

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年9月20日(20.09.2018)



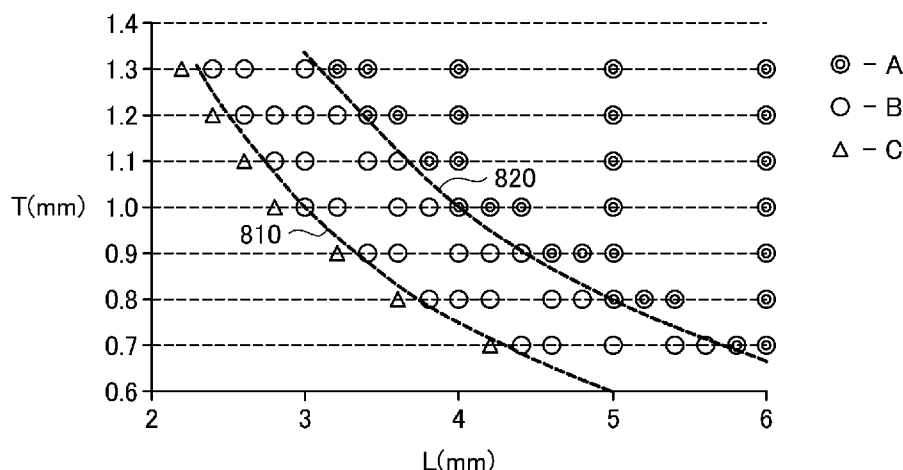
(10) 国際公開番号

WO 2018/168000 A1

- (51) 国際特許分類:
H01T 13/36 (2006.01) *H01T 13/20* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/028848
- (22) 国際出願日: 2017年8月8日(08.08.2017)
- (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 2017-053369 2017年3月17日(17.03.2017) JP
- (71) 出願人: 日本特殊陶業株式会社(NGK SPARK PLUG CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4678525 愛知県名古屋瑞穂区高辻町14番18号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 今井 奨(IMAI Susumu); 〒4678525 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 鳳国際特許事務所(TOKKYO GYOMUHOJIN OHTORI INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒4600002 愛知県名古屋市中区丸の内二丁目18番10号丸の内アネクスビル8階 Aichi (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: IGNITION PLUG

(54) 発明の名称: 点火プラグ



(57) **Abstract:** This ignition plug is provided with an insulating body, a main metal component, and a buffer material. A reduced-inner-diameter section of the main metal component directly or indirectly supports a first reduced-outer-diameter section of the insulating body. The buffer material is filled in a space which is provided between a rear end of the main metal component and a second reduced-outer-diameter section of the insulating body and which is enclosed by the inner peripheral surface of the main metal component and the outer peripheral surface of the insulating body. In this ignition plug, the condition $3 \text{ mm}^2 \leq L \times T$ is satisfied, where: the axial length of the filling part to be filled with the buffer material is defined as filling length L; one half of the difference obtained by subtracting the inner diameter of the main metal component from the effective thread diameter in a thread portion of the main metal component is defined as effective thickness; and a minimum effective thickness of the thread part at a portion thereof closer to the rear end side than the reduced-inner-diameter section is defined as minimum thickness T.

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, 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))

(57) 要約: 点火プラグは、絶縁体と主体金具と緩衝材とを備える。主体金具の縮内径部は、絶縁体の第1縮外径部を直接的または間接的に支持する。主体金具の後端部と絶縁体の第2縮外径部との間の、主体金具の内周面と絶縁体の外周面とによって囲まれる空間には、緩衝材が充填されている。緩衝材が充填される充填部分の軸線方向の長さを充填長 L とし、主体金具のネジ部におけるネジ部の有効径から主体金具の内径を引いた差分の $1/2$ を有効肉厚とし、ネジ部のうちの縮内径部よりも後端側の部分における有効肉厚の最小値を最小肉厚 T とする場合に、 $3\text{ mm}^2 \leq L \times T$ が満たされる

明 細 書

発明の名称： 点火プラグ

技術分野

[0001] 本明細書は、内燃機関用の点火プラグに関する。

背景技術

[0002] 内燃機関に用いられる点火プラグには、内燃機関の設計の自由度の向上などを目的として、小型化・小径化が求められている。例えば、点火プラグを小径化することにより、点火プラグが取り付けられる取付孔を小径化することができるので、吸気ポートと排気ポートとの設計の自由度を向上することができる。点火プラグを小型化・小径化すると、絶縁体と主体金具とのそれぞれの径が小さくなるので、絶縁体と主体金具との機械的強度が低下する。このような場合に、絶縁体と主体金具との間のシール性能を向上するために、主体金具のうちの径方向内側に突出した突出部によって形成される縮径部（具体的には、先端側に向けて内径が縮径する部分）と、絶縁体のうちの先端側に向けて外径が縮径する縮径部と、の間にシール部材を設ける技術が提案されている。具体的には、点火プラグの軸線に対する主体金具の縮径部の傾きを絶縁体の縮径部の傾きよりも小さくすることによって、主体金具の縮径部がシール部材から受ける荷重が、外周側と比べて、内周側で小さくなる。この結果、主体金具の突出部の変形が抑制される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2014／013654号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、点火プラグの製造の際には、絶縁体を主体金具に固定するために、主体金具の一部（例えば、後端部）に力が印加されて曲げられる。例えば、主体金具の後端部が加締められる。このような力は、主体金具から絶縁

体へ伝達し、絶縁体を主体金具に対して先端側に押圧し得る。これにより、絶縁体の縮径部は、主体金具の縮径部を、先端側へ押圧し得る。このような力によって、主体金具が変形する場合があった。主体金具の外周面に形成されたネジ部が変形すると、点火プラグを内燃機関の取付孔に適切に取り付けることが難しくなる場合があった。

[0005] 本明細書は、主体金具のネジ部の変形を抑制できる技術を開示する。

課題を解決するための手段

[0006] 本明細書は、例えば、以下の適用例を開示する。

[0007] [適用例 1]

軸線の方に延びる貫通孔を有し、後端側から先端側に向けて外径が小さくなる第 1 縮外径部と、前記第 1 縮外径部よりも後端側に位置するとともに先端側から後端側に向けて外径が小さくなる第 2 縮外径部と、を含む絶縁体と、

前記絶縁体が挿入される前記軸線の方に延びる貫通孔を有する主体金具であり、後端側から先端側に向けて内径が小さくなるとともに前記絶縁体の前記第 1 縮外径部を直接的または間接的に支持する縮内径部と、前記絶縁体の前記第 2 縮外径部よりも後端側に位置し前記主体金具の後端を形成するとともに径方向の内側に向かって曲がっている後端部と、外周面に形成されたネジ部と、を含み、前記絶縁体の外周に配置される主体金具と、

前記主体金具の前記後端部と前記絶縁体の前記第 2 縮外径部との間の、前記主体金具の内周面と前記絶縁体の外周面とによって囲まれる空間に充填される緩衝材と、

を備える点火プラグであって、

前記緩衝材が充填される充填部分の前記軸線の方の長さを充填長 L とし

、

前記主体金具の前記ネジ部における前記ネジ部の有効径から前記主体金具の内径を引いた差分の $1/2$ を有効肉厚とし、

前記ネジ部のうちの前記縮内径部よりも後端側の部分における前記有効肉

厚の最小値を最小肉厚 T とする場合に、

$3\text{ mm}^2 \leq L \times T$ が満たされる、点火プラグ。

[0008] 主体金具の後端部に後端部を曲げるための力が印加される場合、その力は、緩衝材を介して絶縁体に伝達し、絶縁体を、主体金具に対して先端側に押圧する。絶縁体の第1縮外径部は、主体金具の縮内径部を、先端側に押圧するので、主体金具のうち縮内径部から後端側の部分は変形し得る。上記構成によれば、ネジ部のうちの縮内径部よりも後端側の部分における最小肉厚 T と充填長 L との適正化により、ネジ部の変形を抑制できる。

[0009] [適用例2]

適用例1に記載の点火プラグであって、

$4\text{ mm}^2 \leq L \times T$ が満たされる、点火プラグ。

[0010] この構成によれば、ネジ部の変形を更に抑制できる。

[0011] [適用例3]

適用例1または2に記載の点火プラグであって、

前記最小肉厚 T は、 1.3 mm 以下である、点火プラグ。

[0012] 上記構成によれば、最小肉厚 T が 1.3 mm 以下である点火プラグにおいても、ネジ部の変形を抑制できる。

[0013] [適用例4]

適用例1から3のいずれかに記載の点火プラグであって、

前記ネジ部の前記軸線の方法の長さは、 15 mm 以上である、

点火プラグ。

[0014] 最小肉厚 T と充填長 L との適正化によってネジ部の変形が抑制されるので、 15 mm 以上の長いネジ部を有する主体金具を、利用可能である。

[0015] なお、本明細書に開示の技術は、種々の態様で実現することが可能であり、例えば、点火プラグや点火プラグを用いた点火装置、その点火プラグを搭載する内燃機関や、その点火プラグを用いた点火装置を搭載する内燃機関等の態様で実現することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]一実施形態としての点火プラグ100の断面図である。

