

(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
2019年4月4日(04.04.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/065053 A1

- (51) 国際特許分類:
F02B 19/16 (2006.01) **F02B 43/00** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/031833
- (22) 国際出願日: 2018年8月28日(28.08.2018)
- (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 2017-190263 2017年9月29日(29.09.2017) JP
- (71) 出願人: 三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES ENGINE & TURBOCHARGER, LTD.) [JP/JP]; 〒2525293 神奈川県相模原市中央区田名 3 0 0 0 番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 柏木 聖紘(KASHIWAGI, Masahiro); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 渡辺 大剛(WATANABE, Daigo); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社

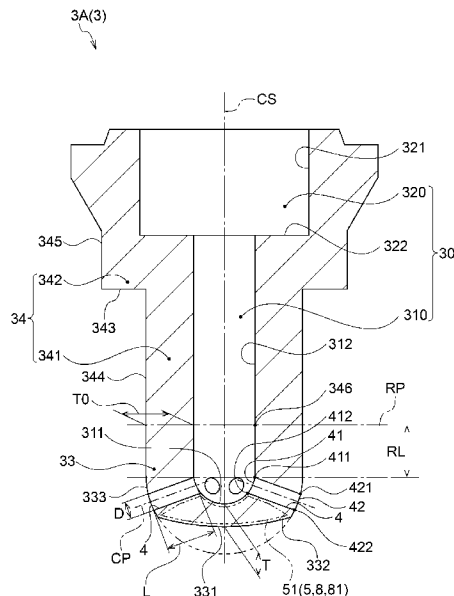
内 Tokyo (JP). 古川 雄太(FURUKAWA, Yuta); 〒2525293 神奈川県相模原市中央区田名 3 0 0 0 番地 三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 誠真 I P 特許業務法人(SEISHIN IP PATENT FIRM, P.C.); 〒1080073 東京都港区三田三丁目 1 3 番 1 6 号 三田 4 3 M Tビル 1 3 階 Tokyo (JP).

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

(54) Title: AUXILIARY CHAMBER TYPE GAS ENGINE

(54) 発明の名称: 副室式ガスエンジン



(57) Abstract: This auxiliary chamber type gas engine is provided with a main chamber forming portion for forming a main combustion chamber, and an auxiliary chamber forming portion for forming an auxiliary chamber which communicates with the main combustion chamber by way of a plurality of injection holes. The auxiliary chamber forming portion includes a cylindrical portion extending in the direction in which an auxiliary chamber central axis of the auxiliary chamber forming portion extends, and a distal end portion which blocks one end portion of the cylindrical portion, on the main combustion chamber side thereof, and in which the injection holes are formed. The distal end portion has a thin walled region, which is a region having a wall thickness T satisfying $T < L$, where L is the length dimension of the injection holes.

(57) 要約: 副室式ガスエンジンは、主燃焼室を形成する主室形成部と、主燃焼室と複数の噴孔を介して連通される副室を形成する副室形成部と、を備える。副室形成部は、副室形成部の副室中心軸線が延在する方向に沿って延在する筒状部と、筒状部の主燃焼室側の一端部を塞ぐとともに内部に噴孔が形成される先端部と、を含む。先端部は、噴孔の長さ寸法を L とした場合に、肉厚 T が $T < L$ を満たす領域である薄肉領域を有する。

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, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

明 細 書

発明の名称：副室式ガスエンジン

技術分野

[0001] 本開示は、副室で生成された燃焼火炎を複数の噴孔を介して、主燃焼室に噴出させることで、主燃焼室の混合気を燃焼させる副室式ガスエンジンに関する。

背景技術

[0002] 従来から、ピストンとシリンダヘッドとの間に画定される主燃焼室（主室）と、該主燃焼室と複数の噴孔を介して連通される副燃焼室（副室）と、を備える副室式ガスエンジンが知られている（例えば、特許文献１）。副室式ガスエンジンは、点火プラグなどの着火装置により副室の混合気を着火し、該着火により生じた燃焼火炎が副室の先端に設けられた複数の噴孔の各々から噴出することで、主燃焼室の希薄予混合気を燃焼させる。

[0003] 特許文献１には、副室の内壁の温度が１０００℃程度まで上昇（昇温）することで内壁が膨張すること、膨張した内壁が温度低下により収縮すること、及び、副室の内壁が膨張と収縮との繰り返しにより熱疲労し、内壁にき裂を生じる虞があることが開示されている。そして、特許文献１には、き裂は噴孔の副室側開口縁近傍に多く発生することも開示されている。

[0004] 上述した課題に対して、特許文献１では、副室側開口縁近傍のき裂発生の原因は、副室側開口縁がその周囲の部位に比べて著しく高温となることにあるとの知見に基づき、開口縁とその周囲の部位との温度差を小さくするために、噴孔の副室側開口縁を一定の曲率半径を有する曲面に形成することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特許第５３５７９２６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 確かに特許文献1では、副室側開口縁に上述した曲面を形成しない場合に比べて、副室側開口縁におけるき裂の発生を抑制することができるが、曲面を形成することにより生じる効果は限定的なものであるため、き裂の発生をさらに抑制したい場合には、さらなる方策が必要となる。

[0007] 上述した事情に鑑みて、本発明の少なくとも一実施形態の目的は、噴孔の周囲に生じる熱応力を低減させることができ、且つ、噴孔の周囲のき裂発生を抑制することができる副室式ガスエンジンを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] (1) 本発明の少なくとも一実施形態に係る副室式ガスエンジンは、
主燃焼室を形成する主室形成部と、
前記主燃焼室と複数の噴孔を介して連通される副室を形成する副室形成部と、を備える副室式ガスエンジンであって、
前記副室形成部は、前記副室形成部の副室中心軸線が延在する方向に沿って延在する筒状部と、前記筒状部の前記主燃焼室側の一端部を塞ぐとともに内部に前記噴孔が形成される先端部と、を含み、
前記先端部は、前記噴孔の長さ寸法を L とした場合に、肉厚 T が $T < L$ を満たす領域である薄肉領域を有する。

[0009] 上記(1)の構成によれば、副室形成部の先端部は、噴孔の長さ寸法を L とした場合に、肉厚 T が $T < L$ を満たす領域である薄肉領域を有している。先端部の内部には複数の噴孔が形成されているため、上記薄肉領域は、噴孔の周囲に形成されることとなる。このような薄肉領域が、燃焼火炎がもたらす熱の影響が大きい先端部の噴孔の周囲に形成されることで、複数の噴孔の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における複数の噴孔の周囲の温度分布(温度差)を緩やかにすることができる。複数の噴孔の周囲の熱容量や剛性を小さくすることで、複数の噴孔の周囲における熱変形(熱膨張や熱収縮)がし易くなるため、複数の噴孔の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。また、昇温時におけ

る複数の噴孔の周囲の温度分布を緩やかにすることで、噴孔の周囲における不均一な熱変形を抑制できるため、複数の噴孔の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。よって、熱疲労による噴孔の周囲のき裂発生を抑制することができる。

[0010] (2) 本発明の少なくとも一実施形態に係る副室式ガスエンジンは、

主燃焼室を形成する主室形成部と、

前記主燃焼室と複数の噴孔を介して連通される副室を形成する副室形成部と、を備える副室式ガスエンジンであって、

前記副室形成部は、前記副室形成部の副室中心軸線が延在する方向に沿って延在する筒状部と、前記筒状部の前記主燃焼室側の一端部を塞ぐとともに内部に前記噴孔が形成される先端部と、を含み、

前記先端部は、前記噴孔の前記副室側の開口の上端縁から前記副室中心軸線が延在する方向に沿って、前記主燃焼室側とは反対の方向に前記噴孔の噴孔径の所定倍の長さだけ離れた位置において前記副室中心軸線と直交する方向に延在する基準面よりも前記主燃焼室側に位置するとともに、

前記基準面における前記副室形成部の肉厚を T_0 とした場合に、肉厚 T が $T < T_0$ を満たす領域である薄肉領域を有する。

[0011] 上記(2)の構成によれば、副室形成部の先端部は、噴孔の副室側の開口の上端縁から副室中心軸線が延在する方向に沿って、主燃焼室側とは反対の方向に噴孔の噴孔径の例えば3倍等の所定倍の長さだけ離れた位置において副室中心軸線と直交する方向に延在する基準面よりも主燃焼室側に位置している。そして、先端部は、上記基準面における副室形成部の肉厚を T_0 とした場合に、肉厚 T が $T < T_0$ を満たす領域である薄肉領域を有している。すなわち、薄肉領域は、燃焼火炎がもたらす熱の影響が小さい基準面よりも肉厚が薄い。このような薄肉領域が、燃焼火炎がもたらす熱の影響が大きい先端部の噴孔の周囲に形成されることで、複数の噴孔の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における複数の噴孔の周囲の温度分布（温度差）を緩やかにすることができる。複数の噴孔の周囲の熱容量や剛性を小さくす

ることで、複数の噴孔の周囲における熱変形（熱膨張や熱収縮）がし易くなるため、複数の噴孔の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。また、昇温時における複数の噴孔の周囲の温度分布を緩やかにすることで、噴孔の周囲における不均一な熱変形を抑制できるため、複数の噴孔の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。よって、熱疲労による噴孔の周囲のき裂発生を抑制することができる。

[0012] （３）幾つかの実施形態では、上記（１）の構成において、

前記薄肉領域は、前記先端部における先端を含む領域である。

上記（３）の構成によれば、薄肉領域は、先端部の先端を含む領域であるので、先端部の先端に薄肉領域を有しない場合に比べて、先端部の先端における肉厚を薄くできる。このため、噴孔の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における複数の噴孔の周囲の温度分布を緩やかにすることができるので、熱疲労による噴孔の周囲のき裂発生を抑制することができる。

[0013] （４）幾つかの実施形態では、上記（２）の構成において、

前記薄肉領域は、前記先端部における先端を含む領域である。

上記（４）の構成によれば、薄肉領域は、先端部の先端を含む領域であるので、先端部の先端に薄肉領域を有しない場合に比べて、先端部の先端における肉厚を薄くできる。このため、噴孔の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における複数の噴孔の周囲の温度分布を緩やかにすることができるので、熱疲労による噴孔の周囲のき裂発生を抑制することができる。

[0014] （５）幾つかの実施形態では、上記（２）又は（４）の構成において、

前記薄肉領域は、前記先端部において、前記噴孔の前記主燃焼室側の開口の周縁の少なくとも一部を含む領域である。

上記（５）の構成によれば、薄肉領域は、先端部において、噴孔の主燃焼室側の開口の周縁の少なくとも一部を含む領域であるので、噴孔の周囲の肉厚を薄くすることができる。このため、噴孔の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における複数の噴孔の周囲の温度分布を緩やかにするこ

とができるので、熱疲労による噴孔の周囲のき裂発生を抑制することができる。

[0015] (6) 幾つかの実施形態では、上記(1)～(5)の構成において、

前記薄肉領域は、前記先端部において、前記先端部の周方向に隣接する一対の噴孔の間を含む領域である。

上記(6)の構成によれば、薄肉領域は、先端部において、先端部の周方向に隣接する一対の噴孔の間を含む領域であるので、周方向に隣接する一対の噴孔の間の肉厚を薄くできる。このため、前記一対の噴孔の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における前記一対の噴孔の周囲の温度分布を緩やかにすることができるので、熱疲労による噴孔の周囲のき裂発生を抑制することができる。

