

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5986592号  
(P5986592)

(45) 発行日 平成28年9月6日(2016.9.6)

(24) 登録日 平成28年8月12日(2016.8.12)

(51) Int.Cl. F 1  
HO 1 T 13/32 (2006.01) HO 1 T 13/32

請求項の数 5 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2014-10963 (P2014-10963)                  (22) 出願日 平成26年1月24日 (2014.1.24)                  (65) 公開番号 特開2015-138724 (P2015-138724A)                  (43) 公開日 平成27年7月30日 (2015.7.30)                  審査請求日 平成27年2月12日 (2015.2.12)</p>	<p>(73) 特許権者 000004547                  日本特殊陶業株式会社                  愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号                  (74) 代理人 110000028                  特許業務法人明成国際特許事務所                  (72) 発明者 間 寛幸                  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                  (72) 発明者 片岡 良一                  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                  審査官 出野 智之</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スパークプラグ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

中心電極と、

前記中心電極との間に間隙を形成する電極チップと、前記電極チップが接合された電極母材とを有する接地電極と、を備えるスパークプラグであって、

前記電極チップは、前記電極母材における基端部から先端部へと広がる平坦な母材面から、前記中心電極に向けて突出し、

前記電極母材における前記電極チップの周囲に、前記電極母材の成分と前記電極チップの成分とを含有する溶融部が形成され、

前記電極チップより前記基端部側には、前記母材面より窪んだ凹部であって、前記溶融部に位置する凹部が形成されており、

前記凹部は、前記溶融部のみに形成されていることを特徴とするスパークプラグ。

【請求項2】

前記先端部から前記基端部に向かう前記電極母材の長手方向に対して平行に前記電極チップの軸心を通る仮想面で切断した前記接地電極の断面において、前記母材面に対する前記凹部の深さは、前記長手方向に平行な前記凹部の幅より浅い、請求項1に記載のスパークプラグ。

【請求項3】

前記電極チップは、前記凹部に向けて張り出した張出部を有する、請求項1または2に記載のスパークプラグ。

10

20

## 【請求項 4】

前記張出部は、前記溶融部から突き出た角部を有する、請求項 3 に記載のスパークプラグ。

## 【請求項 5】

前記電極チップの先端径は、1.0 mm 以上である、請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載のスパークプラグ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、スパークプラグに関する。

10

## 【背景技術】

## 【0002】

スパークプラグとしては、着火性および耐久性を高めるために、電極母材における基端部から先端部へと広がる母材面に、電極チップを接合した接地電極を備えるスパークプラグが知られている（例えば、特許文献 1 を参照）。このようなスパークプラグの電極チップは、火花放電や酸化に対する耐久性が電極母材よりも優れた材質から成る。例えば、電極チップの材質は、貴金属（例えば、白金、イリジウム、ルテニウム、ロジウムなど）、または、貴金属を主成分とする合金などである。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

20

## 【0003】

【特許文献 1】特開 2002 - 313524 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

特許文献 1 のスパークプラグにおいて、電極チップより基端部側では、火炎核と接地電極との接触によって火炎核の熱エネルギーが接地電極に奪われることから、電極チップより先端部側と比較して、火炎核の広がりが阻害されやすいという課題があった。そのため、電極チップより基端部側における火炎核の広がりを改善することによって、スパークプラグの着火性を向上させたいとの要望があった。

30

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであり、以下の形態として実現することが可能である。

本発明の一形態は、前記中心電極との間に間隙を形成する電極チップと、前記電極チップが接合された電極母材とを有する接地電極と、を備えるスパークプラグであって；前記電極チップは、前記電極母材における基端部から先端部へと広がる平坦な母材面から、前記中心電極に向けて突出し；前記電極母材における前記電極チップの周囲に、前記電極母材の成分と前記電極チップの成分とを含有する溶融部が形成され；前記電極チップより前記基端部側には、前記母材面より窪んだ凹部であって、前記溶融部に位置する凹部が形成されており；前記凹部は、前記溶融部のみに形成されている。このような形態であれば、電極チップより基端部側において、火炎核と接地電極との接触を凹部によって遅延させている間に、火炎核の広がりを促進できる。その結果、スパークプラグの着火性を向上させることができる。さらに、比較的の高い熱エネルギーを有する火炎核に接触する凹部が、電極チップの成分によって電極母材より耐消耗性に優れる溶融部に位置するため、凹部が電極母材に位置する場合と比較して、接地電極の耐久性を向上させることができる。その他、本発明は、以下のような形態として実現することも可能である。