[図2]主体金具50に組立体200が固定される様子を示す概略図である。

[図3]試験結果を示すグラフである。

[図4]ネジ部57の長さの説明図である。

[図5]点火プラグのサンプルの構成と試験結果との対応関係を示す表である。

発明を実施するための形態

[0017] A. 実施形態：

A-1. 点火プラグ100の構成：

図1は、一実施形態としての点火プラグ100の断面図である。図中には、点火プラグ100の中心軸CL（「軸線CL」とも呼ぶ）と、点火プラグ100の中心軸CLを含む平らな断面と、が示されている。以下、中心軸CLに平行な方向を「軸線CLの方向」、または、単に「軸線方向」または「前後方向」とも呼ぶ。軸線CLを中心とする円の径方向を「径方向」とも呼ぶ。径方向は、軸線CLに垂直な方向である。軸線CLを中心とする円の円周方向を、「周方向」とも呼ぶ。中心軸CLに平行な方向のうち、図1における下方向を先端方向Df、または、前方向Dfと呼び、上方向を後端方向Dfr、または、後方向Dfrとも呼ぶ。先端方向Dfは、後述する端子金具40から中心電極20に向かう方向である。また、図1における先端方向Df側を点火プラグ100の先端側と呼び、図1における後端方向Dfr側を点火プラグ100の後端側と呼ぶ。

[0018] 点火プラグ100は、軸線CLに沿って延びる貫通孔12（軸孔12とも呼ぶ）を有する筒状の絶縁体10と、貫通孔12の先端側で保持される中心電極20と、貫通孔12の後端側で保持される端子金具40と、貫通孔12内で中心電極20と端子金具40との間に配置された抵抗体73と、中心電極20と抵抗体73とに接触してこれらの部材20、73を電氣的に接続する導電性の第1シール部72と、抵抗体73と端子金具40とに接触してこれらの部材73、40を電氣的に接続する導電性の第2シール部74と、絶縁体10の外周側に固定された筒状の主体金具50と、一端が主体金具50

の先端面 55 に接合されるとともに他端が中心電極 20 とギャップ g を介して対向するように配置された接地電極 30 と、を有している。

[0019] 絶縁体 10 の軸線方向の略中央には、外径が最も大きな大径部 14 が形成されている。大径部 14 より後端側には、縮外径部 17 と、後端側胴部 13 とが、後端側に向かってこの順に形成されている。縮外径部 17 では、絶縁体 10 の外径は、後方向 Df r 側に向かって徐々に小さくなる。大径部 14 よりも先端側には、後端側胴部 13 よりも外径の小さな先端側胴部 15 が形成されている。先端側胴部 15 よりもさらに先端側には、縮外径部 16 と、脚部 19 とが、先端側に向かってこの順に形成されている。縮外径部 16 の外径は、前方向 Df に向かって、徐々に小さくなっている。縮外径部 16 の近傍（図 1 の例では、先端側胴部 15）には、前方向 Df に向かって内径が徐々に小さくなる縮内径部 11 が形成されている。絶縁体 10 は、機械的強度と、熱的強度と、電氣的強度とを考慮して形成されることが好ましく、例えば、アルミナを焼成して形成されている（他の絶縁材料も採用可能である）。

[0020] 中心電極 20 は、金属製の部材であり、絶縁体 10 の貫通孔 12 内の前方向 Df 側の端部に配置されている。中心電極 20 は、略円柱状の棒部 28 と、棒部 28 の先端に接合（例えば、レーザ溶接）された第 1 チップ 29 と、を有している。棒部 28 は、後方向 Df r 側の部分である頭部 24 と、頭部 24 の前方向 Df 側に接続された軸部 27 と、を有している。軸部 27 は、軸線 CL に平行に前方向 Df に向かって延びている。頭部 24 のうちの前方向 Df 側の部分は、軸部 27 の外径よりも大きな外径を有する鰐部 23 を形成している。鰐部 23 の前方向 Df 側の面は、絶縁体 10 の縮内径部 11 によって、支持されている。軸部 27 は、鰐部 23 の前方向 Df 側に接続されている。第 1 チップ 29 は、軸部 27 の先端に接合されている。

[0021] 棒部 28 は、外層 21 と、外層 21 の内周側に配置された芯部 22 と、を有している。外層 21 は、芯部 22 よりも耐酸化性に優れる材料（例えば、ニッケルを主成分として含む合金）で形成されている。ここで、主成分は、

含有率（重量パーセント（w t %））が最も高い成分を意味している。芯部 22 は、外層 21 よりも熱伝導率が高い材料（例えば、純銅、銅を主成分として含む合金、等）で形成されている。第 1 チップ 29 は、軸部 27 よりも放電に対する耐久性に優れる材料（例えば、イリジウム（I r）、白金（P t）等の貴金属）を用いて形成されている。中心電極 20 のうち第 1 チップ 29 を含む先端側の一部分は、絶縁体 10 の軸孔 12 から前方向 D f 側に露出している。なお、芯部 22 は、省略されてもよい。また、第 1 チップ 29 は、省略されてもよい。

[0022] 端子金具 40 は、軸線 C L に平行に延びる棒状の部材である。端子金具 40 は、導電性材料を用いて形成されている（例えば、鉄を主成分として含む金属）。端子金具 40 は、前方向 D f に向かって順番で並ぶ、キャップ装着部 49 と、鰐部 48 と、軸部 41 と、を有している。軸部 41 は、絶縁体 10 の軸孔 12 の後方向 D f r 側の部分に挿入されている。キャップ装着部 49 は、絶縁体 10 の後端側で、軸孔 12 の外に露出している。

[0023] 絶縁体 10 の軸孔 12 内において、端子金具 40 と中心電極 20 との間には、電氣的なノイズを抑制するための抵抗体 73 が配置されている。抵抗体 73 は、導電性材料（例えば、ガラスと炭素粒子とセラミック粒子との混合物）を用いて形成されている。抵抗体 73 と中心電極 20 との間には、第 1 シール部 72 が配置され、抵抗体 73 と端子金具 40 との間には、第 2 シール部 74 が配置されている。これらのシール部 72、74 は、導電性材料（例えば、金属粒子と抵抗体 73 の材料に含まれるものと同じガラスとの混合物）を用いて形成されている。中心電極 20 は、第 1 シール部 72、抵抗体 73、第 2 シール部 74 によって、端子金具 40 に電氣的に接続されている。

[0024] 主体金具 50 は、軸線 C L に沿って延びる貫通孔 59 を有する筒状の部材である。主体金具 50 の貫通孔 59 には、絶縁体 10 が挿入され、主体金具 50 は、絶縁体 10 の外周に固定されている。主体金具 50 は、導電材料（例えば、主成分である鉄を含む炭素鋼等の金属）を用いて形成されている。

絶縁体 10 の前方向 D f 側の一部は、貫通孔 59 の外に露出している。また、絶縁体 10 の後方向 D f r 側の一部は、貫通孔 59 の外に露出している。

[0025] 主体金具 50 は、工具係合部 51 と、先端側胴部 52 と、を有している。工具係合部 51 は、点火プラグ用のレンチ（図示せず）が嵌合する部分である。先端側胴部 52 は、主体金具 50 の先端面 55 を含む部分である。先端側胴部 52 の外周面には、内燃機関（例えば、ガソリンエンジン）の取付孔に螺合するためのネジ部 57 が形成されている。ネジ部 57 は、軸線 C L の方向に延びる雄ねじが形成された部分である。

[0026] 主体金具 50 の工具係合部 51 と先端側胴部 52 との間の外周面には、径方向外側に張り出したフランジ状の中胴部 54 が形成されている。中胴部 54 の外径は、ネジ部 57 の最大外径（すなわち、ネジ山の頂の外径）よりも、大きい。中胴部 54 の前方向 D f 側の面 300 は、内燃機関のうちの取付孔を形成する部分である取り付け部（例えば、エンジンヘッド）とのシールを形成する座面である。

[0027] 先端側胴部 52 のネジ部 57 と中胴部 54 の座面 300 との間には、環状のガスケット 90 が配置されている。ガスケット 90 は、点火プラグ 100 が内燃機関に取り付けられた際に押し潰されて変形し、点火プラグ 100 の中胴部 54 の座面 300 と、図示しない内燃機関の取り付け部（例えば、エンジンヘッド）と、の隙間を封止する。なお、ガスケット 90 が省略されてもよい。この場合、中胴部 54 の座面 300 は、直接に内燃機関の取り付け部に接触することによって、座面 300 と、内燃機関の取り付け部と、の隙間を封止する。

[0028] 主体金具 50 の先端側胴部 52 には、先端側に向かって内径が徐々に小さくなる縮内径部 56 が形成されている。主体金具 50 の縮内径部 56 と、絶縁体 10 の縮外径部 16 と、の間には、先端側パッキン 8 が挟まれている。本実施形態では、先端側パッキン 8 は、例えば、鉄製の板状リングである（他の材料（例えば、銅等の金属材料）も採用可能である）。主体金具 50 の縮内径部 56 は、パッキン 8 を介して、間接的に、絶縁体 10 の縮外径部 1

6を支持している。

[0029] 主体金具50の工具係合部51より後端側には、薄肉の部分であるカシメ部53が形成されている（カシメ部53は、主体金具50の後端を形成する後端部である。以下、後端部53とも呼ぶ）。また、中胴部54と工具係合部51との間には、薄肉の部分である座屈部58が形成されている。主体金具50の工具係合部51からカシメ部53にかけての内周面と、絶縁体10の後端側胴部13の外周面との間には、円環状のリング部材61、62が挿入されている。さらにこれらのリング部材61、62の間には、緩衝材の一例としてのタルク70の粉末が充填されている。点火プラグ100の製造工程において、カシメ部53が内側に折り曲げられて加締められると、座屈部58が圧縮力の付加に伴って外向きに変形（座屈）し、この結果、主体金具50と絶縁体10とが固定される。タルク70は、この加締め工程の際に圧縮され、主体金具50と絶縁体10との間の気密性を高める。また、パッキン8は、絶縁体10の縮外径部16と主体金具50の縮内径部56との間で押圧され、そして、主体金具50と絶縁体10との間をシールする。なお、圧縮されたタルク70は、完成した点火プラグ100において（すなわち、加締め工程の後に）、絶縁体10に、主体金具50に対して前方向Dfへ向けて押し付ける力を、作用させる。すなわち、圧縮されたタルク70は、完成した点火プラグ100において、パッキン8に荷重を印加する。これにより、パッキン8による気密の緩みが抑制される。また、タルク70は、振動を吸収する緩衝材として、機能する。これにより、絶縁体10と主体金具50との固定の緩みが、抑制される。