[0016] (7) 幾つかの実施形態では、上記(6)の構成において、

前記薄肉領域は、前記先端部の前記主燃焼室に面する外周面に形成された少なくとも1つの外側凹部を含んで構成されている。

上記(7)の構成によれば、薄肉領域は先端部の主燃焼室に面する外周面に形成された少なくとも1つの外側凹部を含んで構成されている。すなわち、先端部の外周面に形成された少なくとも1つの外側凹部により薄肉領域が画定されているので、複数の噴孔の主燃焼室側開口の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。

[0017] (8) 幾つかの実施形態では、上記(6)又は(7)の構成において、

前記薄肉領域は、前記先端部の前記副室に面する内周面に形成された少なくとも1つの内側凹部を含んで構成されている。

上記(8)の構成によれば、薄肉領域は先端部の副室に面する内周面に形成された少なくとも1つの内側凹部を含んで構成されている。すなわち、先端部の内周面に形成された少なくとも1つの内側凹部により薄肉領域が画定されているので、複数の噴孔の副室側開口の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。

発明の効果

[0018] 本発明の少なくとも一実施形態によれば、噴孔の周囲に生じる熱応力を低減させることができ、且つ、噴孔の周囲のき裂発生を抑制することができる副室式ガスエンジンが提供される。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の一実施形態に係る副室式ガスエンジンを概略的に示す断面図である。

[図2]一実施形態における副室形成部の概略断面図である。

[図3]他の一実施形態における副室形成部の概略断面図であって、先端部の主燃焼室に面する外周面に形成された外側凹部を説明するための図である。

[図4]図3に示すA－A線矢視の概略断面図である。

[図5]他の一実施形態における副室形成部の概略断面図であって、先端部に設けられた薄肉領域を説明するための図である。

[図6]図5に示すB－B線矢視の概略断面図である。

[図7]他の一実施形態における副室形成部の概略断面図であって、先端部の副室に面する内周面に形成された内側凹部を説明するための図である。

[図8]図7に示すC－C線矢視の概略断面図である。

[図9]他の一実施形態における副室形成部の先端部近傍を拡大して示す概略断面図であって、噴孔の副室側開口の周縁に形成された面取り形状について説明するための図である。

[図10]副室形成部の噴孔の周囲の温度解析結果及び応力解析結果を説明するための図である。

[図11]第1薄肉領域を有する副室形成部の副室側開口における無次元化されたひずみ範囲を示す図表であって、薄肉領域を有しない副室形成部と比較するための図表である。

[図12]第1薄肉領域、第3薄肉領域及び副室側開口の周縁に形成された面取り形状を有する副室形成部の副室側開口における無次元化されたひずみ範囲を示す図表であって、薄肉領域を有しない副室形成部と比較するための図表である。

[図13]他の一実施形態における副室形成部の概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

[0021] 図1は、本発明の一実施形態に係る副室式ガスエンジンを概略的に示す断面図である。図1に示されるように、幾つかの実施形態に係る副室式ガスエンジン1は、エンジンの主燃焼室20（主室）を形成する主室形成部2と、主燃焼室20と複数の噴孔4を介して連通される副室30を形成する副室形成部3と、を備えている。

[0022] 副室式ガスエンジン1は、図1に示されるように、円筒状の筒構造を内部に有するシリンダブロック11及び該筒構造の上部に蓋をすることが可能な窪み構造を内部に有するシリンダヘッド12とで構成されるシリンダ13と

、シリンダ１３内に収納され往復運動するピストン１４と、例えばニッケル系合金で形成されている副室口金１９と、を備えている。上述した主燃焼室２０は、シリンダ１３とピストン１４との間に画定されている。上述した副室３０は、主燃焼室２０の上部（ピストン１４とは反対側）に位置するようにシリンダヘッド１２に設置された副室口金１９により画定されている。すなわち、シリンダ１３とピストン１４とで主室形成部２が構成され、副室口金１９により副室形成部３が形成されている。

[0023] 副室形成部３は、図１に示されるように、その内部に形成された副室３０と外部とを連通する複数の噴孔４を有しており、これらの複数の噴孔４を介して主燃焼室２０と副室３０とが連通される。

[0024] また、副室形成部３は、図１に示されるように、所定の内径を有する筒状の小径筒室３１０であって、複数の噴孔４が接続される小径筒室３１０を形成する小径筒形成部３１と、小径筒室３１０よりも大きい内径を有する筒状の大径筒室３２０を形成する大径筒形成部３２と、で構成されている。つまり、副室３０は、小径筒室３１０と大径筒室３２０とを含んでいる。なお、副室３０は、一定の内径を有した筒状の形状をしているなど、他の形状を有していても良い。

[0025] 図１に示されるように、副室中心軸線ＣＳは、小径筒室３１０の中心軸線となっている。なお、図１に示される実施形態では、主室中心軸線ＣＭと副室中心軸線ＣＳとが一致しているが、主室中心軸線ＣＭに対して副室中心軸線ＣＳが傾斜していても良い。また、小径筒室３１０の中心軸線と大径筒室３２０の中心軸線とが一致していなくても良い。

[0026] 図１に示される実施形態では、副室式ガスエンジン１は、副室３０の大径筒室３２０に設けられる着火装置６と、主燃焼室２０を介さずに副室３０に副室用燃料ガスを直接供給する副室ガス供給装置７と、をさらに備えている。着火装置６は、混合気を着火（点火）することが可能な着火部６１を有する。図１に示されるように、着火装置６は点火プラグであり、点火プラグの電極（着火部６１）が副室中心軸線ＣＳ上に位置するように、着火装置６は

エンジンに設置されている。なお、着火装置 6 は、着火部 6 1 が副室中心軸線 C S から所定距離だけ離れて位置に設置されていても良い。副室ガス供給装置 7 は、図 1 に示されるように、大径筒室 3 2 0 に副室燃料ガスを供給するように構成されており、副室燃料ガス供給弁 7 1 により副室 3 0 への副室用燃料ガスの供給が制御される。

[0027] 図 1 に示される実施形態では、副室式ガスエンジン 1 は、シリンダヘッド 1 2 の周囲に接続された吸気ポート 1 5 及び排気ポート 1 6 と、吸気ポート 1 5 を開閉する吸気弁 1 7 と、排気ポート 1 6 を開閉する排気弁 1 8 と、をさらに備えている。

[0028] 上述したような構成を有する副室式ガスエンジン 1 は、例えば、吸気行程において、ピストン 1 4 が下降する際には、吸気弁 1 7 が開き、排気弁 1 8 が閉じる。吸気弁 1 7 が開くと、吸気弁 1 7 に繋がる吸気ポート 1 5 から燃料ガスと空気を混合させた希薄予混合気がシリンダ 1 3 内に導入される。また、副室燃料ガス供給弁 7 1 が開くことにより、副室燃料ガスが副室 3 0 に導入される。他方、圧縮行程において、ピストン 1 4 が上昇する際には副室燃料ガス供給弁 7 1 が閉じる。そして、吸気ポート 1 5 を介してシリンダ 1 3 内に導入された希薄予混合気はピストン 1 4 の上昇に伴って圧縮されるに伴って、その一部が、副室 3 0 の複数の噴孔 4 の各々を通して副室 3 0 に導入される。燃焼行程において、主燃焼室 2 0 から副室 3 0 に導入された希薄予混合気は、副室燃料ガスと混合して、副室 3 0 に着火に適した濃度の混合気生成される。そして、ピストン 1 4 が圧縮上死点近傍に位置する際の所定のタイミングで着火装置 6 により副室 3 0 の混合気を着火すると、副室 3 0 の混合気が燃焼し、この燃焼によって生じた燃焼火炎が複数の噴孔 4 の各々からシリンダ 1 3 へ噴出し、シリンダ 1 3 内の希薄予混合気を着火することで、主燃焼室 2 0 の希薄予混合気の燃焼に至る。

[0029] 副室式ガスエンジン 1 では、例えば、上述した燃焼行程において、燃焼火炎が複数の噴孔 4 の各々からシリンダ 1 3 へ噴出する際に副室形成部 3 の内壁や噴孔 4 の温度が急激に上昇するというような、副室形成部 3 の内壁や噴

孔 4 に急激な温度変化が生じるので、副室形成部 3 の内壁や噴孔 4 にき裂が生じる虞がある。本発明者らは、後述するように、副室形成部 3 に薄肉領域 5 や薄肉領域 8 を設けて、噴孔 4 の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における複数の噴孔の周囲の温度分布（温度差）を緩やかにすることで、噴孔 4 の周囲に生じる熱応力を低減させることができ、且つ、噴孔 4 の周囲のき裂発生を抑制することができることを見出した。

[0030] 以下、副室式ガスエンジン 1 の副室形成部 3 が備える構成について、それぞれ説明する。

図 2、3、5 及び 7 は、各々実施形態における副室形成部の概略断面図である。図 3 は、先端部の主燃焼室に面する外周面に形成された外側凹部を説明するための図である。図 4 は、図 3 に示す A－A 線矢視の概略断面図である。図 5 は、先端部に設けられた薄肉領域の一例を説明するための図である。図 6 は、図 5 に示す B－B 線矢視の概略断面図である。図 7 は、先端部の副室に面する内周面に形成された内側凹部を説明するための図である。図 8 は、図 7 に示す C－C 線矢視の概略断面図である。なお、図 3 に示す A－A 線、図 5 に示す B－B 線、及び図 7 に示す C－C 線は、噴孔 4 の副室側開口 4 1 の上端縁 4 1 1 を通過し、副室中心軸線 C S と直交する方向に延在している。

[0031] 幾つかの実施形態に係る副室式ガスエンジン 1 における副室形成部 3 は、図 2、3、5 及び 7 に示されるように、副室形成部 3 の副室中心軸線 C S が延在する方向（図中上下方向）に沿って延在する筒状部 3 4 と、筒状部 3 4 の主燃焼室 2 0 側の一端部（下端部）を塞ぐ先端部 3 3 とを含んでいる。筒状部 3 4 は、図 2、3、5 及び 7 に示されるように、筒状の小径筒状部 3 4 1 と、小径筒状部 3 4 1 よりも大きい外径を有する筒状の大径筒状部 3 4 2 と、を含んで構成されており、小径筒状部 3 4 1 の外周面 3 4 4 と大径筒状部 3 4 2 の外周面 3 4 5 との間に段差面 3 4 3 が形成されている。副室形成部 3 は、筒状部 3 4 の段差面 3 4 3 を、シリンダヘッド 1 2 の不図示の部分に当接、又は、不図示のシール部材等を間に介して接触させることで、シリ

ンダヘッド12に支持されている。また、副室形成部3における大径筒室320は、一定の内径を有した筒状に形成されており、大径筒室320の壁面321と小径筒室310の壁面312との間に段差面322が形成されている。

[0032] 先端部33は、図2、3、5及び7に示されるように、内部に副室中心軸線CSに対して中心線CPが傾斜して設けられている複数の噴孔4が形成されている。図2、3、5及び7に示されるように、噴孔4の噴孔径をDとし、噴孔長さをLとする。ここで、噴孔径Dや噴孔長さLは、副室式ガスエンジン1の燃焼性能や副室形成部3の内圧により決定される。複数の噴孔4は、図4、6及び8に示されるように、周方向に互いに間隔をおいて設けられている。

[0033] また、先端部33は、図2、3、5及び7に示されるように、小径筒状部341の、大径筒状部342と一体的に形成される上端部とは反対側に位置する下端部に一体的に形成されている。先端部33は、図2、3、5及び7に示されるように、小径筒状部341の下端部から突出するように形成され、凸曲面状の先端面332を有している。なお、先端部33は、小径筒状部341の下端部より内側に凹むように形成され、凹曲面状の先端面を有していてもよい。また、先端部33は、副室中心軸線CSの延在方向に直交する方向に沿って延在するように形成され、平坦状の先端面を有していてもよい。

