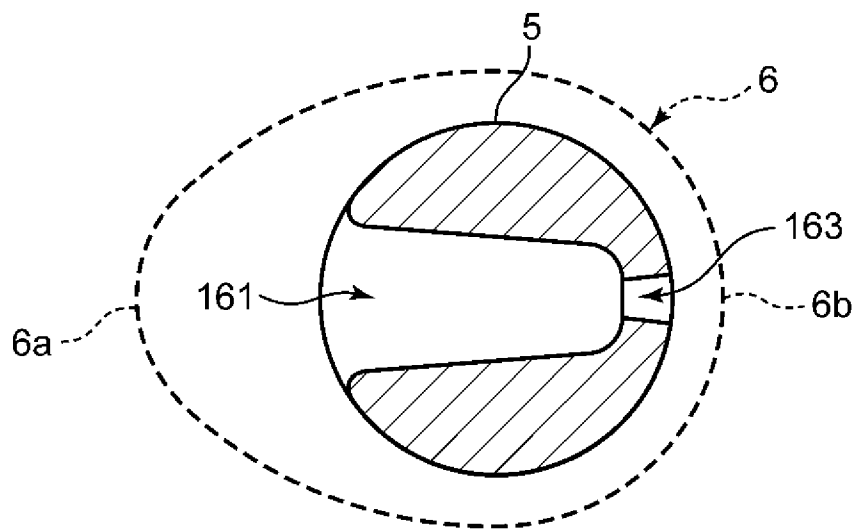
[図11C]



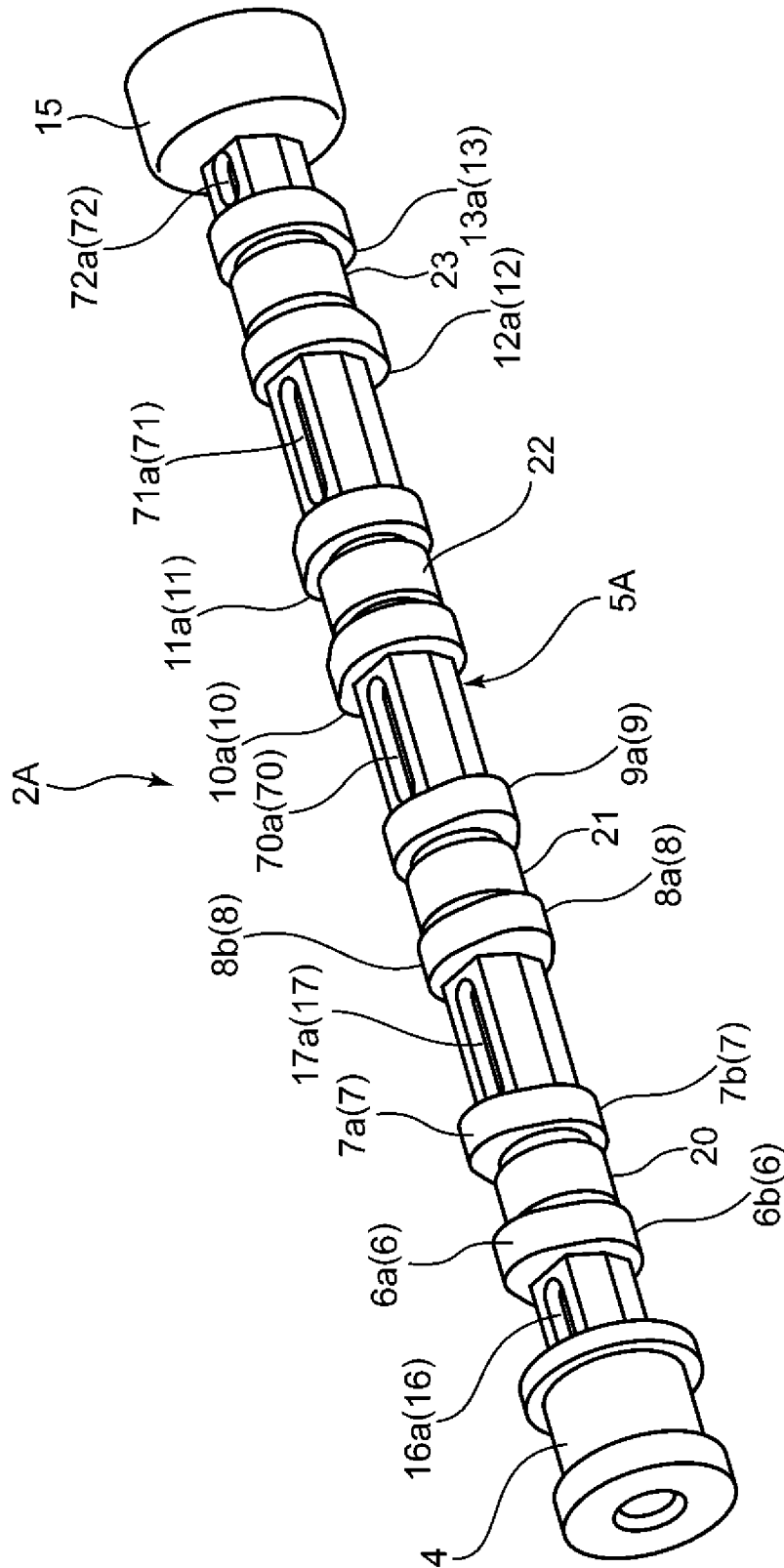
[図12A]