[0030] 接地電極30は、金属製の部材であり、棒状の本体部37と、本体部37の先端部34に取り付けられた第2チップ39と、を有している。本体部37の他方の端部33（基端部33とも呼ぶ）は、主体金具50の先端面55に接合されている（例えば、抵抗溶接）。本体部37は、主体金具50に接合された基端部33から先端方向Dfに向かって延び、中心軸CLに向かって曲がって、先端部34に至る。第2チップ39は、先端部34の後方向D

f r側の部分に固定されている（例えば、抵抗溶接やレーザ溶接）。接地電極30の第2チップ39と、中心電極20の第1チップ29とは、ギャップgを形成している。すなわち、接地電極30の第2チップ39は、中心電極20の第1チップ29の前方向Df側に配置されており、第1チップ29とギャップgを介して対向している。第2チップ39は、本体部37よりも放電に対する耐久性に優れる材料（例えば、イリジウム（Ir）、白金（Pt）等の貴金属）を用いて形成されている。なお、第2チップ39は、省略されてもよい。

[0031] 本体部37は、外層31と、外層31の内周側に配置された内層32と、を有している。外層31は、内層32よりも耐酸化性に優れる材料（例えば、ニッケルを主成分として含む合金）で形成されている。内層32は、外層31よりも熱伝導率が高い材料（例えば、純銅、銅を主成分として含む合金、等）で形成されている。なお、内層32は、省略されてもよい。

[0032] A-2. 製造方法：

上記した点火プラグ100の製造方法としては、種々の方法を採用可能である。例えば、以下の製造方法を採用可能である。まず、絶縁体10と、端子金具40と、抵抗体73の材料粉末と、シール部72、74の材料粉末と、主体金具50と、中心電極20と、直線状の接地電極30と、を含む点火プラグ100の部品を準備する。絶縁体10は、例えば、アルミナなどの材料粉末を所定の形状に成形し、成形された部材を焼成することによって、製造される。端子金具40、主体金具50、中心電極20、直線状の接地電極30などの金属部材は、例えば、鍛造、切削、溶接などの方法によって、製造される。

[0033] 次に、準備された部材を用いて、絶縁体10と中心電極20と端子金具40とを有する組立体が準備される。例えば、絶縁体10の後方向Df r側の開口から中心電極20が挿入される。中心電極20は、絶縁体10の縮内径部11に支持されることにより、貫通孔12内の所定位置に配置される。次に、第1シール部72、抵抗体73、第2シール部74のそれぞれの材料粉

末の投入と投入された粉末材料の成形とが、部材 7 2、7 3、7 4 の順番に、行われる。粉末材料は、絶縁体 1 0 の後方向 D f r 側の開口から貫通孔 1 2 内に投入される。次に、絶縁体 1 0 を、部材 7 2、7 3、7 4 の材料粉末に含まれるガラス成分の軟化点よりも高い所定温度まで加熱し、所定温度に加熱した状態で、絶縁体 1 0 の後方向 D f r 側の開口から、端子金具 4 0 の軸部 4 1 を貫通孔 1 2 に挿入する。この結果、部材 7 2、7 3、7 4 の材料粉末が圧縮および焼結されて、部材 7 2、7 3、7 4 が形成される。そして、端子金具 4 0 が、絶縁体 1 0 に固定される。

[0034] 次に、絶縁体 1 0 を含む上記の組立体が、主体金具 5 0 に固定される。図 2 は、主体金具 5 0 に組立体 2 0 0 が固定される様子を示す概略図である。図中には、絶縁体 1 0 を含む組立体 2 0 0 と、主体金具 5 0 と、の断面が示されている。図中の中心軸 C L と方向 D f、D f r とは、完成した点火プラグ 1 0 0 (図 1) における絶縁体 1 0 と主体金具 5 0 とから見た、中心軸 C L と方向 D f、D f r を示している。図 2 の断面は、軸線 C L を含む平らな断面である。以下、軸線 C L と方向 D f、D f r とを用いて、位置関係を説明する。

[0035] 図 2 の実施形態では、主体金具 5 0 を支持する支持具 9 0 0 が用いられる。支持具 9 0 0 は、貫通孔 9 1 0 を形成する板状の部材である。貫通孔 9 1 0 の内径は、主体金具 5 0 のネジ部 5 7 の外径よりも大きく、中胴部 5 4 の座面 3 0 0 の外径よりも小さい。この支持具 9 0 0 の貫通孔 9 1 0 に、主体金具 5 0 の先端側胴部 5 2 が挿入される。支持具 9 0 0 の後方向 D f r 側の面 9 0 0 r は、主体金具 5 0 の中胴部 5 4 の座面 3 0 0 に接触して、主体金具 5 0 を支持する。これにより、主体金具 5 0 の中胴部 5 4 は、支持具 9 0 0 に支持されるので、前方向 D f へ移動できない。

[0036] この状態で、主体金具 5 0 の貫通孔 5 9 内に、先端側パッキン 8 と、組立体 2 0 0 と、リング部材 6 2 と、タルク 7 0 と、リング部材 6 1 とが、配置される。具体的には、パッキン 8 は、主体金具 5 0 の縮内径部 5 6 上に、配置される。組立体 2 0 0 は、絶縁体 1 0 の縮外径部 1 6 がパッキン 8 に接触

する位置に、配置される。絶縁体 10 の縮外径部 17 の後方向 D f r 側では、主体金具 50 の内周面と、絶縁体 10 の後端側胴部 13 の外周面との間に、隙間 S P が形成される。図示を省略するが、主体金具 50 の後端部 53 は、加締められる前は、後方向 D f r に向かって延びている。隙間 S P には、リング部材 62 とタルク 70 とリング部材 61 とが、配置される。具体的には、リング部材 62 は、縮外径部 17 上に、配置される。リング部材 62 の後方向 D f r 側には、タルク 70 が充填される。そして、タルク 70 の後方向 D f r 側に、リング部材 61 が配置される。そして、主体金具 50 の後端部 53 に、前方向 D f 側を向く力 F 1 が、印加される。この力は、座屈部 58 に伝達し、座屈部 58 を、軸線 C L に平行な方向の長さが短くなるように、変形させる（例えば、座屈部 58 は、外周側に向かって変形する）。また、力 F 1 は、後端部 53 を、内側に折り曲げるように加締める。タルク 70 は、リング部材 61 とリング部材 62 との間で、圧縮される。

[0037] 主体金具 50 の後端部 53 に印加された力 F 1 は、リング部材 61、タルク 70、リング部材 62 を介して、絶縁体 10 の縮外径部 17 にも、伝わる。これにより、絶縁体 10 は、主体金具 50 に対して、相対的に、前方向 D f に向かって押圧される。これにより、絶縁体 10 の縮外径部 16 は、主体金具 50 の縮内径部 56 に向かって押圧される。すなわち、縮外径部 16 と縮内径部 56 との間で、パッキン 8 は、押圧される。これにより、主体金具 50 に絶縁体 10 が固定される。

[0038] また、図示を省略するが、主体金具 50 の先端面 55 には、棒状の接地電極 30 が接合される（例えば、抵抗溶接）。そして、棒状の接地電極 30 を曲げることによって、ギャップ g の距離が調整される。以上により、点火プラグ 100 が完成する。なお、接地電極 30 は、主体金具 50 に組立体 200 が固定されるよりも前に、主体金具 50 に接合されてもよい。

[0039] A-3. 点火プラグ 100 のパラメータについて：

上述したように、主体金具 50（図 2）の後端部 53 を加締める際には、主体金具 50 の縮内径部 56 は、パッキン 8 を介して、絶縁体 10 の縮外径

部 1 6 から、前方向 D f の荷重を受ける。一方、主体金具 5 0 の中胴部 5 4 は、支持具 9 0 0 に支持されているので、前方向 D f へは移動できない。これらの結果、後端部 5 3 を加締めることによって、主体金具 5 0 のうちの中胴部 5 4 の座面 3 0 0 と縮内径部 5 6 との間の部分である中間部分 5 0 P は、軸線 C L に沿って延びるように変形し得る。中間部分 5 0 P が変形する場合、ネジ部 5 7 のうちの中間部分 5 0 P に設けられた部分である後部分 5 7 x が、変形し得る。点火プラグ 1 0 0 を内燃機関の取付孔に適切に取り付けるためには、ネジ部 5 7 の変形、ひいては、中間部分 5 0 P の変形が、抑制されることが好ましい。

[0040] 以下、中間部分 5 0 P の変形を抑制するための点火プラグ 1 0 0 の構成を検討する。図 2 中には、点火プラグ 1 0 0 のパラメータ L、T、D i、D e、D a、D b、D m、D c が示されている。以下、これらのパラメータと点火プラグ 1 0 0 の特性とについて説明する。