[0034] 図2、4～6及び8に示されるように、噴孔4の長さ寸法をLとした場合に、先端部33は、肉厚Tが $T < L$ を満たす領域である薄肉領域5を有している。

[0035] 上記の構成によれば、副室形成部3の先端部33は、噴孔4の長さ寸法をLとした場合に、肉厚Tが $T < L$ を満たす領域である薄肉領域5を有している。先端部33の内部には複数の噴孔4が形成されているため、上記薄肉領域5は、噴孔4の周囲に形成されることとなる。このような薄肉領域5が、燃焼火炎がもたらす熱の影響が大きい先端部33の噴孔4の周囲に形成され

ることで、複数の噴孔４の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における複数の噴孔４の周囲の温度分布（温度差）を緩やかにすることができる。複数の噴孔４の周囲の熱容量や剛性を小さくすることで、複数の噴孔４の周囲における熱変形（熱膨張や熱収縮）がし易くなるため、複数の噴孔４の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。また、昇温時における複数の噴孔４の周囲の温度分布を緩やかにすることで、噴孔４の周囲における不均一な熱変形を抑制できるため、複数の噴孔４の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。よって、熱疲労による噴孔４の周囲のき裂発生を抑制することができる。

[0036] 幾つかの実施形態では、図２、５に示されるように、上述した薄肉領域５は、先端部３３の先端３３１を含む領域である。先端部３３の先端３３１は、図２、５に示されるように、副室中心軸線ＣＳの延在方向において、筒状部３４と一体的に接続される端部とは反対側の端部である。

[0037] 図２、５に示される実施形態では、副室形成部３は、第１薄肉領域５１を含む薄肉領域５を有する副室形成部３Ａ、３Ｃを含んでいる。副室形成部３Ａ、３Ｃの先端部３３は、図２、５に示されるように、副室中心軸線ＣＳの延在方向における噴孔４の主燃焼室側開口４２の下端縁４２２よりも先端３３１側では、先端３３１側に向かうにつれて徐々に肉厚が薄くなっている。副室形成部３Ａ、３Ｃの先端部３３の先端３３１側には、肉厚が噴孔長さＬと等しい部位の外周を構成する外周面３３３よりも曲率の小さい先端面３３２が形成されている。このため、先端部３３の先端面３３２が外周を構成する部位の肉厚Ｔは、噴孔４の噴孔長さＬより小さく形成されている。第１薄肉領域５１は、図２、５に示されるように、副室中心軸線ＣＳの延在方向における、先端３３１から噴孔４の副室側開口４１の下端縁４１２よりも下側までにわたって形成されている。第１薄肉領域５１は、噴孔４の周縁、すなわち、噴孔４の副室側開口４１や主燃焼室側開口４２を含んでいない。

[0038] 上記の構成によれば、薄肉領域５（第１薄肉領域５１）は、先端部３３の

先端 3 3 1 を含む領域であるので、先端部 3 3 の先端 3 3 1 に薄肉領域 5 を有しない場合に比べて、先端部 3 3 の先端 3 3 1 の肉厚を薄くできる。このため、噴孔 4 の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における複数の噴孔 4 の周囲の温度分布を緩やかにすることができるので、熱疲労による噴孔 4 の周囲のき裂発生を抑制することができる。なお、先端部 3 3 の先端 3 3 1 に薄肉領域 5 を有しない副室形成部 3 に対して、例えば切削等により先端部 3 3 の先端 3 3 1 を含む薄肉領域 5 を形成することは容易である。

[0039] 幾つかの実施形態では、図 4、6 及び 8 に示されるように、薄肉領域 5（第 2 薄肉領域 5 2、第 3 薄肉領域 5 3）は、先端部 3 3 において、先端部 3 3 の周方向に隣接する一対の噴孔 4 の間を含む領域である。図 2～8 に示される実施形態では、副室形成部 3 の、噴孔 4 の副室側開口 4 1 の上端縁 4 1 1 を通過するとともに副室中心軸線 C S と直交する方向に延在する面における周方向の一部の肉厚 T 1 が、上述した噴孔 4 の噴孔長さ L と同じ長さを有している。図 3、4 に示される実施形態では、副室形成部 3 は、第 2 薄肉領域 5 2 を含む薄肉領域 5 を有する副室形成部 3 B を含んでいる。図 5、6 に示される実施形態では、副室形成部 3 C は、上述した第 1 薄肉領域 5 1 に加えて、第 2 薄肉領域 5 2 を含む薄肉領域 5 を有している。第 2 薄肉領域 5 2 は、図 4、6 に示されるように、先端部 3 3 において、先端部 3 3 の周方向に隣接する一対の噴孔 4 の間にそれぞれ形成されている。図 7、8 に示される実施形態では、副室形成部 3 は、第 3 薄肉領域 5 3 を含む薄肉領域 5 を有する副室形成部 3 D を含んでいる。第 3 薄肉領域 5 3 は、図 7、8 に示されるように、先端部 3 3 において、先端部 3 3 の周方向に隣接する一対の噴孔 4 の間にそれぞれ形成されている。

[0040] 上記の構成によれば、薄肉領域 5（第 2 薄肉領域 5 2、第 3 薄肉領域 5 3）は、先端部 3 3 において、先端部 3 3 の周方向に隣接する一対の噴孔 4 の間を含む領域であるので、周方向に隣接する一対の噴孔 4 の間の肉厚を薄くできる。このため、前記一対の噴孔 4 の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における前記一対の噴孔 4 の周囲の温度分布を緩やかにするこ

とができるので、熱疲労による噴孔4の周囲のき裂発生を抑制することができる。

[0041] 幾つかの実施形態では、上述した第2薄肉領域52は、図4、6に示されるように、先端部33の主燃焼室20に面する外周面（先端面332、外周面333）に形成された少なくとも1つの外側凹部36、37（凹部35）を含んで構成されている。外側凹部36、37は、図3、5に示されるように、副室中心軸線CSの延在方向において、少なくとも主燃焼室側開口42の下端縁422から副室側開口41の上端縁411までにわたって形成されている。図4、6に示される実施形態では、先端部33に複数の外側凹部36、37が形成されており、複数の外側凹部36、37は、先端部33の周方向に互いに間隔をおいて、且つ、先端部33の周方向に隣接する一対の噴孔4の間に設けられている。

[0042] 図3、4に示される実施形態では、副室形成部3Bは、副室中心軸線CSの延在方向における筒状部34の段差面343より先端部33側や先端部33の、外側凹部36が形成されていない部分の肉厚が一定に形成されている。複数の外側凹部36は、図3に示されるように、副室中心軸線CSの延在方向における、先端部33の先端面332から筒状部34の段差面343までにわたるスリット状に形成されている。複数の外側凹部36は、先端部33の先端面332及び小径筒状部341の外周面344のそれぞれから、内側（副室30に面する側）に円弧状の底面を有するように凹んで形成されている。このため、図4に示されるように、先端部33の周方向における外側凹部36が形成されている部分の肉厚Tは、周方向における外側凹部36が形成されていない部分の肉厚T1より小さく形成されている。ここで、肉厚T1は、上述したように噴孔4の噴孔長さLと同じ長さを有している。

[0043] 図5、6に示される実施形態では、副室形成部3Cは、副室中心軸線CSの延在方向における、筒状部34の段差面343より先端部33側、且つ、噴孔4の主燃焼室側開口42の下端縁422を含む先端部33の筒状部34側、の外側凹部37が形成されていない部分の肉厚が一定に形成されている。

。複数の外側凹部 37 は、図 5 に示されるように、副室中心軸線 CS の延在方向における、先端部 33 の先端面 332 から小径筒状部 341 の下端部までにわたるスリット状に形成されている。複数の外側凹部 37 は、先端部 33 の外周面 333 及び小径筒状部 341 の外周面 344 のそれぞれから、一定の深さになるように内側（副室 30 に面する側）に円弧状の底面を有するように凹んで形成されている。このため、図 6 に示されるように、先端部 33 の周方向における外側凹部 37 が形成されている部分の肉厚 T は、周方向における外側凹部 37 が形成されていない部分の肉厚 T1 より小さく形成されている。ここで、肉厚 T1 は、上述したように噴孔 4 の噴孔長さ L と同じ長さを有している。

[0044] 上記の構成によれば、薄肉領域 5（第 2 薄肉領域 52）は、先端部 33 の主燃焼室 20 に面する外周面（先端面 332、外周面 333）に形成された少なくとも 1 つの外側凹部 36、37 を含んで構成されている。すなわち、先端部 33 の外周面に形成された少なくとも 1 つの外側凹部 36、37 により薄肉領域 5 が画定されているので、複数の噴孔 4 の主燃焼室側開口 42 の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。なお、例えば切削等により先端部 33 の外周面に外側凹部 36、37 を形成することは容易である。

[0045] 幾つかの実施形態では、上述した第 3 薄肉領域 53 は、図 7、8 に示されるように、先端部 33 の副室 30 に面する内周面（底面 311、壁面 312）に形成された少なくとも 1 つの内側凹部 38（凹部 35）を含んで構成されている。内側凹部 38 は、図 7 に示されるように、副室中心軸線 CS の延在方向における、少なくとも主燃焼室側開口 42 の下端縁 422 から副室側開口 41 の上端縁 411 までにわたって形成されている。図 8 に示される実施形態では、先端部 33 に複数の内側凹部 38 が形成されており、複数の内側凹部 38 は、先端部 33 の周方向に互いに間隔をおいて、且つ、先端部 33 の周方向に隣接する一対の噴孔 4 の間に設けられている。

[0046] 図 7、8 に示される実施形態では、副室形成部 3D は、副室中心軸線 CS

の延在方向における筒状部 3 4 の段差面 3 4 3 より先端部 3 3 側や先端部 3 3 の、内側凹部 3 8 が形成されていない部分の肉厚が一定に形成されている。複数の内側凹部 3 8 は、図 7 に示されるように、副室中心軸線 C S の延在方向における、小径筒室 3 1 0 の底面 3 1 1 から大径筒室 3 2 0 の段差面 3 2 2 までにわたるスリット状に形成されている。複数の内側凹部 3 8 は、小径筒室 3 1 0 の底面 3 1 1 及び壁面 3 1 2 から、一定の深さになるように内側（主燃焼室 2 0 に面する側）に円弧状の底面を有するように凹んで形成されている。複数の内側凹部 3 8 は、図 8 に示されるように、小径筒室 3 1 0 の底面 3 1 1 において互いに接続している。このため、図 8 に示されるように、先端部 3 3 の周方向における内側凹部 3 8 が形成されている部分の肉厚 T は、周方向における内側凹部 3 8 が形成されていない部分の肉厚 T 1 より小さく形成されている。ここで、肉厚 T 1 は、上述したように噴孔 4 の噴孔長さ L と同じ長さを有している。

[0047] 上記の構成によれば、薄肉領域 5（第 3 薄肉領域 5 3）は先端部 3 3 の副室 3 0 に面する内周面（底面 3 1 1、壁面 3 1 2）に形成された少なくとも 1 つの内側凹部 3 8 を含んで構成されている。すなわち、先端部 3 3 の内周面に形成された少なくとも 1 つの内側凹部 3 8 により薄肉領域 5 が画定されているので、複数の噴孔 4 の副室側開口 4 1 の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。なお、内側凹部 3 8 が、副室中心軸線 C S の延在方向における筒状部 3 4 の段差面 3 4 3 までにわたって形成されている場合には、例えば切削等により先端部 3 3 の内側に内側凹部 3 8 を形成することは容易である。