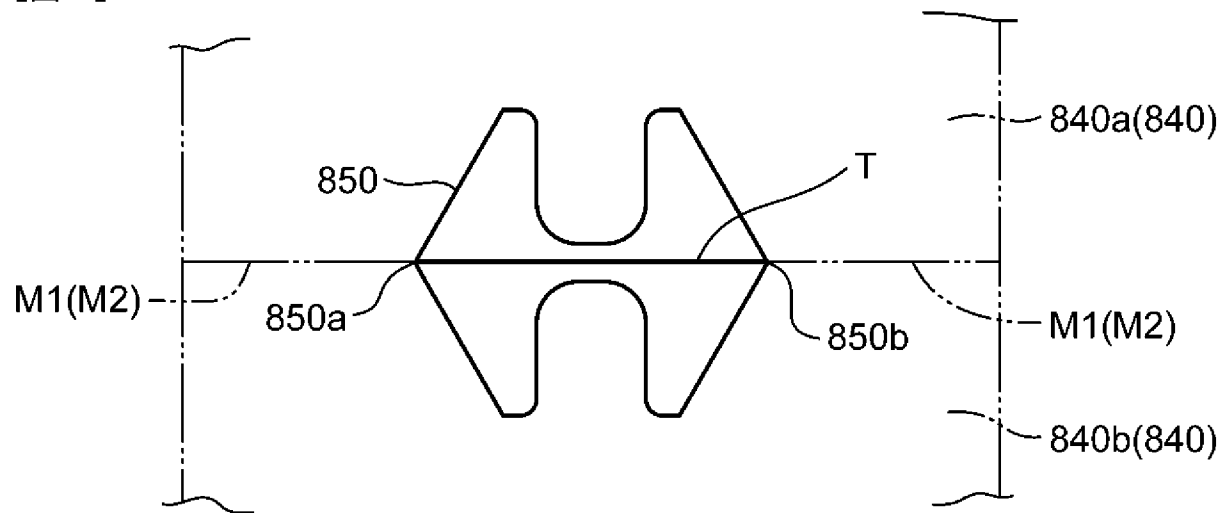
[図12B]