40

## 【0006】

(1) 本発明の一形態によれば、中心電極と；前記中心電極との間に間隙を形成する電極チップと、前記電極チップが接合された電極母材とを有する接地電極と；を備えるスパーク

50

クプラグが提供される。このスパークプラグにおいて、前記電極チップは、前記電極母材における基端部から先端部へと広がる平坦な母材面から、前記中心電極に向けて突出し；前記電極母材における前記電極チップの周囲に、前記電極母材の成分と前記電極チップの成分とを含有する溶融部が形成され；前記電極チップより前記基端部側には、前記母材面より窪んだ凹部が形成されている。この形態によれば、電極チップより基端部側において、火炎核と接地電極との接触を凹部によって遅延させている間に、火炎核の広がりを促進できる。その結果、スパークプラグの着火性を向上させることができる。

【0007】

(2) 上述のスパークプラグにおいて、前記凹部は、前記溶融部に位置してもよい。この形態によれば、比較的に高い熱エネルギーを有する火炎核に接触する凹部が、電極チップの成分によって電極母材より耐消耗性に優れる溶融部に位置するため、凹部が電極母材に位置する場合と比較して、接地電極の耐久性を向上させることができる。

10

【0008】

(3) 上述のスパークプラグにおいて、前記先端部から前記基端部に向かう前記電極母材の長手方向に対して平行に前記電極チップの軸心を通る仮想面で切断した前記接地電極の断面において、前記母材面に対する前記凹部の深さは、前記長手方向に平行な前記凹部の幅より浅くてもよい。この形態によれば、凹部が深すぎることによって接地電極が細くなることによる不具合（例えば、接地電極の先端部から基端部への放熱性の低下、接地電極の機械的強度の低下など）を抑制できる。

【0009】

20

(4) 上述のスパークプラグにおいて、前記電極チップは、前記凹部に向けて張り出した張出部を有してもよい。この形態によれば、張出部によって電極チップと凹部との間に空間を確保することによって、火炎核の広がりを更に促進できる。

【0010】

(5) 上述のスパークプラグにおいて、前記張出部は、前記溶融部から突き出た角部を有してもよい。この形態によれば、角部に電界を集中させることによって火花放電を角部に誘導できる。これによって、凹部を利用した火炎核の広がりを効果的に実現できる。

【0011】

(6) 上述のスパークプラグにおいて、前記電極チップの先端径は、1.0mm以上であってもよい。この形態によれば、電極チップの先端径が1.0mm以上となることで、電極チップに火炎核が接触して熱エネルギーが奪われ、より一層の着火性の低下が懸念されるところ、凹部によって火炎核の広がりを促進し、着火性が低下する問題を効果的に軽減できる。

30

【0012】

本発明は、スパークプラグ以外の種々の形態で実現することも可能である。例えば、スパークプラグの接地電極、スパークプラグの製造方法、スパークプラグの製造装置、その製造装置を制御するためのコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した一時的でない記録媒体などの形態で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

40

【図1】スパークプラグの部分断面を示す説明図である。

【図2】スパークプラグの先端側を示す説明図である。

【図3】接地電極の先端側を切断した断面を示す説明図である。

【図4】電極母材に電極チップを接合する様子を示す説明図である。

【図5】スパークプラグの着火性を評価した結果を示すグラフである。

【図6】第2実施形態のスパークプラグにおける接地電極の先端側を切断した断面を示す説明図である。

【図7】第3実施形態のスパークプラグにおける接地電極の先端側を切断した断面を示す説明図である。

【図8】第4実施形態のスパークプラグにおける接地電極の先端側を切断した断面を示す

50

説明図である。

【図9】第5実施形態のスパークプラグにおける接地電極の先端側を切断した断面を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