[0041] 充填長 L は、トルク 7 0 が充填される充填部分 7 9 の軸線 C L に平行な方向の長さである。上述したように、本実施形態では、トルク 7 0 は、隙間 S P のうち、リング部材 6 1 とリング部材 6 2 との間の部分に、充填される。リング部材 6 1 の外面と、リング部材 6 2 の外面とは、曲面であるので、充填部分 7 9 の軸線 C L に平行な方向の長さは、軸線 C L に垂直な方向の位置に応じて、変化する。このような場合、充填長 L としては、以下のような距離が用いられる。すなわち、充填長 L は、充填部分 7 9 の前方向 D f 側の面のうちの最も後方向 D f r 側の位置 7 9 f と、充填部分 7 9 の後方向 D f r 側の面のうちの最も前方向 D f 側の位置 7 9 r と、の間の、軸線 C L に平行な方向の距離である。本実施形態では、前方向 D f 側の位置 7 9 f は、リング部材 6 2 の後端 6 2 r の位置と同じであり、後方向 D f r 側の位置 7 9 r は、リング部材 6 1 の先端 6 1 f の位置と同じである。なお、充填長 L は、完成した点火プラグ 1 0 0 における充填部分 7 9 の長さである（すなわち、後端部 5 3 が加締められた後の、充填部分 7 9 の長さである）。

[0042] 充填長 L が長い場合には、後端部 5 3 を加締める際に圧縮されるトルク 7

0の量が多い。従って、充填長Lが長い場合には、後端部53の加締めの際に、タルク70が自身の圧縮によって力を吸収できるので、絶縁体10とパッキン8とを介して主体金具50の縮内径部56に印加される力が過大となることを抑制できる。この結果、主体金具50の中間部分50Pの変形が、抑制される。また、圧縮されたタルク70は、完成した点火プラグ100において、パッキン8に荷重を印加することができる。充填長Lを大きくすることによって、この荷重を大きくすることができる。この結果、パッキン8による気密性を向上できる。また、充填長Lが長い場合には、タルク70は、パッキン8に適切な荷重を印加できるので、後端部53を加締める力を小さくできる。この結果、主体金具50の中間部分50Pの変形を抑制できる。

[0043] 最小肉厚T（図2）は、主体金具50のネジ部57のうちの縮内径部56よりも後方向Dfr側の後部分57xにおける有効肉厚の最小値である。ここで、有効肉厚は、ネジ部57の有効径Deから主体金具50の内径Diを引いた差分の1/2である。ネジ部57の有効径Deは、ネジ部57の雄ネジの有効径であり、ねじ溝の幅がねじ山の幅に等しくなるような仮想的な円筒の直径である。なお、本実施形態では、有効径Deは、軸線CLに平行な方向の位置によらず、一定である。主体金具50の内径Diは、軸線CLに平行な方向の位置に応じて、変化し得る。従って、有効肉厚は、軸線CLに平行な方向の位置に応じて、変化し得る。最小肉厚Tは、ネジ部57の後部分57xにおける可変な有効肉厚の最小値である。なお、有効径Deは、軸線CLに平行な方向の位置に応じて、変化してもよい。

[0044] 上述した最小肉厚Tが厚いほど、加締めの際に変形し得る中間部分50Pのうち、ネジ部57が形成された部分は、変形し難い。従って、中間部分50Pのネジ部57の変形を抑制するためには、最小肉厚Tが大きいことが好ましい。

[0045] 図2中の長さDaは、軸線CLに平行な方向の中間部分50Pの長さである（中間部長Daとも呼ぶ）。中間部分50Pの後方向Dfr側の端の位置

（ここでは、軸線C Lに平行な方向の位置）は、加締めの際に前方向D fへ移動しないように支持される部分（ここでは、座面3 0 0）の位置と、同じである。中間部分5 0 Pの前方向D f側の端の位置（軸線C Lに平行な方向の位置）は、縮内径部5 6の後方向D f r側の端の位置と同じである。

[0046] 図2中の左部には、中間部分5 0 Pの前方向D f側の端の位置を示す部分断面が示されている。この部分断面は、図2の断面のうち、主体金具5 0の縮内径部5 6と、絶縁体1 0の縮外径部1 6と、パッキン8と、を含む部分の拡大図である。図中の後部分5 2 mは、主体金具5 0の先端側胴部5 2のうち、縮内径部5 6の後方向D f r側に接続された部分である。図示するように、縮内径部5 6の内周面と後部分5 2 mの内周面との接続部分C 1は、丸められ得る。この場合、以下のように、縮内径部5 6と後部分5 2 mとの境界を特定してよい。図中の断面において、縮内径部5 6の内周面を表す直線部分のうちの最も後部分5 2 mに近い部分5 6 Lと、後部分5 2 mの内周面を表す直線部分のうち最も縮内径部5 6に近い部分5 2 m Lと、を延長して得られる2本の直線の交点P 1を、境界位置として採用可能である。この交点P 1を、中間部分5 0 Pの前方向D f側の端の位置として採用してよい。そして、中間部分5 0 Pの長さD aとしては、この交点P 1と、中間部分5 0 Pの後方向D f r側の端の位置（ここでは、座面3 0 0の位置）と、の間の軸線C Lに平行な方向の距離を採用してよい。

[0047] 図2中の長さD bは、座面3 0 0と、主体金具5 0の先端（ここでは、先端面5 5）と、の間の軸線C Lに平行な方向の長さである（ネジ長D bとも呼ぶ）。ネジ長D bを長くすることによって、端子金具4 0（図1）をギャップgから遠ざけることができるので、内燃機関の設計の自由度を向上できる。ただし、ネジ長D bが長い場合には、加締めの際に変形し得る中間部分5 0 Pも長くなる。長い中間部分5 0 Pが変形する場合、ネジ部5 7のうち中間部分5 0 Pに設けられた長い後部分5 7 xも、変形し得る。ネジ長D bを長くするためには、中間部分5 0 Pの変形を抑制するように、点火プラグ1 0 0を構成することが好ましい。

[0048] また、中間部分 50P には、軸線 CL に平行に延びるような変形に限らず、曲がるような変形も生じ得る。ここで、ネジ長 Db が長い場合、中間部分 50P のうちの曲がった部分と、主体金具 50 の先端（ここでは、先端面 55）と、の間の距離が長くなり得る。この距離が長い場合、主体金具 50 の先端の位置は、軸線 CL に垂直な方向に、大きくずれ得る。主体金具 50 の先端の位置が軸線 CL に垂直な方向にずれると、点火プラグ 100 を内燃機関の取付孔に適切に装着することが難しくなり得る。この観点からも、ネジ長 Db を長くするためには、中間部分 50P の変形を抑制するように、点火プラグ 100 を構成することが好ましい。

[0049] また、点火プラグ 100 の温度は、内燃機関の駆動時に、燃焼ガスからの熱を受けて、高くなる。主体金具 50 のような金属製の部材は、昇温によって膨張する。例えば、主体金具 50 は、昇温によって、軸線 CL に平行な方向に、延びる。これにより、主体金具 50 の縮内径部 56 は、絶縁体 10 に対して、前方向 Df へ移動し得る。この結果、パッキン 8 に印加される荷重が弱くなり得、そして、パッキン 8 による気密性が低下し得る。主体金具 50 の昇温による伸び量は、ネジ長 Db が長いほど、大きい。従って、ネジ長 Db が長い場合には、パッキン 8 による気密性が低下し易い。ここで、加締めの際の中間部分 50P の変形が小さい場合には、点火プラグ 100 の完成後に、トルク 70 は、大きな荷重を、パッキン 8 に印加可能である。従って、主体金具 50 が昇温によって延びる場合であっても、パッキン 8 に印加される荷重が不足することを抑制できる。これにより、パッキン 8 による気密性の低下を抑制できる。この観点からも、ネジ長 Db を長くするためには、中間部分 50P の変形を抑制するように、点火プラグ 100 を構成することが好ましい。

[0050] 図 2 中の、呼び径 Dm は、ネジ部 57 の呼び径である。呼び径 Dm を小さくすることによって、内燃機関の取付孔を細くすることができるので、内燃機関の設計の自由度を向上できる。なお、呼び径 Dm を小さくするために、主体金具 50 の先端側胴部 52 の内周側の絶縁体 10 の外径を小さくすると

、絶縁体 10 の肉厚が薄くなるので、中心電極 20 と主体金具 50 との間で絶縁体 10 を貫通する放電が生じ易くなる。先端側胴部 52 の肉厚を薄くすれば、意図しない放電を抑制しつつ、呼び径 D_m を小さくすることができる。しかし、先端側胴部 52 の肉厚が薄い場合、先端側胴部 52 の中間部分 50P が、変形し易い。このように、呼び径 D_m を小さくするためには、中間部分 50P の変形を抑制するように、点火プラグ 100 を構成することが好ましい。

[0051] 図 2 中の外径 D_c は、絶縁体 10 の脚部 19 の後方向 D_{fr} 側の端における外径である（根元径 D_c とも呼ぶ）。図 2 中の左部の部分断面の位置 P_2 は、脚部 19 の後方向 D_{fr} 側の端の位置を示している。図示するように、脚部 19 の外周面と縮外径部 16 の外周面との接続部分 C_2 は、丸められ得る。この場合、以下のように、脚部 19 と縮外径部 16 との境界を特定してよい。図中の断面において、脚部 19 の外周面を表す直線部分のうちの最も縮外径部 16 に近い部分 $19L$ と、縮外径部 16 の外周面を表す直線部分のうちの最も脚部 19 に近い部分 $16L$ と、を延長して得られる 2 本の直線の交点 P_2 を、境界位置として採用可能である。この交点 P_2 を、脚部 19 の後方向 D_{fr} 側の端の位置として採用してよい。そして、絶縁体 10 の脚部 19 の根元径 D_c としては、この交点 P_2 を含み軸線 CL に垂直な断面 CS における絶縁体 10 の外径を採用してよい。