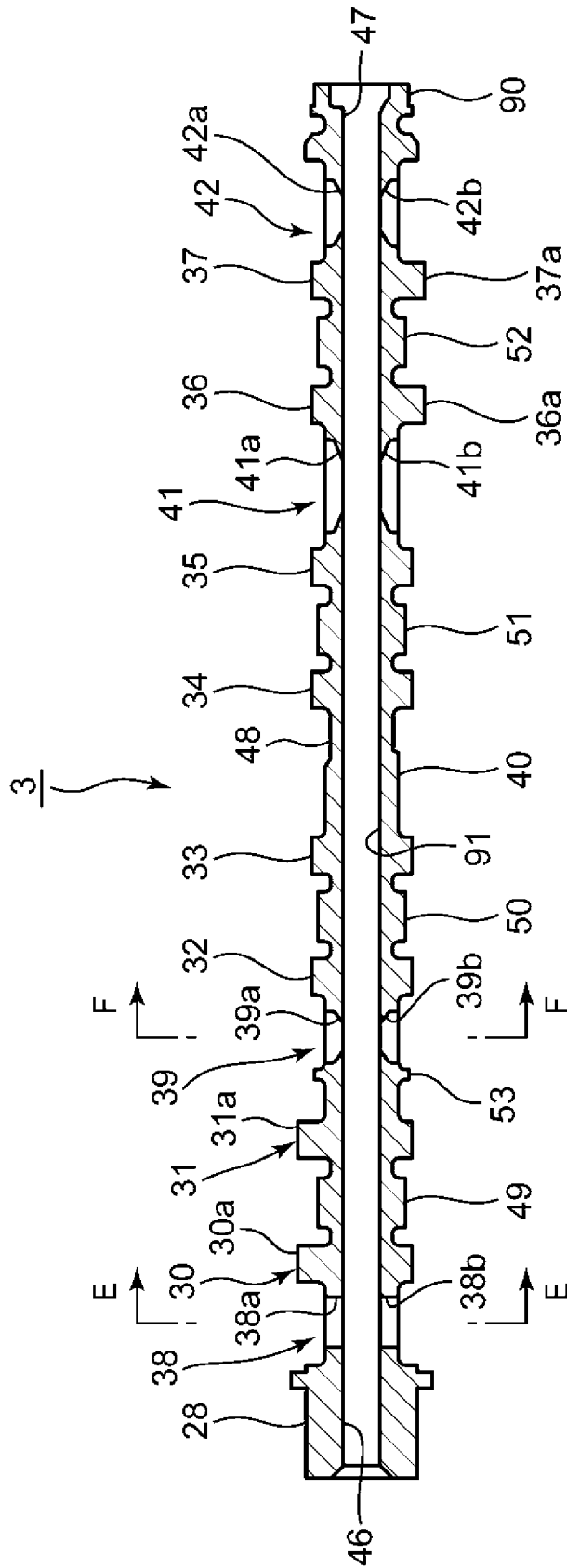
[図13]



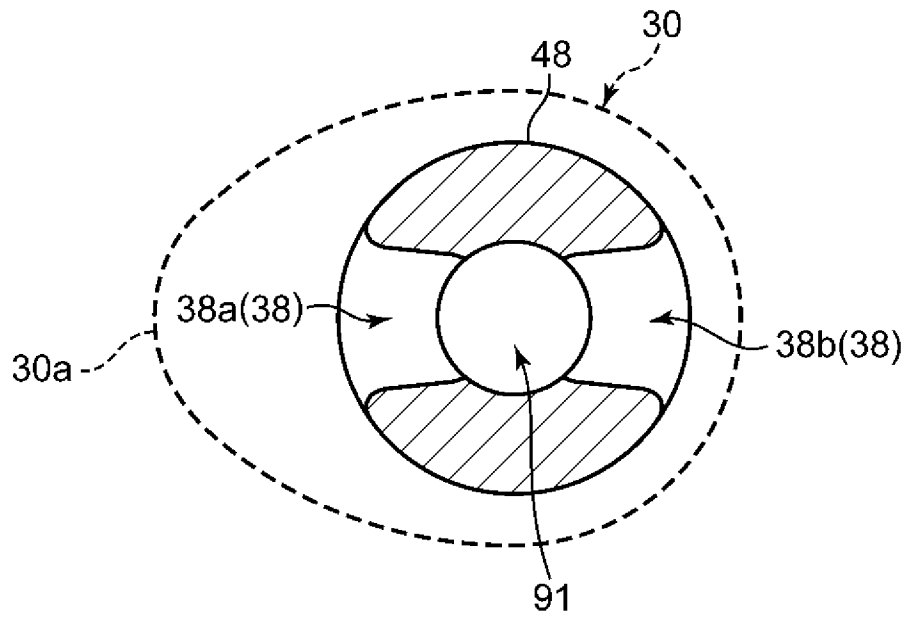
[図14]