A. 第1実施形態

A-1. スパークプラグの構成

図1は、スパークプラグ10の部分断面を示す説明図である。図1には、スパークプラグ10の軸心である軸線CAを境界として、軸線CAより紙面左側にスパークプラグ10の外観形状が図示され、軸線CAより紙面右側にスパークプラグ10の断面形状が図示されている。本実施形態の説明では、スパークプラグ10における図1の紙面下側を「先端側」といい、図1の紙面上側を「後端側」という。

10

【0015】

スパークプラグ10は、中心電極100と、絶縁体200と、主体金具300と、接地電極400とを備える。本実施形態では、スパークプラグ10の軸線CAは、中心電極100、絶縁体200および主体金具300の各部材における軸心でもある。

【0016】

スパークプラグ10は、中心電極100と接地電極400との間に形成された間隙SGを先端側に有する。スパークプラグ10の間隙SGは、火花ギャップとも呼ばれる。スパークプラグ10は、間隙SGが形成された先端側を燃焼室920の内壁910から突出させた状態で内燃機関90に取り付け可能に構成されている。スパークプラグ10を内燃機関90に取り付けた状態で高電圧（例えば、1万～3万ボルト）を中心電極100に印加した場合、間隙SGに火花放電が発生する。間隙SGに発生した火花放電は、燃焼室920における混合気に対する着火を実現する。

20

【0017】

図1には、相互に直交するXYZ軸を図示した。図1のXYZ軸は、後述する他の図におけるXYZ軸に対応する。

【0018】

図1のXYZ軸のうち、X軸は、Y軸およびZ軸に直交する軸である。X軸に沿ったX軸方向のうち、+X軸方向は、図1の紙面奥から紙面手前に向かう方向であり、-X軸方向は、+X軸方向の逆方向である。

30

【0019】

図1のXYZ軸のうち、Y軸は、X軸およびZ軸に直交する軸である。Y軸に沿ったY軸方向のうち、+Y軸方向は、図1の紙面右から紙面左に向かう方向であり、-Y軸方向は、+Y軸方向の逆方向である。

【0020】

図1のXYZ軸のうち、Z軸は、軸線CAに沿った軸である。Z軸に沿ったZ軸方向（軸線方向）のうち、+Z軸方向は、スパークプラグ10の後端側から先端側に向かう方向であり、-Z軸方向は、+Z軸方向の逆方向である。

【0021】

スパークプラグ10の中心電極100は、導電性を有する電極である。中心電極100は、軸線CAを中心に延びた棒状を成す。本実施形態では、中心電極100は、ニッケル（Ni）を主成分とするニッケル合金（例えば、インコネル600（「INCONEL」は登録商標））から成る。中心電極100の外側面は、絶縁体200によって外部から電氣的に絶縁されている。中心電極100の先端側は、絶縁体200の先端側から突出している。中心電極100の後端側は、絶縁体200の後端側へと電氣的に接続されている。本実施形態では、中心電極100の後端側は、端子金具190を介して絶縁体200の後端側へと電氣的に接続されている。

40

【0022】

スパークプラグ10の絶縁体200は、電気絶縁性を有する碍子である。絶縁体200

50

は、軸線 C A を中心に延びた筒状を成す。本実施形態では、絶縁体 200 は、絶縁性セラミックス材料（例えば、アルミナ）を焼成することによって作製される。絶縁体 200 は、軸線 C A を中心に延びた貫通孔である軸孔 290 を有する。絶縁体 200 の軸孔 290 には、中心電極 100 を絶縁体 200 の先端側から突出させた状態で、中心電極 100 が軸線 C A 上に保持されている。

#### 【0023】

スパークプラグ 10 の主体金具 300 は、導電性を有する金属体である。主体金具 300 は、軸線 C A を中心に延びた筒状を成す。本実施形態では、主体金具 300 は、筒状に成形された低炭素鋼にニッケルめっきを施した部材である。他の実施形態では、主体金具 300 は、亜鉛めっきを施した部材であっても良いし、めっきを施していない部材（無めっき）であっても良い。主体金具 300 は、中心電極 100 から電氣的に絶縁された状態で絶縁体 200 の外側面にカシメによって固定されている。主体金具 300 の先端側には、端面 310 が形成されている。端面 310 の中央からは、中心電極 100 と共に絶縁体 200 が + Z 軸方向に向けて突出している。端面 310 には、接地電極 400 が接合されている。