[0048] 上述した幾つかの実施形態では、図 3、7 に示されるように、上述した凹部 3 5（外側凹部 3 6、3 7、内側凹部 3 8）は、副室中心軸線 C S の延在方向に沿って、先端部 3 3 から上述した基準面 R P を越えて筒状部 3 4 の少なくとも一部にわたって延在する。

[0049] 上記の構成によれば、凹部 3 5 は副室中心軸線 C S の延在方向に沿って、先端部 3 3 から筒状部 3 4 の少なくとも一部にわたって延在するので、筒状

部 3 4 の先端部 3 3 側の少なくとも一部において、肉厚が薄く形成されている。このため、筒状部 3 4 の先端部 3 3 側の少なくとも一部において、熱変形がし易くなるため、先端部 3 3 における熱が筒状部 3 4 側に伝わり易くなる。このため、複数の噴孔の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。

[0050] 図 9 は、他の一実施形態における副室形成部の先端部近傍を拡大して示す概略断面図であって、噴孔の副室側開口の周縁に形成された面取り形状について説明するための図である。図 9 に示される実施形態では、副室形成部 3 は、上述した副室側開口 4 1 に面取り部 4 1 4 を有する副室形成部 3 E を含んでいる。副室形成部 3 E は、図 9 に示されるように、副室側開口 4 1 の周縁の全周にわたって C 面取り形状の面取り部 4 1 4 を有すること以外は、副室形成部 3 C と同じ構成になっている。なお、副室形成部 3 A、3 B、3 D 及び後述する 3 G の副室側開口 4 1 に面取り部 4 1 4 を形成してもよい。また、主燃焼室側開口 4 2 の全周にわたって面取り部を形成してもよい。上記の構成によれば、副室形成部 3 E は副室側開口 4 1 に面取り部 4 1 4 を有しているため、面取り部 4 1 4 を有していない場合に比べて、副室側開口 4 1 を構成する部分の温度を低減できるので、複数の噴孔 4 の副室側開口 4 1 の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。

[0051] (温度解析結果及び応力解析結果)

上述した幾つかの実施形態に係る副室式ガスエンジン 1 における副室形成部 3 について、温度解析及び温度解析結果に基づき応力解析を行った。以下に具体的に説明する。シリンダヘッド 1 2 に設置された副室形成部 3 (副室口金 1 9) の先端部 3 3 の先端面 3 3 2 及び外周面 3 3 3、筒状部 3 4 の段差面 3 4 3 及び外周面 3 4 4、並びに小径筒室 3 1 0 の底面 3 1 1 及び壁面 3 1 2 等の各表面に応じた、エンジン運転時の雰囲気温度及び熱伝達率の変化等の熱条件を与えて温度解析を実施して、副室形成部 3 の温度変化を推定した。

[0052] 図10は、副室形成部の噴孔の周囲の温度解析結果及び応力解析結果を説明するための図である。上述した温度解析の結果、図10に示される噴孔4の副室側開口41は、副室形成部3の他の部分に比べて温度変化が急激であり、且つ、副室形成部3の他の部分に比べて高温になる。上述した温度解析結果に基づき、応力解析を行いひずみ変化を推定し、計測点P1～P3の各点におけるひずみ範囲を算出した。ここで、計測点P1は、副室側開口41の上端縁411上に位置し、計測点P3は、副室側開口41の下端縁412上に位置している。計測点P2は、副室中心軸線CSの延在方向において、副室側開口41の上端縁411と下端縁412との間に位置する中間縁413上に位置している。なお、上述するような副室側開口41に面取り部414を有する場合には、図9に示すように、面取り部414の主燃焼室20側の周縁に上端縁411、下端縁412及び中間縁413が設けられている。

[0053] 図11は、第1薄肉領域を有する副室形成部の副室側開口における無次元化されたひずみ範囲を示す図表であって、薄肉領域を有しない副室形成部と比較するための図表である。図12は、第1薄肉領域、第2薄肉領域及び副室側開口の周縁に形成された面取り形状を有する副室形成部の副室側開口における無次元化されたひずみ範囲を示す図表であって、薄肉領域を有しない副室形成部と比較するための図表である。図11及び12における3Fは、図2に2点鎖線で示すような先端が形成され、且つ、薄肉領域5を有しない副室形成部である。

[0054] 図11には、副室形成部3Fと副室形成部3Aとの各計測点P1～P3におけるひずみ範囲が副室形成部3Fを1とする比で無次元化されて表されるとともに、副室形成部3Aの副室形成部3Fに対する低減率が表されている。図11に示されるように、副室形成部3Aは第1薄肉領域51を有することで、副室形成部3Fに比べて、計測点P2におけるひずみ範囲が低減している。このため、副室形成部3Aは、副室形成部3Fに比べて、周方向において互いに隣接する一対の噴孔4の間に生じるき裂の発生を抑制することができる。

[0055] 図12には、副室形成部3Fと副室形成部3Eとの各計測点P1～P3におけるひずみ範囲が副室形成部3Fを1とする比で無次元化されて表されるとともに、副室形成部3Eの副室形成部3Fに対する低減率が表されている。図12に示されるように、副室形成部3Eは、第1薄肉領域51、第2薄肉領域52及び副室側開口41の面取り部414を有することで、副室形成部3Fに比べて、計測点P1～P3の全ての点におけるひずみ範囲が低減している。また、副室形成部3Eは、図11に示される副室形成部3Aに比べて副室形成部3Fに対する低減率が大きい。このため、副室形成部3Eは、副室形成部3A及び3Fに比べて、複数の噴孔4の周囲に生じる熱応力を低減でき、且つ、き裂の発生を抑制することができる。

[0056] 上述した幾つかの実施形態では、先端部33は、肉厚Tが $T < L$ を満たす領域である薄肉領域5を有していたが、後述する幾つかの実施形態では、先端部33は、肉厚Tが $T < T_0$ を満たす領域である薄肉領域8を有している。以下、詳述する。

[0057] 幾つかの実施形態に係る副室式ガスエンジン1における副室形成部3は、図2、3、5、7及び13に示されるように、副室形成部3の副室中心軸線CSが延在する方向（図中上下方向）に沿って延在する上述した筒状部34と、筒状部34の主燃焼室20側の一端部（下端部）を塞ぐ上述した先端部33とを含んでいる。ここで、図13は、他の一実施形態における副室形成部の概略断面図である。

[0058] 図2、3、5、7及び13に示されるように、噴孔4の副室側開口41の上端縁411から副室中心軸線CSが延在する方向に沿って、主燃焼室20側（図中下側）とは反対の方向に基準長さRLだけ離れた位置346を通過し、且つ、副室中心軸線CSと直交する方向に延在する面を基準面RPとする。ここで、基準長さRLは、噴孔4の噴孔径Dの3倍（所定倍）の長さである。先端部33は、図2、3、5、7及び13に示されるように、基準面RPよりも主燃焼室20側に位置している。つまり、基準面RPは、噴孔4から離れており上述した燃焼火炎がもたらす熱の影響が小さい。これに対し

て、基準面 R P よりも主燃焼室 2 0 側に位置する先端部 3 3 は、上述した燃焼火炎がもたらす熱の影響が大きい。このため、先端部 3 3 は、筒状部 3 4 に比べて、薄肉領域 8 を設けることによる効果が大きい。

[0059] 図 2、4～6、8、9 及び 13 に示されるように、基準面 R P における副室形成部 3 の肉厚を T_0 とした場合に、先端部 3 3 は、肉厚 T が $T < T_0$ を満たす領域である薄肉領域 8 を有している。図 2～9 に示される実施形態では、副室形成部 3 の、噴孔 4 の副室側開口 4 1 の上端縁 4 1 1 を通過するとともに副室中心軸線 C S と直交する方向に延在する面と、基準面 R P と、の間は、副室中心軸線 C S と直交する方向に沿った断面形状が同一の筒状に形成されている。このため、先端部 3 3 は、噴孔 4 の副室側開口 4 1 の上端縁 4 1 1 を通過し、副室中心軸線 C S と直交する方向に延在する断面における周方向の一部が、上述した基準面 R P における肉厚 T_0 と同じ肉厚 T_1 を有している。図 2～9 に示される実施形態では、上述したように、肉厚 T_1 は、上述した噴孔 4 の噴孔長さ L と同じ長さを有している。なお、図 3～9 に示される実施形態では、周方向における肉厚が一定ではないが、この場合には周方向における最大の肉厚を上述した肉厚 T_0 や肉厚 T_1 とする。

[0060] 図 2、5、9 に示される実施形態では、薄肉領域 8 は、上述した薄肉領域 5 の第 1 薄肉領域 5 1 と同一の領域である第 1 薄肉領域 8 1 を含んでいる。図 4、6 に示される実施形態では、薄肉領域 8 は、上述した薄肉領域 5 の第 2 薄肉領域 5 2 と同一の領域である第 2 薄肉領域 8 2 を含んでいる。このため、第 2 薄肉領域 8 2 は、先端部 3 3 において、先端部 3 3 の周方向に隣接する一対の噴孔 4 の間を含む領域である。また、第 2 薄肉領域 8 2 は、先端部 3 3 の主燃焼室 2 0 に面する外周面（先端面 3 3 2、外周面 3 3 3）に形成された少なくとも 1 つの外側凹部 3 6、3 7 を含んで構成されている。図 8 に示される実施形態では、薄肉領域 8 は、上述した薄肉領域 5 の第 3 薄肉領域 5 3 と同一の領域である第 3 薄肉領域 8 3 を含んでいる。このため、第 3 薄肉領域 8 3 は、先端部 3 3 において、先端部 3 3 の周方向に隣接する一対の噴孔 4 の間を含む領域である。また、第 3 薄肉領域 8 3 は、先端部 3 3

の副室30に面する内周面（底面311、壁面312）に形成された少なくとも1つの内側凹部38（凹部35）を含んで構成されている。

[0061] 図13に示される実施形態では、副室形成部3は、第4薄肉領域84を含む薄肉領域8を有する副室形成部3Gを含んでいる。副室形成部3Gの先端部33は、図13に示されるように、副室中心軸線CSの延在方向における噴孔4の主燃焼室側開口42の上端縁421よりも筒状部34側では、先端331側に向かうにつれて徐々に肉厚が薄くなっており、上端縁421よりも先端331側では、肉厚が一定であり、該肉厚が噴孔長さL1と等しくなっている。このため、先端部33の肉厚Tは、基準面RPにおける肉厚T0より小さく形成されている。第4薄肉領域84は、図13に示されるように、副室中心軸線CSの延在方向における、先端331から噴孔4の主燃焼室側開口42の上端縁421より上方までにわたって形成されている。

[0062] 上記の構成によれば、副室形成部3の先端部33は、噴孔4の副室側開口41の上端縁411から副室中心軸線CSが延在する方向に沿って、主燃焼室20側とは反対の方向に基準長さRL、すなわち、噴孔4の噴孔径Dの3倍（所定倍）の長さだけ離れた位置346を通過し、且つ、副室中心軸線CSと直交する方向に延在する基準面RPよりも主燃焼室20側に位置している。そして、先端部33は、上記基準面RPにおける副室形成部3の肉厚をT0とした場合に、肉厚Tが $T < T0$ を満たす領域である薄肉領域8を有している。すなわち、薄肉領域8は、燃焼火炎がもたらす熱の影響が小さい基準面RPよりも肉厚Tが薄い。このような薄肉領域8が、燃焼火炎がもたらす熱の影響が大きい先端部33の噴孔4の周囲に形成されることで、複数の噴孔4の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における複数の噴孔4の周囲の温度分布（温度差）を緩やかにすることができる。複数の噴孔4の周囲の熱容量や剛性を小さくすることで、複数の噴孔4の周囲における熱変形（熱膨張や熱収縮）がし易くなるため、複数の噴孔4の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。また、昇温時における複数の噴孔4の周囲の温度分布を緩やかにすることで、