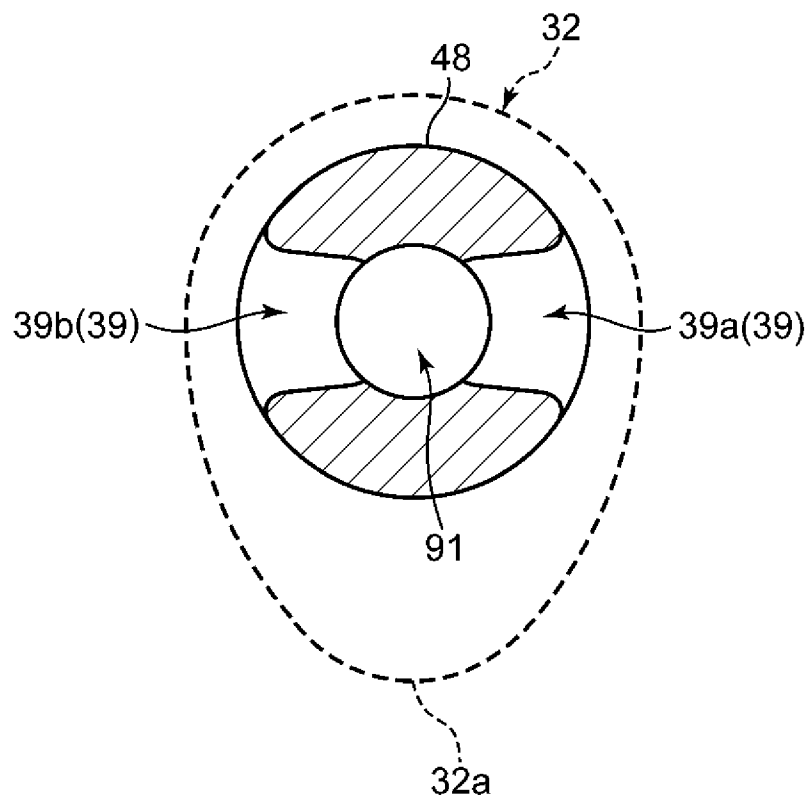
[図15]