10

#### 【0024】

スパークプラグ 10 の接地電極 400 は、導電性を有する電極である。接地電極 400 は、電極母材 410 と、電極チップ 450 とを有する。電極母材 410 は、主体金具 300 の端面 310 から + Z 軸方向に延びた後に軸線 C A に向けて屈曲した形状を成す。電極母材 410 の後端側は、主体金具 300 に接合されている。電極母材 410 の先端側には、電極チップ 450 が接合されている。電極チップ 450 は、中心電極 100 との間に間隙 S G を形成する。

20

#### 【0025】

本実施形態では、電極母材 410 の材質は、中心電極 100 と同様に、ニッケル (Ni) を主成分とするニッケル合金である。本実施形態では、電極チップ 450 の材質は、白金 (Pt) を主成分とする合金である。他の実施形態では、電極チップ 450 の材質は、電極母材 410 より耐久性に優れた材質であればよく、純粋な貴金属（例えば、白金 (Pt)、イリジウム (Ir)、ルテニウム (Ru)、ロジウム (Rh) など）であってもよいし、これらの貴金属を主成分とする他の合金であってもよい。白金 (Pt) はイリジウム (Ir) より耐酸化性に優れるため、電極チップ 450 の主成分は白金 (Pt) であることが好ましい。

30

#### 【0026】

##### A - 2 . 接地電極の詳細構成

図 2 は、スパークプラグ 10 の先端側を示す説明図である。図 2 における上段の図 2 (A) は、中心電極 100 および接地電極 400 を + X 軸方向から見た部分拡大図である。図 2 における下段の図 2 (B) は、接地電極 400 の先端側を - Z 軸方向から見た部分拡大図である。図 3 は、接地電極 400 の先端側を切断した断面を示す説明図である。図 3 の断面は、図 2 (B) の矢視 F 3 - F 3 から見た接地電極 400 の部分断面である。

#### 【0027】

中心電極 100 は、円柱状を成す。中心電極 100 は、先端面 101 と側面 107 とを有する。先端面 101 および側面 107 は、中心電極 100 の先端側の端部を構成する。中心電極 100 の先端面 101 は、X 軸および Y 軸に平行であるとともに + Z 軸方向を向く面である。中心電極 100 の側面 107 は、軸線 C A の周囲に形成された Z 軸に平行な面である。本実施形態では、中心電極 100 の部位のうち先端面 101 が、接地電極 400 の電極チップ 450 との間に間隙 S G を形成する。

40

#### 【0028】

接地電極 400 の電極母材 410 は、母材面 411, 412, 413, 414, 415, 416 を有する。母材面 411 は、電極母材 410 の後端側から先端側にわたって形成され、後端側から先端側に向かう途中で湾曲しており、接地電極 400 の先端側において - Z 軸方向を向く面である。本実施形態では、母材面 411 は、後端側では X 軸および Z

50

軸に平行かつ + Y 軸方向を向き、先端側では X 軸方向および Y 軸方向に平行かつ - Z 軸方向を向いている。母材面 4 1 2 は、電極母材 4 1 0 の後端側から先端側にわたって形成され、接地電極 4 0 0 の先端側において + Z 軸方向を向く面である。母材面 4 1 3 は、接地電極 4 0 0 の先端部を構成し、+ Y 軸方向を向く面である。母材面 4 1 4 は、接地電極 4 0 0 の基端部を構成し、- Z 軸方向を向く面である。母材面 4 1 5 は、電極母材 4 1 0 の後端側から先端側にわたって形成され、- X 軸方向を向く面である。母材面 4 1 6 は、電極母材 4 1 0 の後端側から先端側にわたって形成され、+ X 軸方向を向く面である。電極母材 4 1 0 の部位のうち、電極母材 4 1 0 の先端部（母材面 4 1 3）から基端部（母材面 4 1 4）へと広がる平坦な面である母材面 4 1 1 の先端側には、電極チップ 4 5 0 が設けられている。「平坦な面である母材面 4 1 1」とは、母材面 4 1 1 を凹凸のない完全に平坦な面に限定する意図ではなく、母材面 4 1 1 に部分的な凹凸（例えば、電極母材 4 1 0 を屈曲させる際のシワやキズなど）が形成されているような、ほぼ平坦な状態も含む概念である。