[0052] 主体金具 50 の中間部分 50P は、軸線 CL に対して斜めに傾斜するように、変形し得る（例えば、中間部分 50P は、曲がり得る）。この場合、主体金具 50 の縮内径部 56 は、絶縁体 10 の縮外径部 16 に、絶縁体 10 を軸線 CL に対して斜めに傾斜させるような力を、印加し得る。このような力に起因して、絶縁体 10 の脚部 19 の根元が、割れ得る。特に、呼び径 D_m が小さい場合には、脚部 19 の根元径 D_c も小さいので、脚部 19 の根元は、割れやすい。根元径 D_c を小さくするためには、中間部分 50P の変形を抑制するように、点火プラグ 100 を構成することが好ましい。

[0053] A-4. 第 1 評価試験：

以上の考察を考慮し、点火プラグ100の複数種類のサンプルを準備して、ネジ部57の変形の評価試験を行った。図3は、試験結果を示すグラフである。横軸は、充填長Lを示し（単位は、mm）、縦軸は、最小肉厚Tを示している（単位は、mm）。評価試験のために、充填長Lと最小肉厚Tとの少なくとも一方が互いに異なる複数種類の点火プラグ100のサンプルを準備した。充填長Lとしては、2.2mm以上6.0mm以下の範囲内の種々の値が、採用された。最小肉厚Tとしては、0.7mm以上1.3mm以下の範囲内の種々の値が、採用された。各サンプルに共通な寸法は、以下の通りである。

中間部長 $D_a = 18 \text{ mm}$

ネジ長 $D_b = 25 \text{ mm}$

呼び径 $D_m = M8$

有効径 $D_e = 7.4 \text{ mm}$

根元径 $D_c = 4 \text{ mm}$

ネジ部57の雄ネジの構成（例えば、呼び径 D_m ）は、複数種類のサンプルの間で、同じであった。

[0054] 評価試験では、主体金具50のネジ部57に適合する2種類のリングゲージを準備した。第1種リングゲージは、JIS B 0251で規定される通り側リングゲージであり、主体金具50のネジ部57に対応する雌ネジが形成されたリング状のゲージである（限界ゲージとも呼ばれる）。第2種リングゲージは、第1種リングゲージと比べて大きな雌ネジが形成された通り側リングゲージである。具体的には、第2種リングゲージは、雌ネジの有効径が、JIS B 0251で規定される基準寸法に、上の許容差の3倍を加算して得られる値となるように、製造された。例えば、 $M8 \times 0.75 - 6g$ GRゲージの有効径は、 7.489 ± 0.007 (mm) である。この第1種リングゲージに対応する第2種リングゲージの有効径の目標値は、 $7.489 + 3 \times 0.007 = 7.510$ (mm) である。一般的な内燃機関の取付孔の雌ネジは、点火プラグの適切な装着を容易に行うために、JIS

S B 0251で規定されるリングゲージに対応する有効径よりも若干大きい有効径を有している。すなわち、一般的な内燃機関の取付孔は、JIS B 0251のリングゲージに対応する雄ネジよりも若干大きな雄ネジを有する点火プラグを、適切に装着できるように、構成されている。第2種リングゲージの上記の有効径は、そのような内燃機関の取付孔の有効径の例を示している。

[0055] 図3のグラフ中には、「二重丸」と「一重丸」と「三角」とのマークが、示されている。1つのマークは、充填長Lと最小肉厚Tとの1つの組み合わせ（すなわち、1種類のサンプル）の評価結果を示している。評価試験では、点火プラグ100（図1）のサンプルの主体金具50のネジ部57を、リングゲージに、ねじ込んだ。そして、主体金具50に対してリングゲージを回転させ、リングゲージを、ネジ部57の前方向Df側の端である先端57fから後方向Dfr側の端である後端57rまで移動させ、再び、ネジ部57の先端57fまで移動させた。主体金具50の後端部53の加締めによって中間部分50Pのネジ部57が大きく変形した場合、リングゲージは、ネジ部57の後端57rまで移動できない。「二重丸」で表されるA評価は、第1種リングゲージが、ネジ部57の先端57fから後端57rまでの全長を移動できたことを示している。「一重丸」で表されるB評価は、第1種リングゲージはネジ部57の後端57rまで移動できないものの、第2種リングゲージが、ネジ部57の全長を移動できたことを示している。「三角」で表されるC評価は、第2種リングゲージが、ネジ部57の後端57rまで移動できなかったことを示している。A評価（二重丸）とB評価（一重丸）とのそれぞれの点火プラグ100のサンプルは、一般的な内燃機関の取付孔に、適切に、装着可能である。

[0056] グラフに示すように、最小肉厚Tが一定である場合、充填長Lが大きいほど、評価結果が良好であった。この理由は、上述したように、充填長Lが長いほど、トルク70による力の吸収が促進されることによって、主体金具50の中間部分50Pの変形が抑制されるからだと推定される。

- [0057] また、グラフに示すように、充填長 L が一定である場合、最小肉厚 T が大きいほど、評価結果が良好であった。この理由は、上述したように、最小肉厚 T が大きいほど、主体金具50の中間部分50Pが変形しにくいからだと推定される。
- [0058] また、グラフ中には、2本の境界線810、820が示されている。第1境界線810は、 $T \times L = 3 \text{ mm}^2$ で表される線を示し、第2境界線820は、 $T \times L = 4 \text{ mm}^2$ で表される線を示している。図示するように、 $T \times L$ が 3 mm^2 以上である場合（すなわち、 T と L の組み合わせを示すマークが第1境界線810から右上の領域内にある場合）、評価結果は、B評価以上であった。このように、「 $3 \text{ mm}^2 \leq L \times T$ 」が満たされる場合には、ネジ部57の変形を、適切に抑制できた。
- [0059] また、 $T \times L$ が 4 mm^2 以上である場合（すなわち、 T と L の組み合わせを示すマークが第2境界線820から右上の領域内にある場合）、評価結果は、A評価であった。このように、「 $4 \text{ mm}^2 \leq L \times T$ 」が満たされる場合には、ネジ部57の変形を、更に抑制できた。
- [0060] なお、グラフに示すように、最小肉厚 T が1.3 mm以下である種々のサンプルが、A評価とB評価とを実現した。このように、最小肉厚 T が1.3 mm以下である場合においても、最小肉厚 T と充填長 L との適正化により、ネジ部57の変形を抑制できた。
- [0061] 以上のように、最小肉厚 T と充填長 L との適正化により、中間部分50P（ひいては、ネジ部57）の変形を抑制できる。このように、中間部分50Pの変形が抑制される場合、上記評価試験のサンプルのように、細くて長い点火プラグ100を利用できる。具体的には、ネジ長 D_b は、25 mmのように長くてもよく、中間部長 D_a は、18 mmのように長くてもよく、呼び径 D_m は、M8のように小さくてもよく、根元径 D_c は、4 mmのように細くてもよい。このように細長い点火プラグ100を用いる場合であっても、中間部分50Pの変形が抑制されるので、中間部分50Pの変形に起因する不具合を抑制できる。

[0062] A-5. 第2評価試験：

点火プラグ100の複数種類のサンプルを用いる別の評価試験とその結果とについて説明する。この評価試験では、ネジ部57の長さが、評価された。図4は、ネジ部57の長さの説明図である。図中には、図2と同じく、組立体200と主体金具50との断面が、示されている。ネジ部57の長さD57は、ネジ部57の先端57fから後端57rまでの軸線CLに平行な方向の長さである。ネジ部57の先端57fは、ネジ部57の雄ねじの前方向Df側の端であり、ねじ山とねじ溝とが形成された部分の前方向Df側の端である。ネジ部57の後端57rは、ネジ部57の雄ねじの後方向Dfr側の端であり、ねじ山とねじ溝とが形成された部分の後方向Dfr側の端である。

[0063] 図5(A)、図5(B)は、点火プラグ100のサンプルの構成と試験結果との対応関係を示す表である。これらの表は、長さD57(単位は、mm)と、評価結果Rcと、不良数Ncと、の対応関係を示している。この評価試験では、図3の評価試験と同様に、第2種リングゲージを、主体金具50のネジ部57に、ねじ込んだ。そして、主体金具50に対して第2種リングゲージを回転させ、第2種リングゲージを、ネジ部57の先端57fから後端57rまで移動させ、再び、ネジ部57の先端57fまで移動させた。第2種リングゲージを移動させる試験は、同じ構成の10個のサンプルのそれぞれについて、行われた。不良数Ncは、10個のサンプルのうち、リングゲージがネジ部57の後端57rまで移動できなかったサンプルの総数である。A評価の評価結果Rcは、不良数Ncがゼロであることを示し、B評価の評価結果Rcは、不良数Ncが1以上であることを示している。

[0064] 図5(A)の評価試験では、長さD57が互いに異なる6種類のサンプルが、評価された。6種類のサンプルでは、最小肉厚Tと充填長Lとの組み合わせは、図3のグラフにおける第1境界線810よりも左側に位置しており、具体的には、最小肉厚 $T = 1.1\text{ mm}$ 、充填長 $L = 2\text{ mm}$ 、 $T \times L = 2.2\text{ mm}^2$ である。以下、図5(A)の評価試験で用いられたサンプルを、第1

種サンプル、または、参考例とも呼ぶ。

[0065] 図5 (B) の評価試験では、長さD 5 7 が互いに異なる9種類のサンプルが、評価された。9種類のサンプルでは、最小肉厚Tと充填長Lとの組み合わせは、図3のグラフにおける第1境界線8 1 0よりも右側に位置しており、具体的には、最小肉厚 $T = 1.1 \text{ mm}$ 、充填長 $L = 3 \text{ mm}$ 、 $T \times L = 3.3 \text{ mm}^2$ である。以下、図5 (B) の評価試験で用いられたサンプルを、第2種サンプルとも呼ぶ。