噴孔４の周囲における不均一な熱変形を抑制できるため、複数の噴孔４の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。よって、熱疲労による噴孔４の周囲のき裂発生を抑制することができる。

[0063] 幾つかの実施形態では、図２、５及び１３に示されるように、上述した薄肉領域８（第１薄肉領域８１、第４薄肉領域８４）は、上述した先端３３１を含む領域である。

[0064] 上記の構成によれば、薄肉領域８（第１薄肉領域８１、第４薄肉領域８４）は、先端部３３の先端３３１を含む領域であるので、先端部３３の先端３３１に薄肉領域８を有しない場合に比べて、先端部３３の先端３３１の肉厚を薄くできる。このため、噴孔４の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における複数の噴孔４の周囲の温度分布を緩やかにすることができるので、熱疲労による噴孔４の周囲のき裂発生を抑制することができる。なお、先端部３３の先端３３１に薄肉領域８を有しない副室形成部３に対して、例えば切削等により先端部３３の先端３３１を含む薄肉領域８を形成することは容易である。

[0065] 幾つかの実施形態では、図１３に示されるように、上述した薄肉領域８（第４薄肉領域８４）は、先端部３３において、噴孔４の主燃焼室側開口４２の周縁の少なくとも一部を含む領域である。ここで、主燃焼室側開口４２の周縁には、図１３に示されるような、上端縁４２１や下端縁４２２が含まれる。この場合には、噴孔４の噴孔長さＬ１は、上述した噴孔長さＬよりも短くなるので、先端部３３の噴孔４の内周を構成する部分の肉厚も薄くなる。図１３に示される実施形態では、第４薄肉領域８４は、噴孔４の主燃焼室側開口４２の上端縁４２１及び下端縁４２２の両方を含んでいる。

[0066] 上記の構成によれば、薄肉領域８（第４薄肉領域８４）は、先端部３３において、噴孔４の主燃焼室側開口４２の周縁の少なくとも一部を含む領域であるので、噴孔４の周囲の肉厚を薄くすることができる。このため、噴孔４の周囲の熱容量や剛性を小さくすることや、昇温時における複数の噴孔４の

周囲の温度分布を緩やかにすることができるので、熱疲労による噴孔4の周囲のき裂発生を抑制することができる。

[0067] なお、上述した幾つかの実施形態では、図2、3、5、7及び13に示されるように、上端縁411と上述した位置346との間の長さである基準長さRLは、噴孔4の噴孔径Dの3倍（所定倍）の長さであったが、基準長さRLは噴孔径Dの3倍の長さより長くても短くてもよく、例えば、噴孔4の噴孔径Dの1倍、若しくは2倍の長さであってもよい。また、基準長さRLは零であってもよい。また、基準長さRLを短く、又は零にした場合には、基準長さRLに応じた位置に基準面RPが設けられてもよい。基準長さRLを短くすると、先端部33の範囲が狭くなるので、それに伴い薄肉領域8も噴孔4の周りに形成されることになる。このため、基準長さRLを長くした場合に比べて、複数の噴孔4の周囲に生じる熱ひずみ及び該熱ひずみが拘束されることで生じる熱応力を低減できる。

[0068] 上述した幾つかの実施形態では、薄肉領域5は肉厚Tが $T < T_0$ を満たす領域であり、薄肉領域8は肉厚Tが $T < L$ を満たす領域であったが、他の幾つかの実施形態では、これらの肉厚Tの条件に加えて、薄肉領域5や薄肉領域8の肉厚Tは副室形成部3に加えられる内圧に耐えることができる最小の肉厚を有している。肉厚Tが薄い場合には、肉厚Tが厚い場合に比べて、強度が低下するが、複数の噴孔4の周囲の熱容量や剛性を小さくでき、複数の噴孔4の周囲に生じる熱応力を低減できる。薄肉領域5や薄肉領域8が上述した範囲内にあるような場合には、副室形成部3が必要強度を維持しつつ、き裂発生を効果的に抑制することができる。

[0069] また、上述した幾つかの実施形態では、薄肉領域5や薄肉領域8は、噴孔4の副室側開口41及び主燃焼室側開口42の周縁を含まない。この場合には、噴孔4の噴孔径Dや噴孔長さLが維持されるので、噴孔4から噴出する燃焼火炎の性能を維持できる。

[0070] また、上述した幾つかの実施形態では、凹部35は副室中心軸線CSの延在方向に沿って形成されていたが、他の方向に沿って形成されていてもよい。

。例えば、凹部は先端部 3 3 や筒状部 3 4 における周方向に沿って形成されていてもよい。

[0071] 本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

符号の説明

[0072]	1	副室式ガスエンジン
	1 1	シリンダブロック
	1 2	シリンダヘッド
	1 3	シリンダ
	1 4	ピストン
	1 5	吸気ポート
	1 6	排気ポート
	1 7	吸気弁
	1 8	排気弁
	1 9	副室口金
	2	主室形成部
	2 0	主燃焼室
	3, 3 A ~ 3 G	副室形成部
	3 0	副室
	3 1	小径筒形成部
	3 1 0	小径筒室
	3 1 1	底面
	3 1 2	壁面
	3 2	大径筒形成部
	3 2 0	大径筒室
	3 2 1	壁面
	3 2 2	段差面
	3 3	先端部

- 3 3 1 先端
- 3 3 2 先端面
- 3 3 3 外周面
- 3 4 筒状部
- 3 4 1 小径筒状部
- 3 4 2 大径筒状部
- 3 4 3 段差面
- 3 4 4, 3 4 5 外周面
- 3 4 6 位置
- 3 5 凹部
- 3 6, 3 7 外側凹部
- 3 8 内側凹部
- 4 噴孔
- 4 1 副室側開口
- 4 1 1 上端縁
- 4 1 2 下端縁
- 4 1 3 中間縁
- 4 1 4 面取り部
- 4 2 主燃焼室側開口
- 4 2 1 上端縁
- 4 2 2 下端縁
- 5 薄肉領域
- 5 1 第 1 薄肉領域
- 5 2 第 2 薄肉領域
- 5 3 第 3 薄肉領域
- 6 着火装置
- 6 1 着火部
- 7 副室ガス供給装置

7 1	副室燃料ガス供給弁
8	薄肉領域
8 1	第 1 薄肉領域
8 2	第 2 薄肉領域
8 3	第 3 薄肉領域
8 4	第 4 薄肉領域
C M	主室中心軸線
C P	噴孔の中心線
C S	副室中心軸線
D	噴孔径
L, L 1	噴孔長さ
P 1 ~ P 3	計測点
R L	基準長さ
R P	基準面
T, T 0, T 1	肉厚

請求の範囲

- [請求項1] 主燃焼室を形成する主室形成部と、
前記主燃焼室と複数の噴孔を介して連通される副室を形成する副室形成部と、を備える副室式ガスエンジンであって、
前記副室形成部は、前記副室形成部の副室中心軸線が延在する方向に沿って延在する筒状部と、前記筒状部の前記主燃焼室側の一端部を塞ぐとともに内部に前記噴孔が形成される先端部と、を含み、
前記先端部は、前記噴孔の長さ寸法を L とした場合に、肉厚 T が $T < L$ を満たす領域である薄肉領域を有する副室式ガスエンジン。
- [請求項2] 主燃焼室を形成する主室形成部と、
前記主燃焼室と複数の噴孔を介して連通される副室を形成する副室形成部と、を備える副室式ガスエンジンであって、
前記副室形成部は、前記副室形成部の副室中心軸線が延在する方向に沿って延在する筒状部と、前記筒状部の前記主燃焼室側の一端部を塞ぐとともに内部に前記噴孔が形成される先端部と、を含み、
前記先端部は、前記噴孔の前記副室側の開口の上端縁から前記副室中心軸線が延在する方向に沿って、前記主燃焼室側とは反対の方向に前記噴孔の噴孔径の所定倍の長さだけ離れた位置において前記副室中心軸線と直交する方向に延在する基準面よりも前記主燃焼室側に位置するとともに、
前記基準面における前記副室形成部の肉厚を T_0 とした場合に、肉厚 T が $T < T_0$ を満たす領域である薄肉領域を有する副室式ガスエンジン。
- [請求項3] 前記薄肉領域は、前記先端部における先端を含む領域である請求項1に記載の副室式ガスエンジン。
- [請求項4] 前記薄肉領域は、前記先端部における先端を含む領域である請求項2に記載の副室式ガスエンジン。

- [請求項5] 前記薄肉領域は、前記先端部において、前記噴孔の前記主燃焼室側の開口の周縁の少なくとも一部を含む領域である
請求項 2 又は 4 に記載の副室式ガスエンジン。
- [請求項6] 前記薄肉領域は、前記先端部において、前記先端部の周方向に隣接する一対の噴孔の間を含む領域である
請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の副室式ガスエンジン。
- [請求項7] 前記薄肉領域は、前記先端部の前記主燃焼室に面する外周面に形成された少なくとも 1 つの外側凹部を含んで構成されている
請求項 6 に記載の副室式ガスエンジン。
- [請求項8] 前記薄肉領域は、前記先端部の前記副室に面する内周面に形成された少なくとも 1 つの内側凹部を含んで構成されている
請求項 6 又は 7 に記載の副室式ガスエンジン。

補正された請求の範囲
[2019年1月8日(08.01.2019)国際事務局受理]

[請求項1] (補正後) 主燃焼室を形成する主室形成部と、
前記主燃焼室と複数の噴孔を介して連通される副室を形成する副室形成部と、を備える副室式ガスエンジンであって、
前記副室形成部は、前記副室形成部の副室中心軸線が延在する方向に沿って延在する筒状部と、前記筒状部の前記主燃焼室側の一端部を塞ぐとともに内部に前記噴孔が形成される先端部と、を含み、
前記先端部は、前記噴孔の長さ寸法を L とした場合に、肉厚 T が $T < L$ を満たす領域である薄肉領域を有し、
前記薄肉領域は、前記先端部において、前記先端部の周方向に隣接する一対の噴孔の間を含む領域に形成された凹部を含んで構成される副室式ガスエンジン。

[請求項2] (補正後) 主燃焼室を形成する主室形成部と、
前記主燃焼室と複数の噴孔を介して連通される副室を形成する副室形成部と、を備える副室式ガスエンジンであって、
前記副室形成部は、前記副室形成部の副室中心軸線が延在する方向に沿って延在する筒状部と、前記筒状部の前記主燃焼室側の一端部を塞ぐとともに内部に前記噴孔が形成される先端部と、を含み、
前記先端部は、前記噴孔の前記副室側の開口の上端縁から前記副室中心軸線が延在する方向に沿って、前記主燃焼室側とは反対の方向に前記噴孔の噴孔径の所定倍の長さだけ離れた位置において前記副室中心軸線と直交する方向に延在する基準面よりも前記主燃焼室側に位置するとともに、
前記基準面における前記副室形成部の肉厚を T_0 とした場合に、肉厚 T が $T < T_0$ を満たす領域である薄肉領域を有し、
前記薄肉領域は、前記先端部において、前記先端部の周方向に隣接する一対の噴孔の間を含む領域に形成された凹部を含んで構成される