10

#### 【 0 0 2 9 】

接地電極 4 0 0 の電極チップ 4 5 0 は、電極母材 4 1 0 の母材面 4 1 1 から - Z 軸方向に向けて突出した円柱状の突出部である。本実施形態では、電極チップ 4 5 0 の軸心 C A c は、Z 軸に平行である。電極チップ 4 5 0 は、チップ面 4 5 1, 4 5 3 を有する。チップ面 4 5 1 は、X 軸および Y 軸に平行であるとともに - Z 軸方向を向く先端面である。チップ面 4 5 1 は、中心電極 1 0 0 の先端面 1 0 1 との間で間隙 S G を形成する。チップ面 4 5 3 は、軸心 C A c の周囲に形成された Z 軸に平行な側面である。電極チップ 4 5 0 は、チップ面 4 5 3 における + Z 軸方向側の周囲において電極母材 4 1 0 に接合されている。

20

#### 【 0 0 3 0 】

図 4 は、電極母材 4 1 0 に電極チップ 4 5 0 を接合する様子を示す説明図である。本実施形態では、電極母材 4 1 0 に接合する前の電極チップ 4 5 0 は、チップ面 4 5 3 よりも外側に張り出た張出部 4 5 9 を、チップ面 4 5 1 とは反対側の端部に有する。電極母材 4 1 0 に対する電極チップ 4 5 0 の接合は、電極母材 4 1 0 の母材面 4 1 1 に電極チップ 4 5 0 の張出部 4 5 9 を向けた状態で電極母材 4 1 0 に電極チップ 4 5 0 を配置した後、電極母材 4 1 0 と電極チップ 4 5 0 との境界をレーザ溶接することによって行われる。

#### 【 0 0 3 1 】

電極母材 4 1 0 に電極チップ 4 5 0 を接合するレーザ溶接において、レーザを入射する入射方向 L D は、電極母材 4 1 0 の母材面 4 1 1 および電極チップ 4 5 0 のチップ面 4 5 3 に対して傾斜する方向であって、電極チップ 4 5 0 の張出部 4 5 9 に向かう方向である。電極母材 4 1 0 に電極チップ 4 5 0 を接合するレーザ溶接において、レーザを移動させる移動方向 L M は、電極チップ 4 5 0 の周囲を一周する方向である。

30

#### 【 0 0 3 2 】

電極母材 4 1 0 における電極チップ 4 5 0 の周囲には、電極母材 4 1 0 に電極チップ 4 5 0 を接合するレーザ溶接によって溶融部 4 3 0 が形成されている。溶融部 4 3 0 は、レーザ溶接によって一旦溶融した電極母材 4 1 0 および電極チップ 4 5 0 に由来する金属が凝固した部位（いわゆる、溶接ビード）である。溶融部 4 3 0 は、電極母材 4 1 0 の成分と、電極チップ 4 5 0 の成分とを含有する。溶融部 4 3 0 は、電極チップ 4 5 0 に由来する貴金属成分を含有する。溶融部 4 3 0 は、露出面 4 3 1 と、境界面 4 3 3 とを有する。溶融部 4 3 0 の露出面 4 3 1 は、レーザ溶接時にレーザが入射された部位に形成され、電極母材 4 1 0 および電極チップ 4 5 0 から露出した面である。露出面 4 3 1 は、チップ面 4 5 3 との接点から母材面 4 1 1 との接点にわたって形成されている。溶融部 4 3 0 の境界面 4 3 3 は、電極母材 4 1 0 および電極チップ 4 5 0 との境界を画定する面である。

40

#### 【 0 0 3 3 】

電極チップ 4 5 0 より基端部（母材面 4 1 4）側には、母材面 4 1 1 より - Z 軸方向に窪んだ凹部 4 6 0 が形成されている。図 2 ( B ) では、凹部 4 6 0 にハッチングが施されている。本実施形態では、凹部 4 6 0 は、溶融部 4 3 0 に位置し、露出面 4 3 1 に形成さ