[0066] 図5 (A) の第1種サンプルと図5 (B) の第2種サンプルとの間では、充填長Lが異なっている。また、ネジ部5 7の長さD 5 7の調整に伴って、ネジ長D b (図2) も調整された(長さD 5 7が大きいほど、ネジ長D bも大きい)。これらの部分以外の構成は、図5 (A) と図5 (B) との各サンプルの間で、共通であった。例えば、以下の寸法は、共通であった。

中間部長 $D a = 18 \text{ mm}$

呼び径 $D m = M8$

有効径 $D e = 7.4 \text{ mm}$

根元径 $D c = 4 \text{ mm}$

[0067] 図5 (A) の6種類のサンプルのそれぞれの長さD 5 7は、11、13、15、17、19、21 (mm)であった。そして、長さD 5 7が13 mm以下である場合に、評価結果R cは、A評価であり、長さD 5 7が15 mm以上である場合に、評価結果R cは、B評価であった。このように、長さD 5 7が長い場合に評価結果R cが低くなる理由は、以下の通りである。

[0068] ネジ部5 7の一部分(例えば、中間部分5 0 P)が変形する場合、ネジ部5 7は、その変形した部分で、曲がり得る。上述したように、ネジ部5 7の長さD 5 7が大きい場合、中間部分5 0 Pのうちの曲がった部分と、主体金具5 0の先端(ここでは、先端面5 5)と、の間の距離が長くなり得る。そして、この距離が長い場合、主体金具5 0の先端の位置は、軸線C Lに垂直な方向に、大きくずれ得る。この位置ずれが大きい場合、リングゲージや内燃機関の取付孔などの雌ネジを、主体金具5 0のネジ部5 7の先端5 7 fか

ら後端 5 7 r までねじ込むことは、難しくなり得る。

- [0069] 図 5 (B) の 9 種類のサンプルのそれぞれの長さ D 5 7 は、1 1、1 3、1 5、1 7、1 9、2 1、2 3、2 5、2 7 (mm) であった。そして、全てのサンプルの評価結果 R c が、A 評価であった。このように、 $T \times L (= 3.3 \text{ mm}^2)$ が 3 mm^2 以上である場合、長さ D 5 7 が 1 5 mm 以上であっても、第 2 種リングゲージは、ネジ部 5 7 の先端 5 7 f から後端 5 7 r までの全長を移動できた。この理由は、図 3 の試験結果で説明したように、最小肉厚 T と充填長 L との適正化により、中間部分 5 0 P (ひいては、ネジ部 5 7) の変形が、抑制されるからである。
- [0070] 図 3 で説明したように、 $T \times L$ が 3 mm^2 以上である場合、種々の最小肉厚 T と種々の充填長 L との組み合わせにおいて、中間部分 5 0 P (ひいては、ネジ部 5 7) の変形が、抑制される。従って、図 5 (B) のサンプルの最小肉厚 T と充填長 L との組み合わせに限らず、種々の最小肉厚 T と種々の充填長 L とを有する点火プラグ 1 0 0 のネジ部 5 7 の長さ D 5 7 を、長くすることができる。長さ D 5 7 は、図 5 (B) の A 評価を実現した 9 個の長さ D 5 7 が分布する範囲である 1 1 mm 以上、2 7 mm 以下の範囲の少なくとも一部を含む種々の範囲の値であってよい。例えば、長さ D 5 7 は、1 1 mm 以上であってよく、また、1 5 mm 以上であってよい。また、長さ D 5 7 の上限を、図 5 (B) の試験結果において A 評価を実現した 9 個の長さ D 5 7 を用いて定めてもよい。具体的には、9 個の値のうちの任意の値を、長さ D 5 7 の好ましい範囲の上限として採用してよい。例えば、長さ D 5 7 は、2 7 mm 以下であってよい。なお、 $T \times L$ が 3 mm^2 以上である場合、ネジ部 5 7 の変形が抑制されるので、長さ D 5 7 は 2 7 mm を超えてもよいと推定される。

- [0071] B. 変形例：

(1) 充填長 L (図 2) と最小肉厚 T のそれぞれの値としては、図 3 の評価試験に用いられたサンプルの値に限らず、種々の値であってよい。一般的に、充填長 L が長いほど、中間部分 5 0 P の変形は抑制される。従って、充填

長 L は、最小肉厚 T に拘わらず、大きいことが好ましく、例えば、6.0 mmより長くてもよい。また、最小肉厚 T が大きい場合（例えば、最小肉厚 T が1.3 mmよりも大きい場合）、充填長 L は、2.2 mm未満であってもよい。また、充填長 L として、図3の評価試験において、B評価以上の評価結果を実現した複数種類のサンプルの充填長 L が分布する範囲である2.2 mm以上6.0 mm以下の範囲内の任意の値を、採用してもよい。また、一般的に、最小肉厚 T が厚いほど、中間部分50Pの変形は抑制される。従って、最小肉厚 T は、充填長 L に拘わらずに、大きいことが好ましく、例えば、1.3 mmよりも厚くてもよい。また、充填長 L が大きい場合（例えば、充填長 L が6.0 mmよりも大きい場合）、最小肉厚 T は、0.7 mm未満であってもよい。また、最小肉厚 T として、図3の評価試験において、B評価以上の評価結果を実現した複数種類のサンプルの最小肉厚 T が分布する範囲である0.7 mm以上1.3 mm以下の範囲内の任意の値を、採用してもよい。いずれの場合も、「 $3\text{ mm}^2 \leq L \times T$ 」が満たされることが好ましく、「 $4\text{ mm}^2 \leq L \times T$ 」が満たされることが特に好ましい。

[0072] (2) 図2で説明した点火プラグ100の各種パラメータの値は、図3の評価試験に用いられたサンプルの値に限らず、種々の値であってよい。例えば、ネジ長 D_b は、図3の各サンプルのネジ長 D_b である25 mmよりも短くてもよい。また、ネジ長 D_b は、25 mmよりも長くてもよい。この場合も、 $L \times T$ を大きくすることによって、中間部分50Pの変形を抑制できると推定される（例えば、 $4\text{ mm}^2 \leq L \times T$ ）。このように、中間部分50Pの変形を抑制できるので、ネジ長 D_b を長くすることができる。例えば、25 mm以上のネジ長 D_b は、内燃機関の設計の自由度を向上できる点で、好ましい。

[0073] また、中間部長 D_a は、図3の各サンプルの中間部長 D_a である18 mmよりも短くてもよい。また、中間部長 D_a は、18 mmよりも長くてもよい。この場合も、 $L \times T$ を大きくすることによって、中間部分50Pの変形を抑制できると推定される（例えば、 $4\text{ mm}^2 \leq L \times T$ ）。このように、中間部

分50Pの変形を抑制できるので、中間部長Daを長くすることができる。

例えば、18mm以上の中間部長Daは、内燃機関の設計の自由度を向上できる点で、好ましい。

[0074] また、呼び径Dmは、図3の各サンプルの呼び径DmであるM8よりも大きくてもよい（例えば、M10、M12など）。また、呼び径Dmは、M8よりも小さくてもよい（例えば、M6など）。この場合も、 $L \times T$ を大きくすることによって、中間部分50Pの変形を抑制できると推定される（例えば、 $4\text{ mm}^2 \leq L \times T$ ）。

[0075] また、根元径Dcは、図3の各サンプルの根元径Dcである4mmよりも大きくてもよい。また、根元径Dcは、4mmよりも小さくてもよい。この場合も、 $L \times T$ を大きくすることによって、中間部分50Pの変形を抑制できると推定される（例えば、 $4\text{ mm}^2 \leq L \times T$ ）。このように、中間部分50Pの変形を抑制できるので、根元径Dcを小さくすることができる。例えば、4mm以下の根元径Dcは、点火プラグ100の設計の自由度を向上できる点で、好ましい。

[0076] また、図4で説明したネジ部57の長さD57は、ゼロよりも大きな種々の値であってよい。上述したように、 $L \times T$ を大きくすることによって、中間部分50Pの変形を抑制できると推定される（例えば、 $4\text{ mm}^2 \leq L \times T$ ）。このように、中間部分50Pの変形を抑制できるので、長さD57を長くすることができる。例えば、15mm以上の長さD57は、内燃機関の設計の自由度を向上できる点で、好ましい。また、長さD57は、図5（B）のサンプルの長さD57の最大値である27mmを、超えてもよい。

[0077] （3）スパークプラグの構成としては、上記各実施形態の構成に代えて、他の種々の構成を採用可能である。例えば、先端側パッキン8（図1）が省略されてもよい。この場合、主体金具の縮内径部（例えば、図2（A）の縮内径部56）は、絶縁体の縮外径部（例えば、図2（A）の縮外径部16）に接触することによって、直接的に、絶縁体の縮外径部を、支持する。また、中心電極の先端部の先端面（例えば、図1の第1チップ29の前方向Df側

の面)に代えて、中心電極の先端部の側面(軸線CLに垂直な方向側の面)と、接地電極とが、放電用のギャップを形成してもよい。放電用のギャップの総数が2以上であってもよい。抵抗体73が省略されてもよい。絶縁体の貫通孔内の中心電極と端子金具との間に、磁性体が配置されてもよい。また、主体金具50と絶縁体10との隙間SPに配置される緩衝材としては、タルク70に代えて、圧縮可能な他の種々の部材を採用可能である。