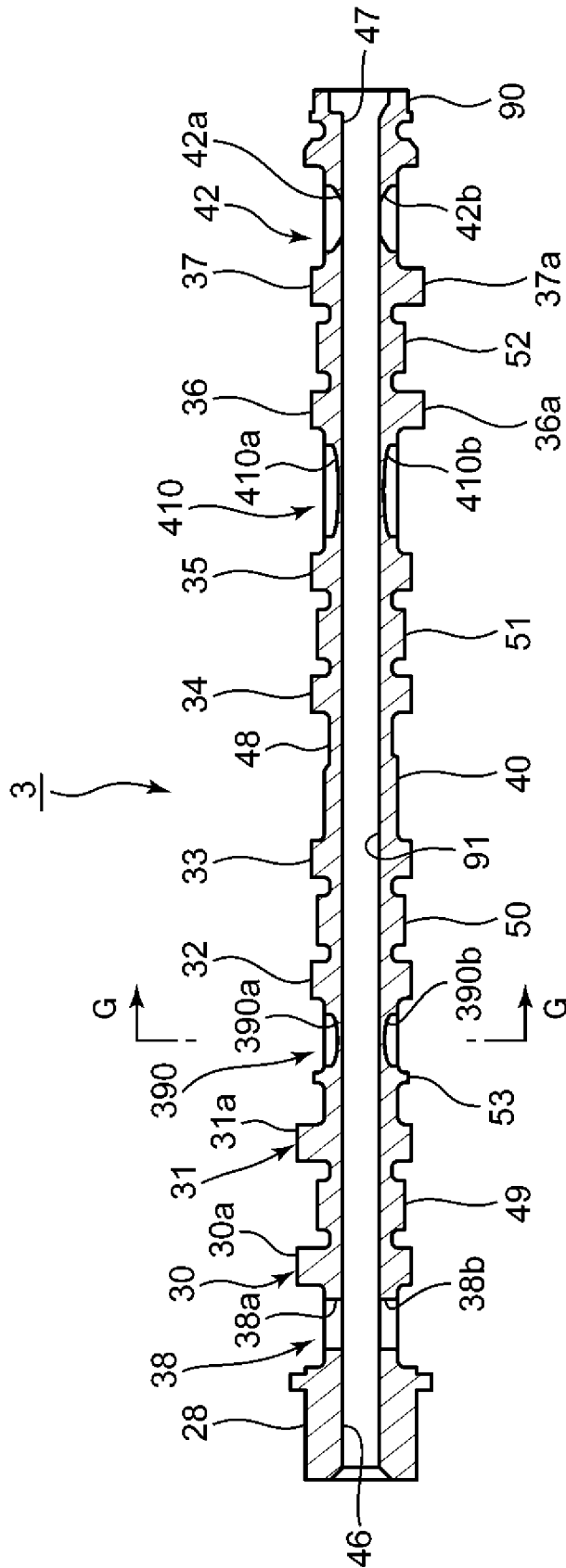
[図16A]



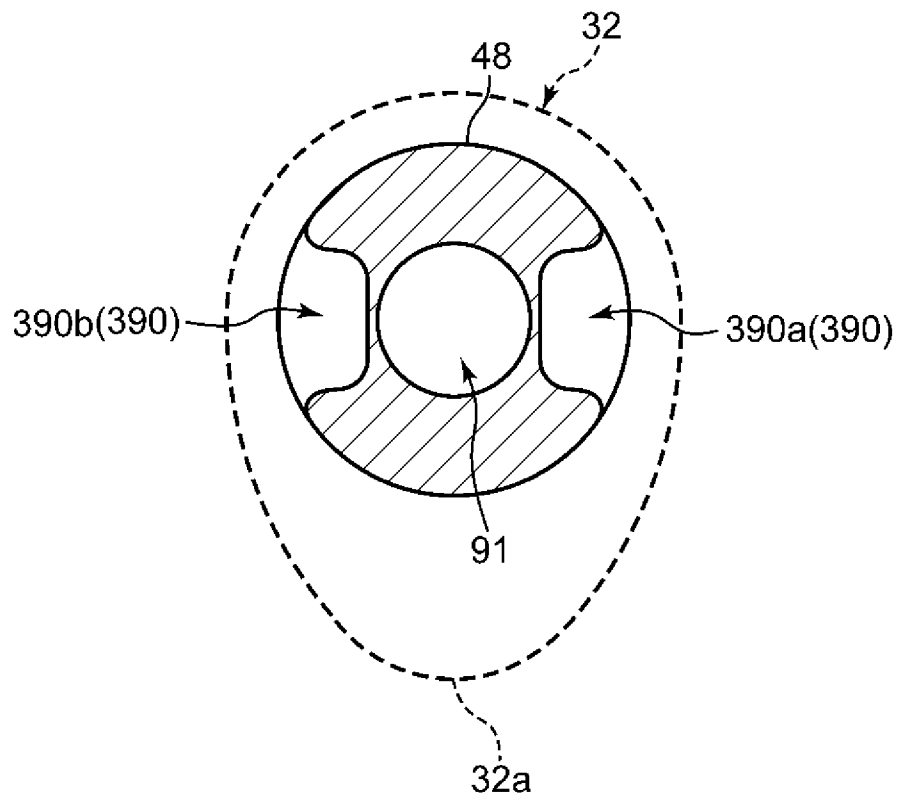
[図16B]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/009983