50

れている。本実施形態では、凹部 460 は、レーザ溶接において溶融部 430 が凝固する際に発生する引けに起因して形成される。

【0034】

図3に示す接地電極 400 の断面は、母材面 413 から母材面 414 に向かう電極母材 410 の長手方向（Y軸方向）に対して平行に電極チップ 450 の軸心 CAc を通る仮想面 VP で接地電極 400 を切断した断面である。本実施形態では、図3に示す溶融部 430 の断面形状において、母材面 411 に対する凹部 460 の深さ Dc は、電極母材 410 の長手方向（Y軸方向）に平行な凹部 460 の幅 Lc より浅い。他の実施形態では、深さ Dc は、幅 Lc より深くてもよい。深さ Dc は、例えば、0.1～0.8 mm（ミリメートル）であってもよい。幅 Lc は、例えば、0.7～2.0 mm であってもよい。

10

【0035】

図3において、仮想線 LP は、溶融部 430 より X 軸方向側に広がる母材面 411 を仮想面 VP へと直角投影した投影線である。本実施形態では、電極チップ 450 は、母材面 411 より沈み込んでいる。基点 A は、仮想線 LP が露出面 431 に交わる + Y 軸方向側の交点であり、基点 B は、仮想線 LP が露出面 431 に交わる - Y 軸方向側の交点である。本実施形態では、基点 B は、露出面 431 の端点でもある。本実施形態では、幅 Lc は、基点 A と基点 B とを結ぶ線分 AB の長さであり、深さ Dc は、線分 AB に直交する方向の深さである。

【0036】

本実施形態では、電極チップ 450 は、凹部 460 に向けて張り出した張出部 459 を有する。本実施形態では、張出部 459 は、レーザ溶接によって溶融されずに残された部分である。本実施形態では、張出部 459 は、凹部 460 から突き出た角部 459c を有する。本実施形態では、角部 459c は、ほぼ直角である。

20

【0037】

A-3. 評価試験

図5は、スパークプラグ 10 の着火性を評価した結果を示すグラフである。図5の評価試験では、試験者は、電極チップ 450 の先端径 ODc および凹部 460 の有無が異なる複数のスパークプラグ 10 を試料として用意し、各試料の着火性を評価した。試験者は、先端径 ODc が異なる 5 種類の電極チップ 450 ごとに、凹部 460 を有する試料と、凹部 460 を有しない試料とを作製し、合計 10 種類の試料を用意した。

30

【0038】

各試料における電極母材 410 の仕様は、次の通りである。

- ・材質：インコネル 601
- ・先端側における断面寸法（X軸方向の長さ）：2.7 mm
- ・先端側における断面寸法（Z軸方向の長さ）：1.3 mm

【0039】

各試料における電極チップ 450 の仕様は、次の通りである。

- ・材質：白金（Pt）を主成分とし 20 質量% のイリジウム（Ir）を含有する合金
- ・形状：円柱
- ・先端径 ODc：0.6 mm、0.7 mm、1.0 mm、1.4 mm、1.7 mm
- ・溶接前における軸心 CAc 方向の長さ：1.1 mm
- ・溶接後における母材面 411 からの突出量：1.0 mm

40

【0040】

凹部 460 を有する各試料における凹部 460 の仕様は、次の通りである。

- ・幅 Lc：0.7 mm
- ・深さ Dc：0.4 mm

【0041】

試験者は、各試料に対する着火性試験を次の手順で実施した。

手順 1：観察窓が設けられた燃焼室に試料を装着。

手順 2：燃焼室にプロパンガスを導入。

50

手順3：試料に通電することによってプロパンバスに着火し、高速度カメラを用いて観察窓から火炎核をシュリーレン撮影。

手順4：シュリーレン撮影による画像を解析することによって、火炎核の基点を中心に半径3.0mmの円に火炎核が到達するまでに要する時間である火炎到達時間を測定。

手順5：各試料ごとに手順2～4を5回実施。

手順6：先端径ODcが0.6mmである凹部460を有しない試料を基準試料とし、この基準試料の火炎到達時間の平均値に対する各試料の火炎到達時間の比率である火炎到達時間比率Rtを算出。

#### 【0042】

図5には、電極チップ450の先端径ODcを横軸にとり、火炎到達時間比率Rtの逆数を縦軸にとって、各試料における着火性試験の結果が示されている。火炎到達時間比率Rtの逆数は、その値が大きいほど、着火性に優れていることを示す。図5における各点は、各試料に関する火炎到達時間比率Rtの測定値に対応する。図5における各曲線は、各試料に関する火炎到達時間比率Rtの平均値に対応する。