副室式ガスエンジン。

[請求項3] 前記薄肉領域は、前記先端部における先端を含む領域である
請求項 1 に記載の副室式ガスエンジン。

[請求項4] 前記薄肉領域は、前記先端部における先端を含む領域である
請求項 2 に記載の副室式ガスエンジン。

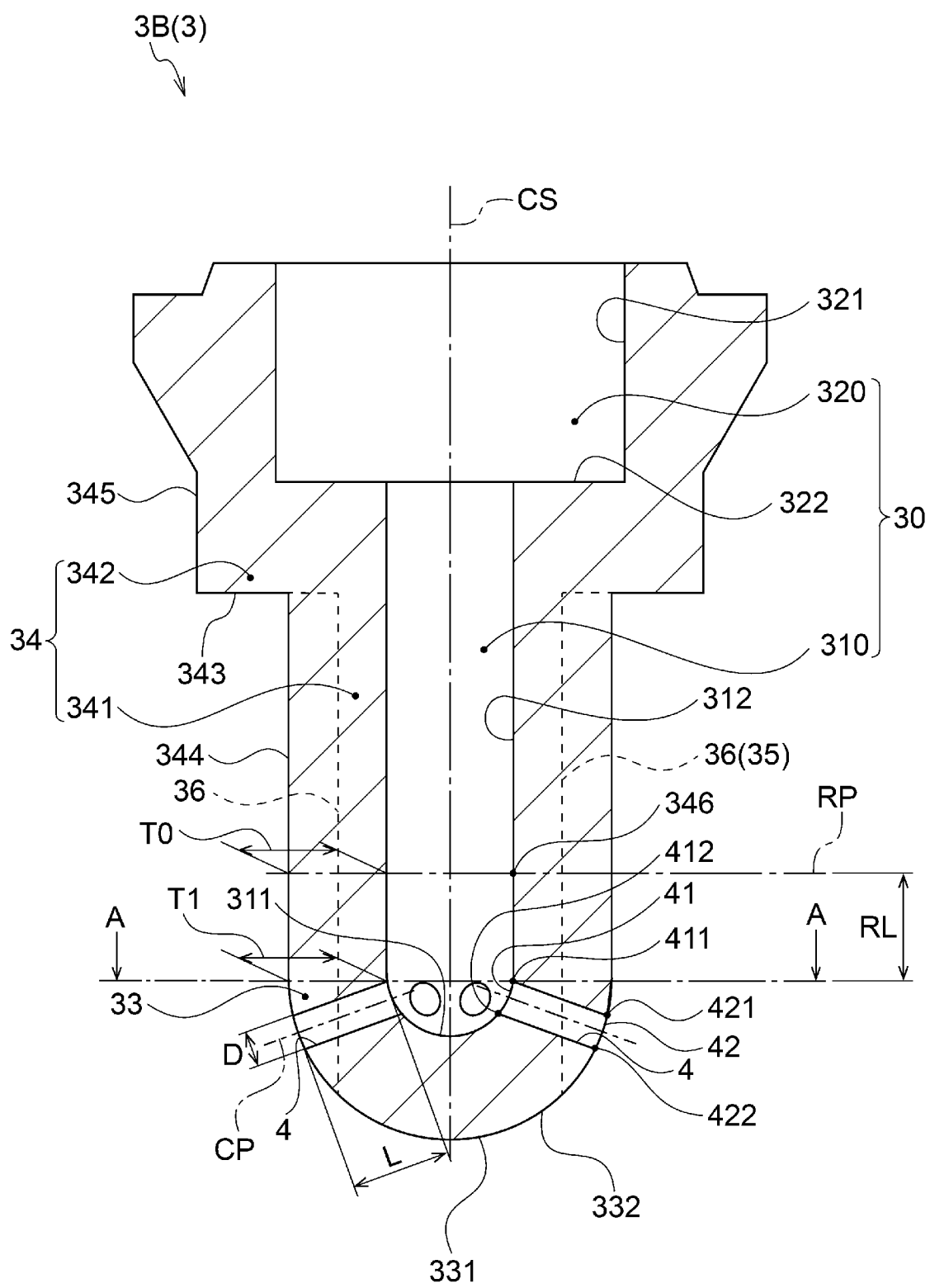
[請求項5] 前記薄肉領域は、前記先端部において、前記噴孔の前記主燃焼室側の開口の周縁の少なくとも一部を含む領域である
請求項 2 又は 4 に記載の副室式ガスエンジン。

[請求項6] (削除)

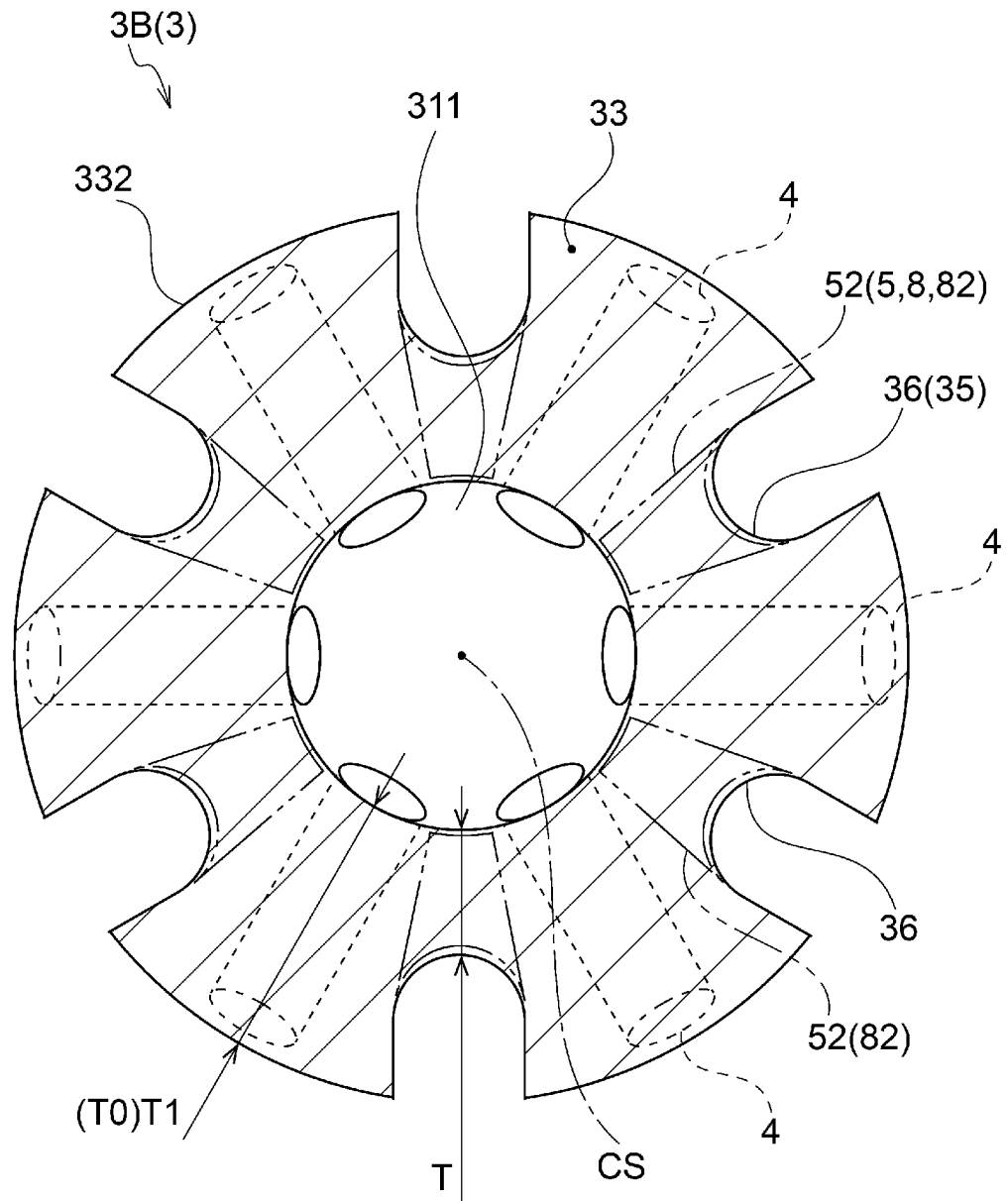
[請求項7] (補正後) 前記薄肉領域は、前記先端部の前記主燃焼室に面する外周面に形成された少なくとも 1 つの外側凹部を含んで構成されている
請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の副室式ガスエンジン。

[請求項8] (補正後) 前記薄肉領域は、前記先端部の前記副室に面する内周面に形成された少なくとも 1 つの内側凹部を含んで構成されている
請求項 1 乃至 5、又は 7 の何れか 1 項に記載の副室式ガスエンジン
。

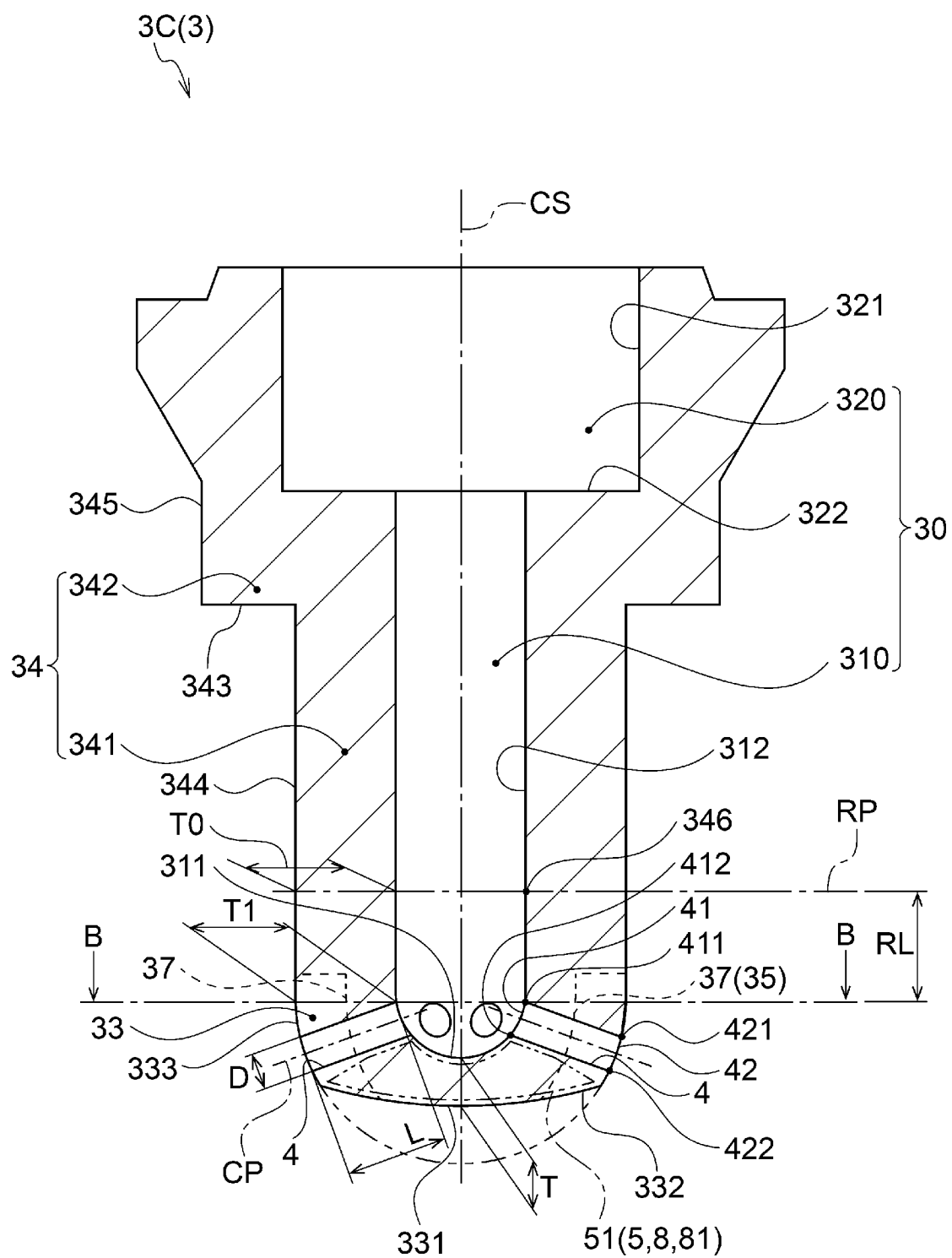
[図3]