[0078] 以上、実施形態、変形例に基づき本発明について説明してきたが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨並びに特許請求の範囲を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本発明にはその等価物が含まれる。

産業上の利用可能性

[0079] 本発明は、点火プラグに、好適に利用できる。

符号の説明

[0080] 8…先端側パッキン、10…絶縁体、11…縮内径部、12…貫通孔(軸孔)、13…後端側胴部、14…大径部、15…先端側胴部、16…縮外径部、16L…部分、17…縮外径部、19…脚部、19L…部分、20…中心電極、21…外層、22…芯部、23…鍔部、24…頭部、27…軸部、28…棒部、29…第1チップ、30…接地電極、31…外層、32…内層、33…基端部、34…先端部、37…本体部、39…第2チップ、40…端子金具、41…軸部、48…鍔部、49…キャップ装着部、50…主体金具、50P…中間部分、51…工具係合部、52…先端側胴部、52m…後部分、52mL…部分、53…カシメ部(後端部)、54…中胴部、55…先端面、56…縮内径部、56L…部分、57…ネジ部、57f…先端、57r…後端、57x…部分、58…座屈部、59…貫通孔、61…リング部材、61f…先端、62…リング部材、62r…後端、70…タルク、72…第1シール部、73…抵抗体、74…第2シール部、79

…充填部分、79 f …位置、79 r …位置、90 …ガスケット、100 …点火プラグ、200 …組立体、300 …座面、810 …第1境界線、820 …第2境界線、900 …支持具、900 r …面、910 …貫通孔、g …ギャップ、L …充填長、T …最小肉厚、F1 …力、C1 …接続部分、P1 …交点、C2 …接続部分、P2 …交点、CL …中心軸（軸線）、SP …隙間、CS …断面、Da …中間部長、Db …ネジ長、Dc …外径、Dc …根元径、De …有効径、Df …先端方向（前方向）、Di …内径、Dm …呼び径、Df r …後端方向（後方向）

請求の範囲

[請求項1] 軸線の方法に延びる貫通孔を有し、後端側から先端側に向けて外径が小さくなる第1縮外径部と、前記第1縮外径部よりも後端側に位置するとともに先端側から後端側に向けて外径が小さくなる第2縮外径部と、を含む絶縁体と、

前記絶縁体が挿入される前記軸線の方法に延びる貫通孔を有する主体金具であり、後端側から先端側に向けて内径が小さくなるとともに前記絶縁体の前記第1縮外径部を直接的または間接的に支持する縮内径部と、前記絶縁体の前記第2縮外径部よりも後端側に位置し前記主体金具の後端を形成するとともに径方法の内側に向かつて曲がっている後端部と、外周面に形成されたネジ部と、を含み、前記絶縁体の外周に配置される主体金具と、