10

#### 【0043】

図5の結果によれば、各試料の着火性は、凹部460の有無にかかわらず、電極チップ450の先端径ODcが大きくなる程、低下する。この結果は、電極チップ450の先端径ODcが大きくなる程、火炎核の熱エネルギーが電極チップ450に奪われやすいことに起因すると考えられる。

#### 【0044】

凹部460を有する試料と、凹部460を有しない試料との対比から、凹部460を有しない試料の着火性は、凹部460を有する試料の着火性と比較して、電極チップ450の先端径ODcが大きくなる程、大きく低下することが分かる。したがって、電極チップ450の先端径ODcが大きい程、電極チップ450の大きさによる着火性の低下を、凹部460によって軽減できると考えられる。図5の結果によれば、電極チップ450の先端径ODcが1.0mm以上である場合、凹部460によって着火性の低下を効果的に軽減できることが分かる。試験者による他の評価試験によれば、電極チップ450の先端径ODcが3.0mmまでであれば、凹部460によって着火性の低下を効果的に軽減できることが分かった。

20

#### 【0045】

#### A-4.効果

以上説明した実施形態によれば、電極チップ450より母材面414側には、母材面411より窪んだ凹部460が形成されている。この形態によれば、電極チップ450より母材面414側において、火炎核と接地電極400との接触を凹部460によって遅延させている間に、火炎核の広がりを促進できる。その結果、スパークプラグ10の着火性を向上させることができる。

30

#### 【0046】

また、比較的の高い熱エネルギーを有する火炎核に接触する凹部460が、電極チップ450の成分によって電極母材410より耐消耗性に優れた溶融部430に位置するため、凹部460が電極母材410に位置する場合と比較して、接地電極400の耐久性を向上させることができる。

40

#### 【0047】

また、凹部460の深さDcは、凹部460の幅Lcより浅いため、凹部460が深すぎることによって接地電極400が細くなることによる不具合（例えば、接地電極400の先端部から基端部への放熱性の低下、接地電極400の機械的強度の低下など）を抑制できる。

#### 【0048】

また、電極チップ450は、凹部460に向けて張り出した張出部459を有するため、張出部459によって電極チップ450と凹部460との間に空間を確保することによって、火炎核の広がりを更に促進できる。

50

## 【 0 0 4 9 】

また、張出部 4 5 9 は、溶融部 4 3 0 から突き出た角部 4 5 9 c を有するため、角部 4 5 9 c に電界を集中させることによって火花放電を角部 4 5 9 c に誘導できる。これによって、凹部 4 6 0 を利用した火炎核の広がりを効果的に実現できる。

## 【 0 0 5 0 】

また、電極チップ 4 5 0 の先端径 O D c が 1 . 0 mm 以上である場合、火炎核の熱エネルギーが電極チップ 4 5 0 に奪われることによる着火性の低下を、凹部 4 6 0 によって効果的に軽減できる。

## 【 0 0 5 1 】

## B . 第 2 実施形態

図 6 は、第 2 実施形態のスパークプラグ 1 0 における接地電極 4 0 2 の先端側を切断した断面を示す説明図である。第 2 実施形態のスパークプラグ 1 0 は、接地電極 4 0 0 に代えて接地電極 4 0 2 を備える点を除き、第 1 実施形態と同様である。第 2 実施形態の接地電極 4 0 2 は、溶融部 4 3 0 によって角部 4 5 9 c が消失している点を除き、第 1 実施形態の接地電極 4 0 0 と同様である。第 2 実施形態では、張出部 4 5 9 における - Z 軸方向を向く面は、露出している。第 2 実施形態によれば、第 1 実施形態と同様に、スパークプラグ 1 0 の着火性を向上させることができる。