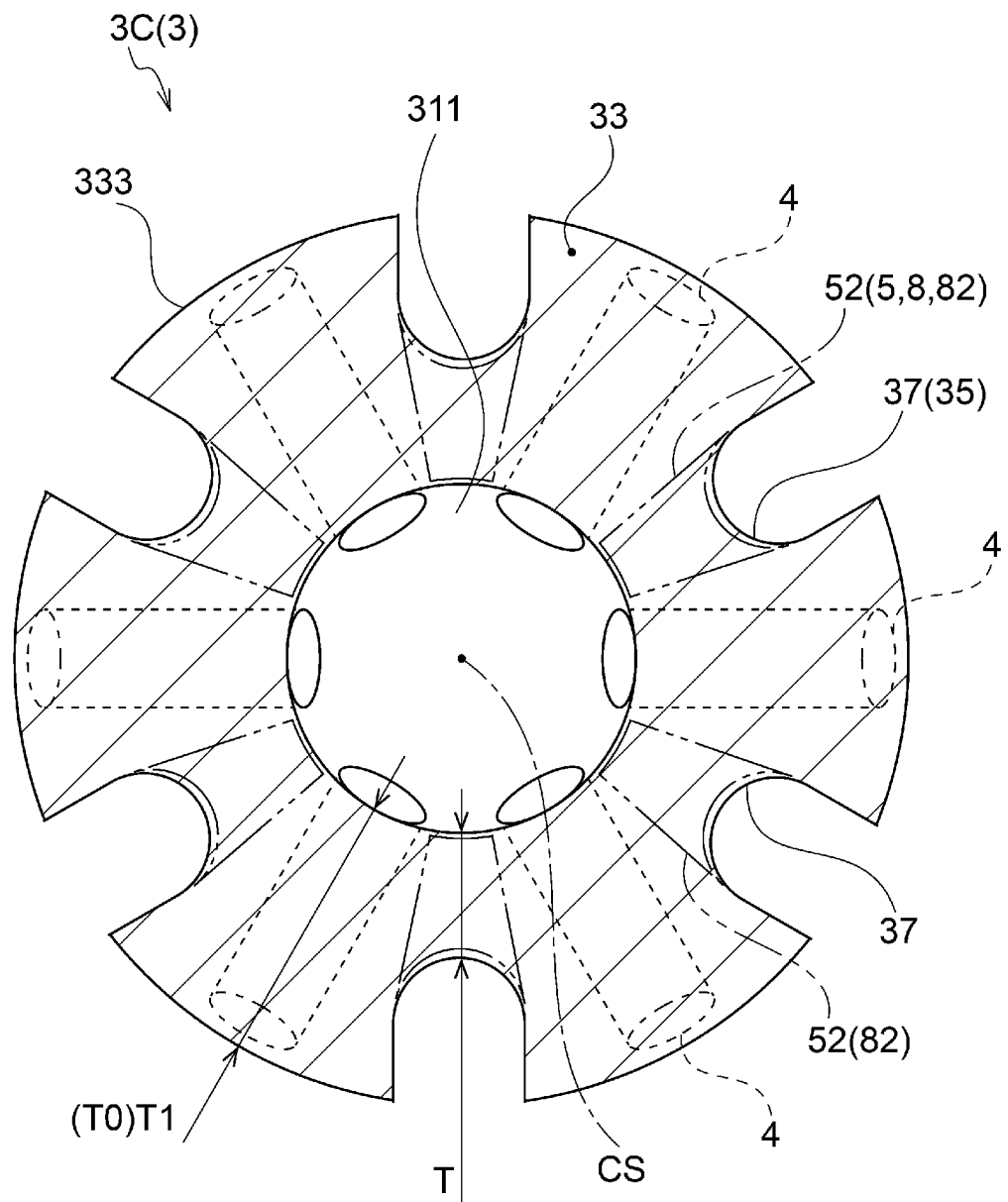
[図4]



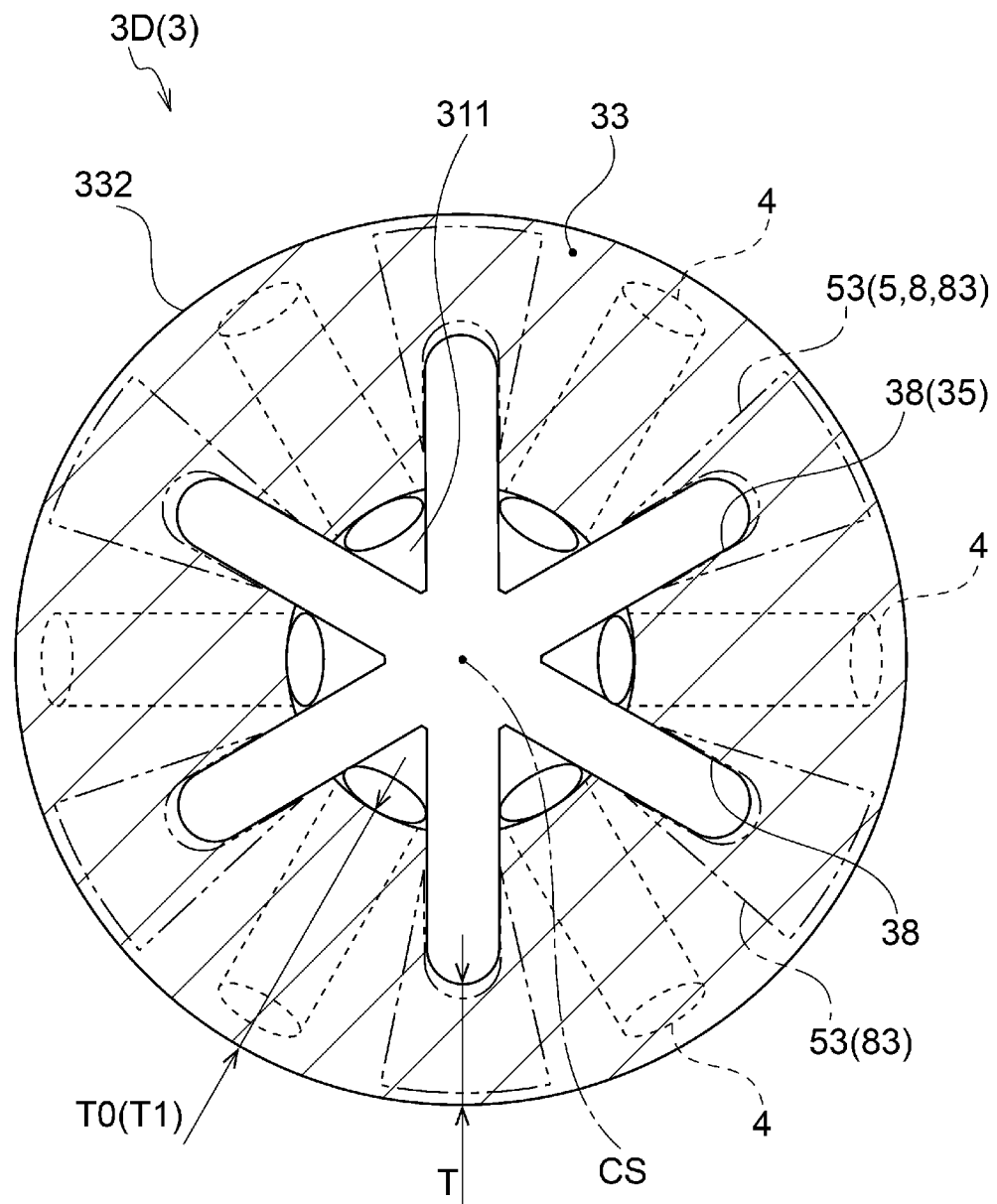
[図5]



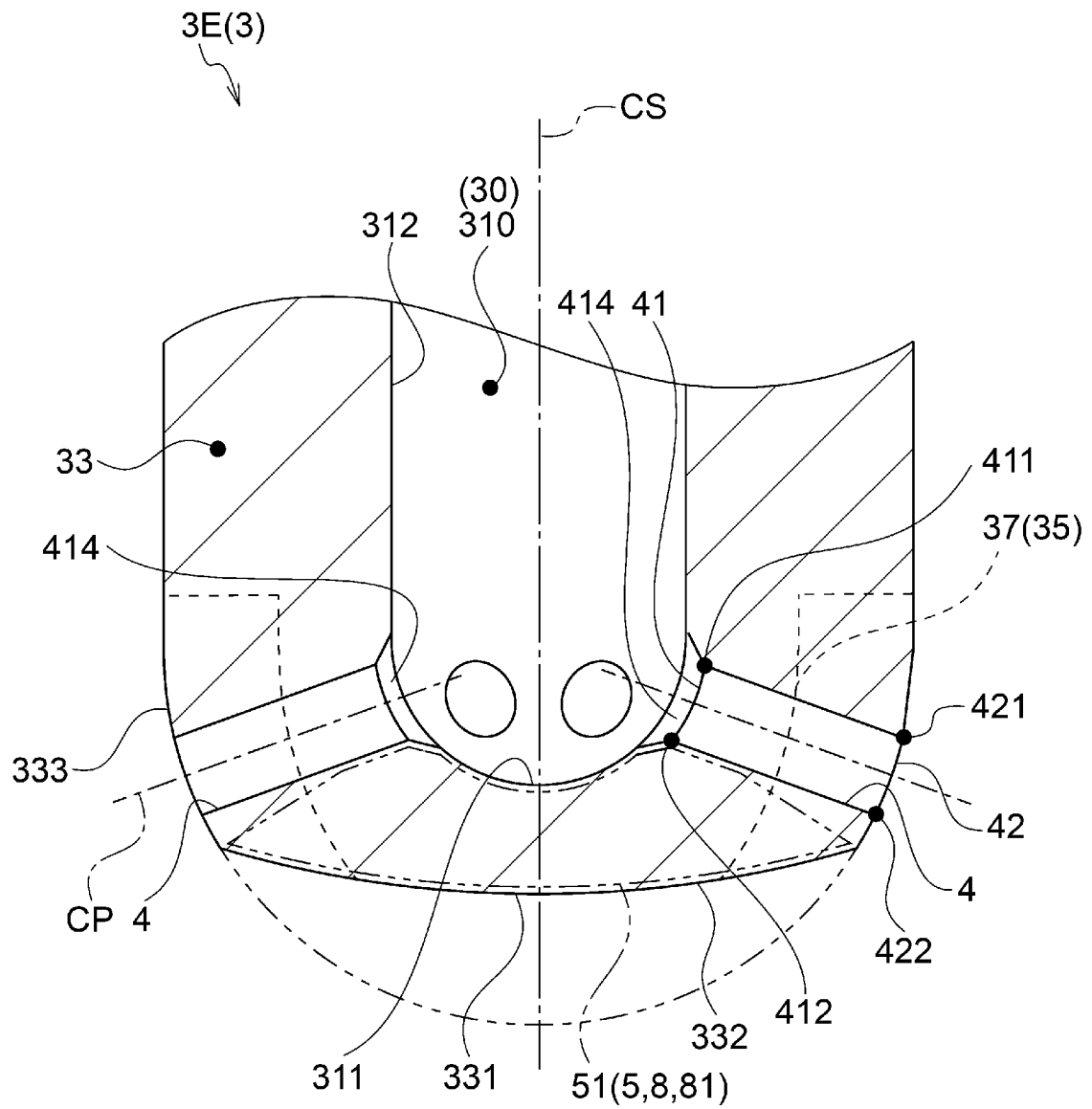
[図6]