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C3/18(2006.01)i, B22C7/00(2006.01)i, B22C9/02(2006.01)i, B22C9/22(2006.01)i, F01L1/04(2006.01)i, B22C1/00(2006.01)n

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)

F16C3/18, B22C7/00, B22C9/02, B22C9/22, F01L1/04, B22C1/00

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 Y A	JP 11-22422 A (Yamaha Motor Co., Ltd.), 26 January 1999 (26.01.1999), claims 1, 4; paragraphs [0026] to [0032], [0039]; fig. 4 to 7 & US 6035821 A claims 1, 4; column 5, line 15 to column 6, line 64; fig. 10 to 16	1-2, 5 7-9 6, 10-17
Y A	JP 2011-32897 A (Mitsubishi Motors Corp.), 17 February 2011 (17.02.2011), claims 1, 4 to 6; paragraphs [0023] to [0028], [0031] to [0034]; fig. 1 to 2, 4 (Family: none)	1-5, 7-9 6, 10-17

☒ 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
28 March 2017 (28.03.17)

Date of mailing of the international search report
04 April 2017 (04.04.17)

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/JP2017/009983

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 2010-149135 A (Toyota Motor Corp.), 08 July 2010 (08.07.2010), claims 1 to 2; paragraphs [0001], [0036] to [0042], [0049] to [0050]; fig. 1 to 7 & BR PI0905180 A2	1-5, 7-9
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 131279/1974 (Laid-open No. 58206/1976) (Toyota Motor Co., Ltd.), 07 May 1976 (07.05.1976), claims; specification, page 4, line 5 to page 6, line 4; fig. 1 to 4 (Family: none)	7-9
Y	JP 62-199907 A (Mazda Motor Corp.), 03 September 1987 (03.09.1987), claim 1; fig. 1 to 3 (Family: none)	7-9
Y	JP 4-325704 A (Nippon Piston Ring Co., Ltd.), 16 November 1992 (16.11.1992), paragraph [0010]; fig. 5 (Family: none)	7-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F16C3/18(2006.01)i, B22C7/00(2006.01)i, B22C9/02(2006.01)i, B22C9/22(2006.01)i, F01L1/04(2006.01)i, B22C1/00(2006.01)n

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. F16C3/18, B22C7/00, B22C9/02, B22C9/22, F01L1/04, B22C1/00

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 Y A	JP 11-22422 A (ヤマハ発動機株式会社) 1999.01.26, 請求項 1, 4, [0026]-[0032], [0039], 図 4-7 & US 6035821 A, 請求項 1, 4, 第 5 欄第 15 行-第 6 欄第 64 行, 図 10-16	1-2, 5 7-9 6, 10-17
Y A	JP 2011-32897 A (三菱自動車工業株式会社) 2011.02.17, 請求項 1, 4-6, [0023]-[0028], [0031]-[0034], 図 1-2, 4 (ファミリーなし)	1-5, 7-9 6, 10-17
Y	JP 2010-149135 A (トヨタ自動車株式会社) 2010.07.08, 請求項 1-2, [0001], [0036]-[0042], [0049]-[0050], 図 1-7 & BR PI0905180 A2	1-5, 7-9

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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

28.03.2017

国際調査報告の発送日

04.04.2017

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)

山本 健晴

3 G

3 4 3 1

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	日本国実用新案登録出願 49-131279 号(日本国実用新案登録出願公開 51-58206 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (トヨタ自動車工業株式会社) 1976.05.07, 実用新案登録請求の範囲, 明細書 4 ページ第 5 行-6 ページ第 4 行, 第 1-4 図 (ファミリーなし)	7-9
Y	JP 62-199907 A (マツダ株式会社) 1987.09.03, 請求項 1, 第 1-3 図 (ファミリーなし)	7-9
Y	JP 4-325704 A (日本ピストンリング株式会社) 1992.11.16, [0010], 図 5 (ファミリーなし)	7-9