前記主体金具の前記後端部と前記絶縁体の前記第2縮外径部との間の、前記主体金具の内周面と前記絶縁体の外周面とによって囲まれる空間に充填される緩衝材と、

を備える点火プラグであって、

前記緩衝材が充填される充填部分の前記軸線の方法の長さを充填長Lとし、

前記主体金具の前記ネジ部における前記ネジ部の有効径から前記主体金具の内径を引いた差分の $1/2$ を有効肉厚とし、

前記ネジ部のうちの前記縮内径部よりも後端側の部分における前記有効肉厚の最小値を最小肉厚Tとする場合に、

$3\text{ mm}^2 \leq L \times T$ が満たされる、点火プラグ。

[請求項2] 請求項1に記載の点火プラグであって、

$4\text{ mm}^2 \leq L \times T$ が満たされる、点火プラグ。

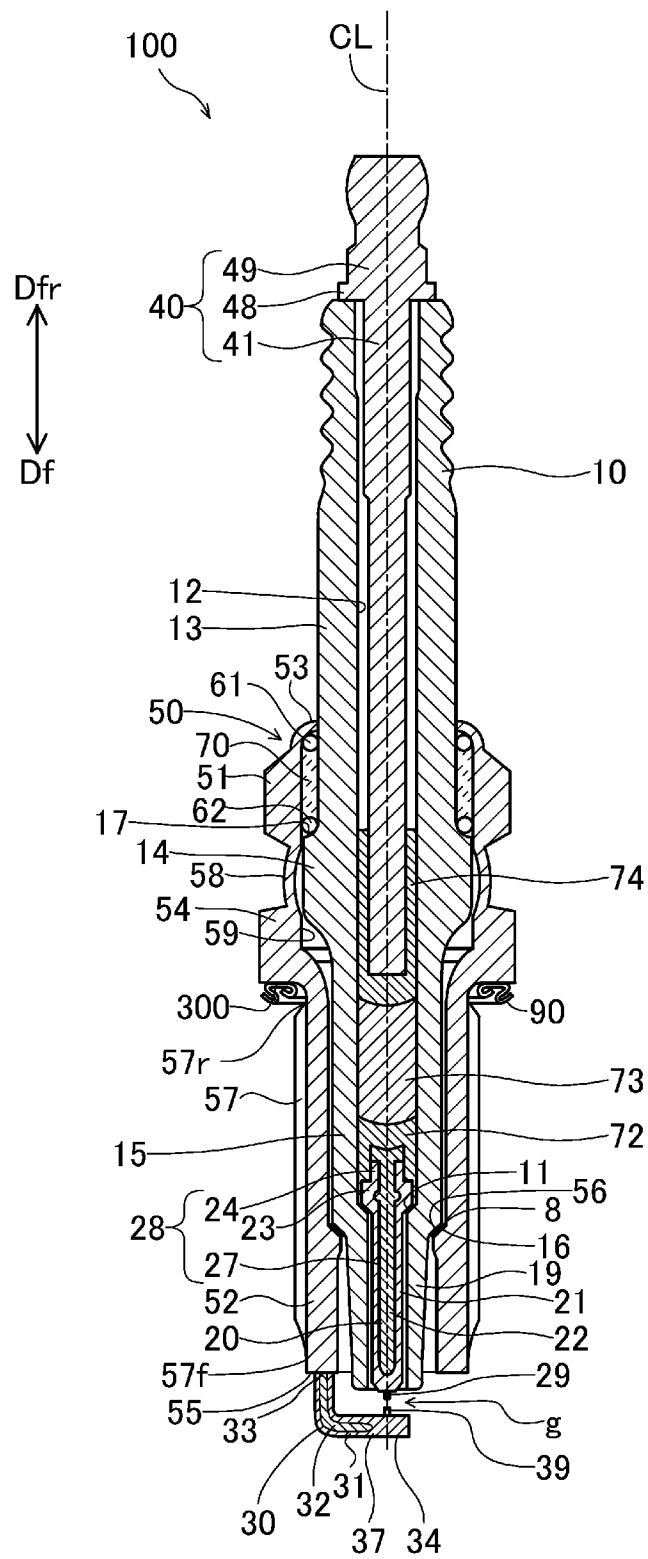
[請求項3] 請求項1または2に記載の点火プラグであって、

前記最小肉厚Tは、 1.3 mm 以下である、点火プラグ。

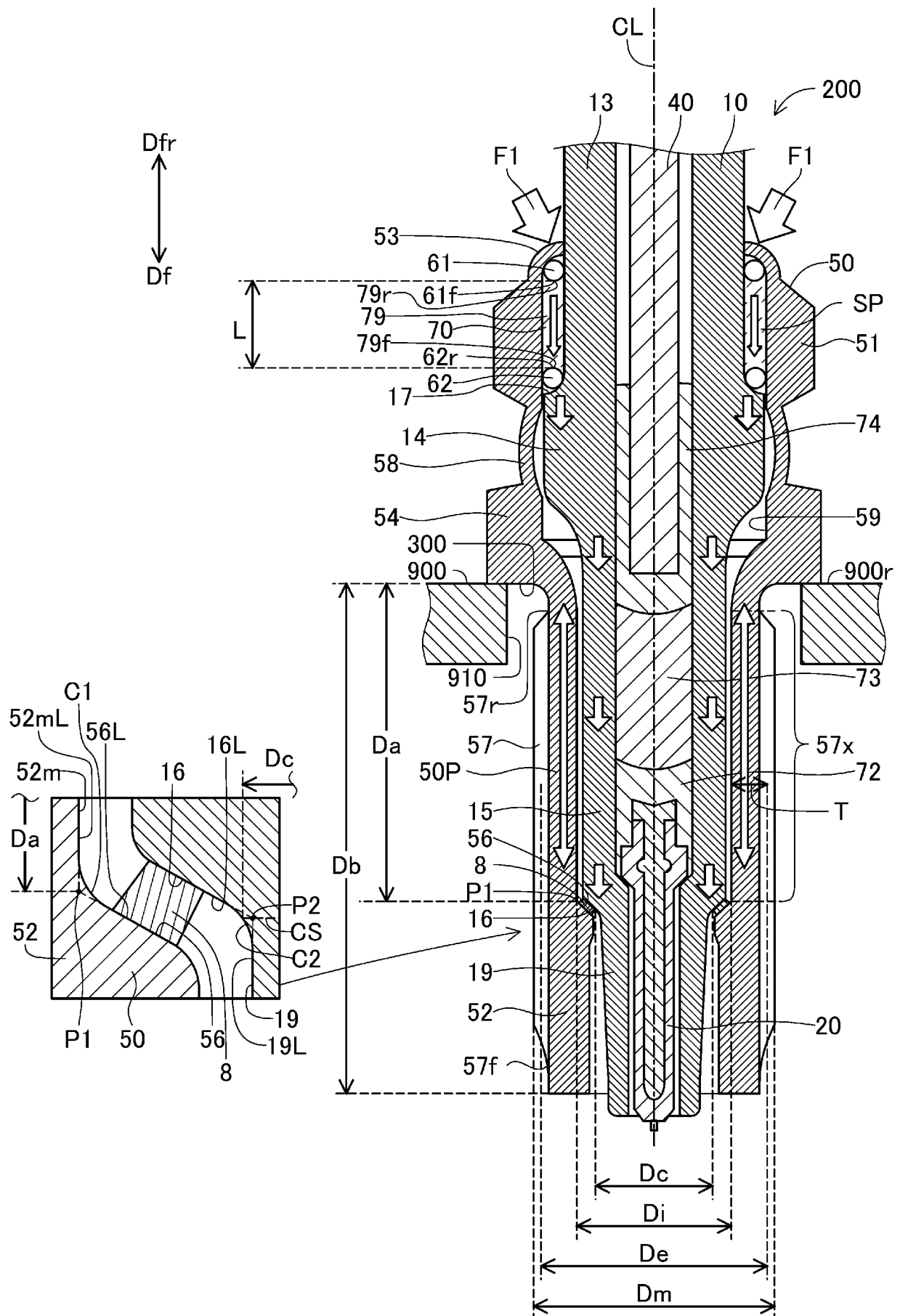
[請求項4] 請求項1から3のいずれかに記載の点火プラグであって、

前記ネジ部の前記軸線の方向の長さは、15 mm以上である、
点火プラグ。

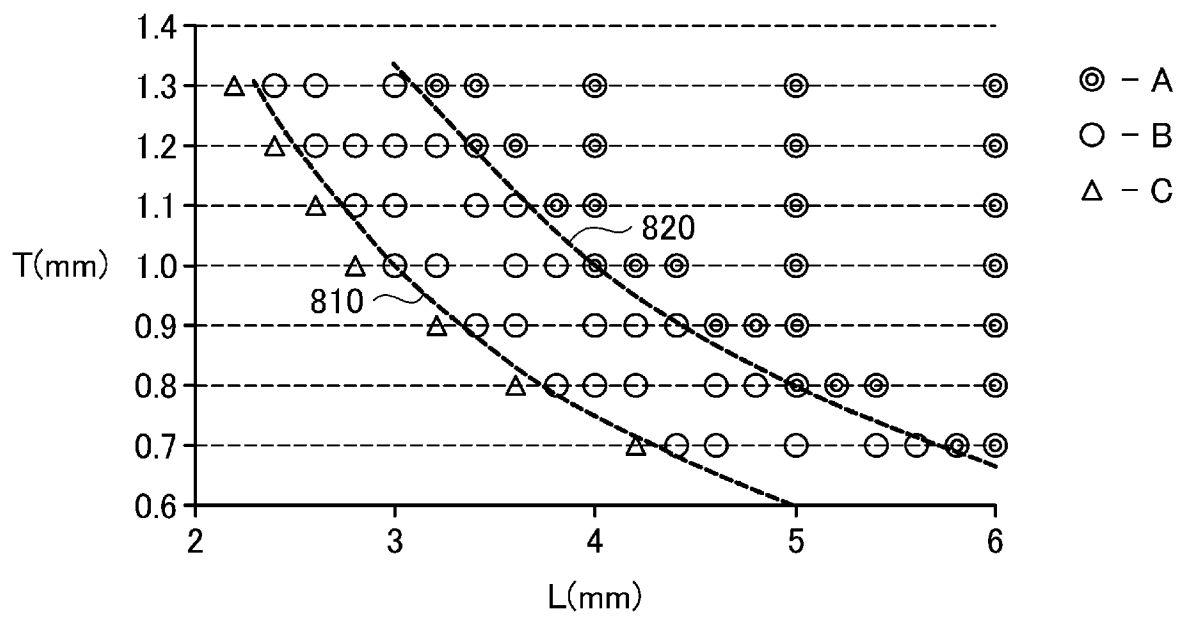
[図1]



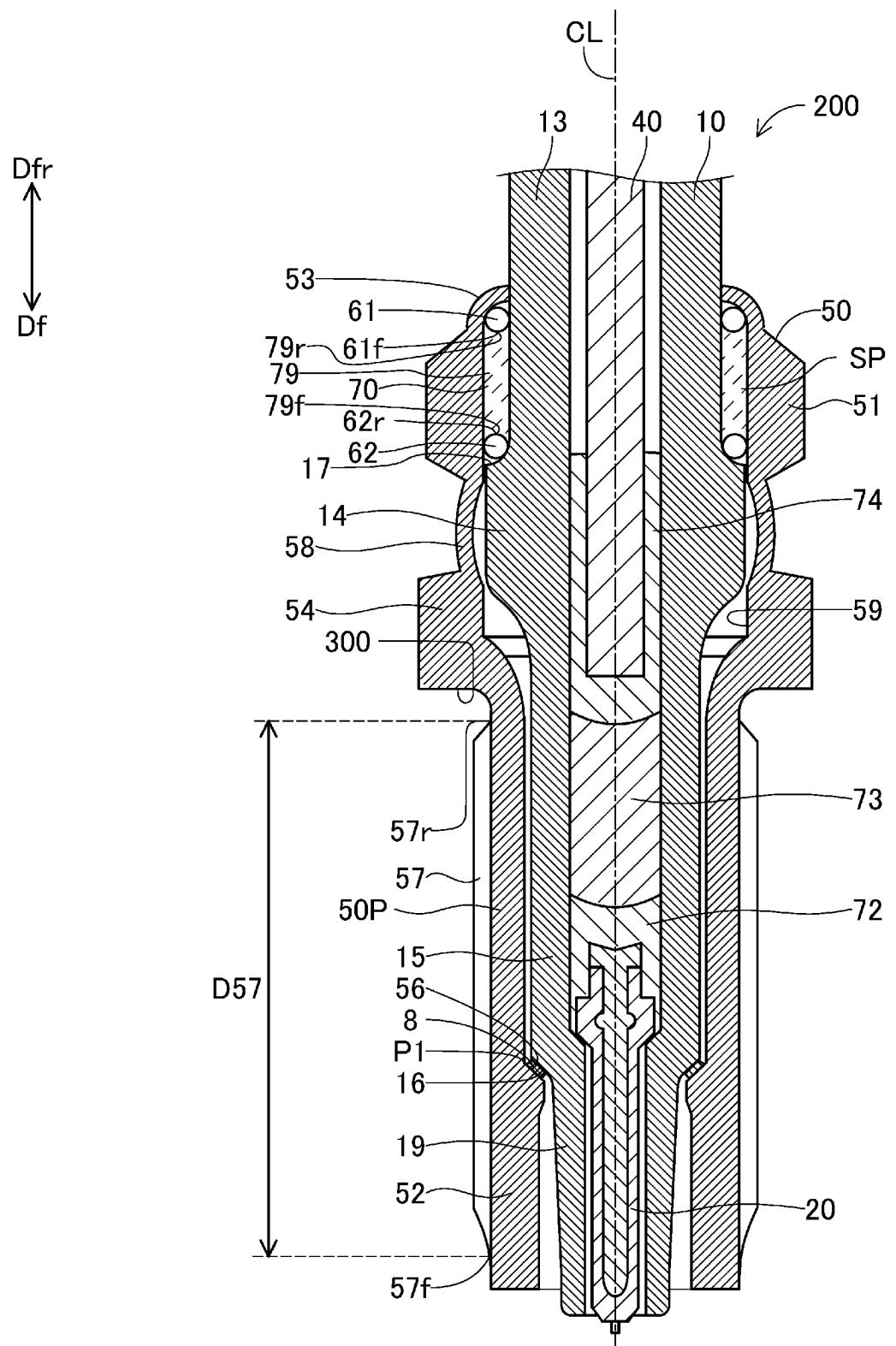
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

(A) 参考例

D57 (mm)	Rc	Nc
11	A	0/10
13	A	0/10
15	B	8/10
17	B	10/10
19	B	10/10
21	B	10/10

(B)

D57 (mm)	Rc	Nc
11	A	0/10
13	A	0/10
15	A	0/10
17	A	0/10
19	A	0/10
21	A	0/10
23	A	0/10
25	A	0/10
27	A	0/10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/028848

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01T13/36(2006.01) i, H01T13/20(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)

H01T13/36, H01T13/20

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.
Y	JP 2011-210699 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 20 October 2011 (20.10.2011), paragraph [0055]; all drawings & CN 102208758 A	1-4
Y	JP 2014-093137 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 19 May 2014 (19.05.2014), paragraph [0056]; all drawings & US 2015/0295388 A1 paragraph [0065]	1-4
Y	JP 2000-215963 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 04 August 2000 (04.08.2000), paragraph [0030]; all drawings & EP 1022828 A2 paragraph [0028]	1-4

☐ 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
31 August 2017 (31.08.17)

Date of mailing of the international search report
31 October 2017 (31.10.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01T13/36(2006.01)i, H01T13/20(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. H01T13/36, H01T13/20

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
Y	JP 2011-210699 A（日本特殊陶業株式会社）2011.10.20, [0055], 全図 & CN 102208758 A	1-4
Y	JP 2014-093137 A（日本特殊陶業株式会社）2014.05.19, [0056], 全図 & US 2015/0295388 A1, [0065]	1-4
Y	JP 2000-215963 A（日本特殊陶業株式会社）2000.08.04, [0030], 全図 & EP 1022828 A2, [0028]	1-4

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

31.08.2017

国際調査報告の発送日

31.10.2017

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）

段 吉享

3 T

3824

電話番号 03-3581-1101 内線 3368