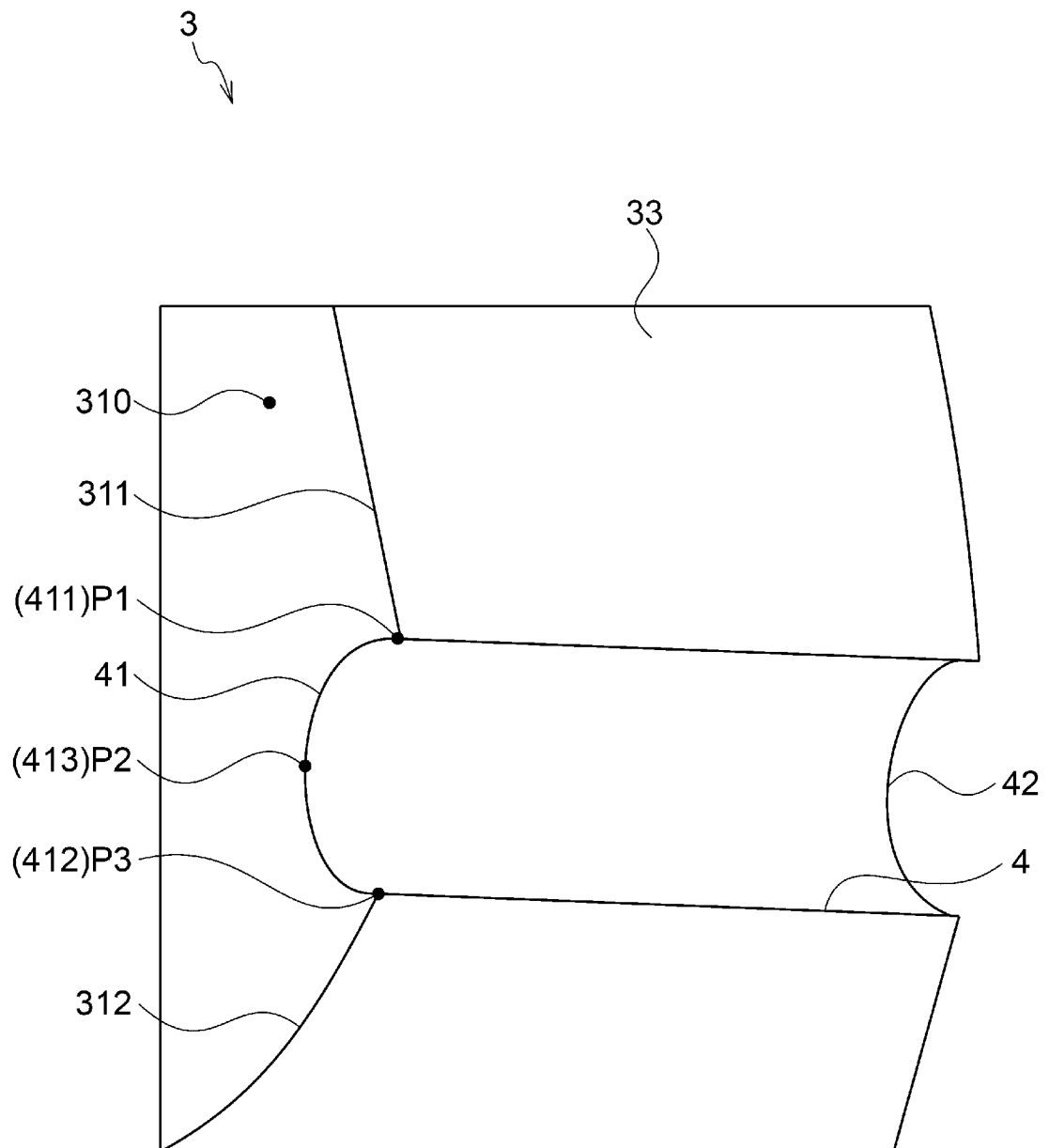
[図8]



[図9]



[図10]



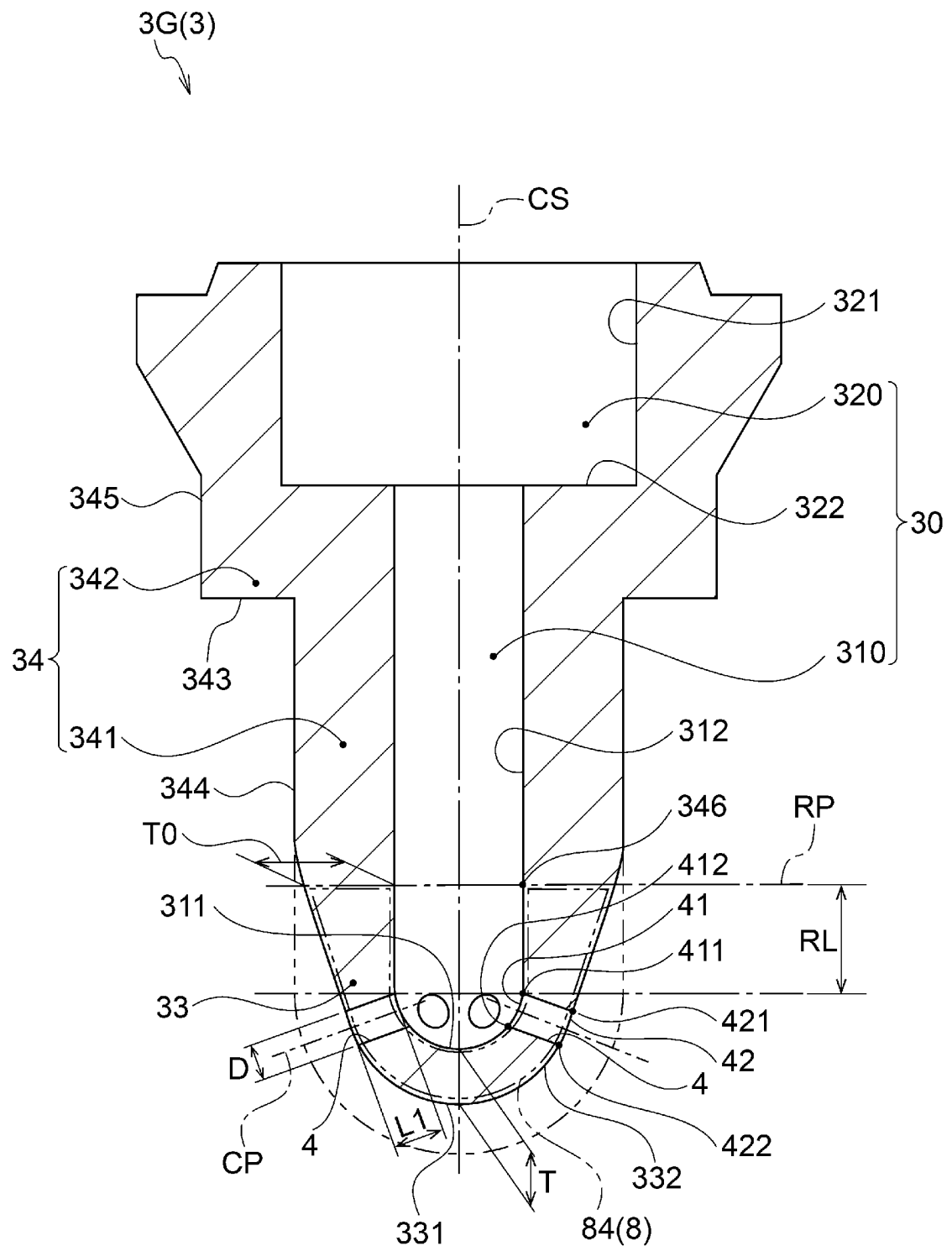
[図11]

	無次元化された ひずみ範囲(-)		
	P1	P2	P3
3F	1	1	1
3A	1	0.875	1
低減率(%)		△12.5	

[図12]

	無次元化された ひずみ範囲(-)		
	P1	P2	P3
3F	1	1	1
3E	0.690	0.795	0.718
低減率(%)	△31.0	△20.5	△28.2

[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/031833

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. F02B19/16 (2006.01) i, F02B43/00 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. F02B19/16, F02B43/00

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.
X	JP 5-504185 A (CATERPILLAR INC.) 01 July 1993,	1-6
Y	page 4, upper right column, lines 3-6, page 5,	7
A	lower left column, line 1 to page 6, upper right column, line 29, fig. 1-5 & WO 1991/012418 A1, page 1, lines 7-12, page 8, line 25 to page 14, line 22, fig. 1-5	8
X	JP 2003-254195 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,	2, 4-6
Y	LTD.) 10 September 2003, paragraphs [0001],	7
A	[0004]-[0007], [0021]-[0026], fig. 1, 10 (Family: none)	1, 3, 8



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
25.10.2018

Date of mailing of the international search report
06.11.2018

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/JP2018/031833

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2003/0213461 A1 (REGUEIRO, Jose Francisco) 20	7
A	November 2003, paragraphs [0002], [0037]-[0044], fig. 1-6 (Family: none)	1-6, 8
A	JP 7-127529 A (ISUZU MOTORS LTD.) 16 May 1995 (Family: none)	1, 3
A	JP 2014-66245 A (GE JENBACHER GMBH & CO OG) 17 April 2014 & US 2014/0083391 A1 & EP 2713024 A1	1, 3
A	US 2016/0326946 A1 (CATERPILLAR INC.) 10 November 2016 & DE 102016005044 A	8
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 144265/1982 (Laid-open No. 49720/1984) (TOYOTA MOTOR CORP.) 02 April 1984 (Family: none)	7
A	WO 2011/080917 A1 (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 07 July 2011 & US 2013/0000598 A1 & EP 2520780 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02B19/16(2006.01)i, F02B43/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02B19/16, F02B43/00

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	1971-2018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
X Y A	JP 5-504185 A（キャタピラー インコーポレイテッド）1993.07.01, 第4頁右上欄第3-6行、第5頁左下欄第1行-第6頁右上欄第2 9行、図1-5 & W0 1991/012418 A1, 第1頁第7-12行、第8頁 第25行-第14頁第22行、図1-5	1-6 7 8
X Y A	JP 2003-254195 A（三菱重工業株式会社）2003.09.10, 段落000 1, 0004-0007, 0021-0026, 図1, 10（ファ ミリーなし）	2, 4-6 7 1, 3, 8

☒ 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

25.10.2018

国際調査報告の発送日

06.11.2018

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）

首藤 崇聡

3G

6100

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 A	US 2003/0213461 A1 (REGUEIRO Jose Francisco) 2003.11.20, 段落, [0002], [0037]-[0044], 図 1-6 (ファミリーなし)	7 1-6, 8
A	JP 7-127529 A (いすゞ自動車株式会社) 1995.05.16, (ファミリーなし)	1, 3
A	JP 2014-66245 A (ゲーエー ジェンバッハー ゲーエムベーハー アンド コー オーゲー) 2014.04.17, & US 2014/0083391 A1 & EP 2713024 A1	1, 3
A	US 2016/0326946 A1 (CATERPILLAR INC.) 2016.11.10, & DE 102016005044 A	8
A	日本国実用新案登録出願57-144265号(日本国実用新案登録出願公開59-49720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 (トヨタ自動車株式会社) 1984.04.02, (ファミリーなし)	7
A	WO 2011/080917 A1 (川崎重工業株式会社) 2011.07.07, & US 2013/0000598 A1 & EP 2520780 A1	1-8