## 【 0 0 5 2 】

## C . 第 3 実施形態

図 7 は、第 3 実施形態のスパークプラグ 1 0 における接地電極 4 0 3 の先端側を切断した断面を示す説明図である。第 3 実施形態のスパークプラグ 1 0 は、接地電極 4 0 0 に代えて接地電極 4 0 3 を備える点を除き、第 1 実施形態と同様である。第 3 実施形態の接地電極 4 0 3 は、凹部 4 6 0 が電極母材 4 1 0 から溶融部 4 3 0 にわたって形成されている点を除き、第 1 実施形態の接地電極 4 0 0 と同様である。第 3 実施形態の凹部 4 6 0 のうち電極母材 4 1 0 に形成されている部分は、電極母材 4 1 0 に電極チップ 4 5 0 をレーザ溶接する前に予め形成されていた部分である。第 3 実施形態では、基点 B は、電極チップ 4 5 0 より - Y 軸方向に広がる母材面 4 1 1 の + Y 軸方向側の端点である。第 3 実施形態によれば、第 1 実施形態と同様に、スパークプラグ 1 0 の着火性を向上させることができる。

## 【 0 0 5 3 】

## D . 第 4 実施形態

図 8 は、第 4 実施形態のスパークプラグ 1 0 における接地電極 4 0 4 の先端側を切断した断面を示す説明図である。第 4 実施形態のスパークプラグ 1 0 は、接地電極 4 0 0 に代えて接地電極 4 0 4 を備える点を除き、第 1 実施形態と同様である。第 4 実施形態の接地電極 4 0 4 は、レーザ溶接によって張出部 4 5 9 が完全に消失している点を除き、第 1 実施形態の接地電極 4 0 0 と同様である。第 4 実施形態によれば、第 1 実施形態と同様に、スパークプラグ 1 0 の着火性を向上させることができる。

## 【 0 0 5 4 】

図 9 は、第 5 実施形態のスパークプラグ 1 0 における接地電極 4 0 5 の先端側を切断した断面を示す説明図である。第 5 実施形態のスパークプラグ 1 0 は、接地電極 4 0 0 に代えて接地電極 4 0 5 を備える点を除き、第 1 実施形態と同様である。第 5 実施形態の接地電極 4 0 5 は、電極チップ 4 5 0 が母材面 4 1 1 に沈み込んでいない点を除き、第 1 実施形態の接地電極 4 0 0 と同様である。第 5 実施形態によれば、第 1 実施形態と同様に、スパークプラグ 1 0 の着火性を向上させることができる。

## 【 0 0 5 5 】

## E . 他の実施形態

本発明は、上述の実施形態や実施例、変形例に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態、実施例、変形例中の技術的特徴は、上述の課題の一部または全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部または全部を達

10

20

30

40

50

成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。

【 0 0 5 6 】

電極チップ 4 5 0 の材質は、貴金属および貴金属合金に限らず、タングステン ( W ) であってもよいし、タングステン合金であってもよい。

【 0 0 5 7 】

第 1 ~ 4 実施形態の接地電極 4 0 0 , 4 0 2 , 4 0 3 , 4 0 4 を、張出部 4 5 9 が一周にわたって形成された電極チップではなく、母材面 4 1 4 側にのみに張出部 4 5 9 が部分的に形成されている電極チップを用いて作製してもよい。

10

【 0 0 5 8 】

第 4 実施形態の接地電極 4 0 4 を、レーザ溶接前から張出部 4 5 9 が形成されていない電極チップを用いて作製してもよい。

【 0 0 5 9 】

各実施形態の変形例として、母材面 4 1 3 側に張出部 4 5 9 を残した接地電極を作製してもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 0 】

1 0 ... スパークプラグ

9 0 ... 内燃機関

1 0 0 ... 中心電極

1 0 1 ... 先端面

1 0 7 ... 側面

1 9 0 ... 端子金具

2 0 0 ... 絶縁体

2 9 0 ... 軸孔

3 0 0 ... 主体金具

3 1 0 ... 端面

4 0 0 , 4 0 2 , 4 0 3 , 4 0 4 ... 接地電極

4 1 0 ... 電極母材

4 1 1 , 4 1 2 , 4 1 3 , 4 1 4 , 4 1 5 , 4 1 6 ... 母材面

4 3 0 ... 溶融部

4 3 1 ... 露出面

4 3 3 ... 境界面

4 5 0 ... 電極チップ

4 5 1 ... チップ面

4 5 3 ... チップ面

4 5 9 ... 張出部

4 5 9 c ... 角部

4 6 0 ... 凹部

9 1 0 ... 内壁

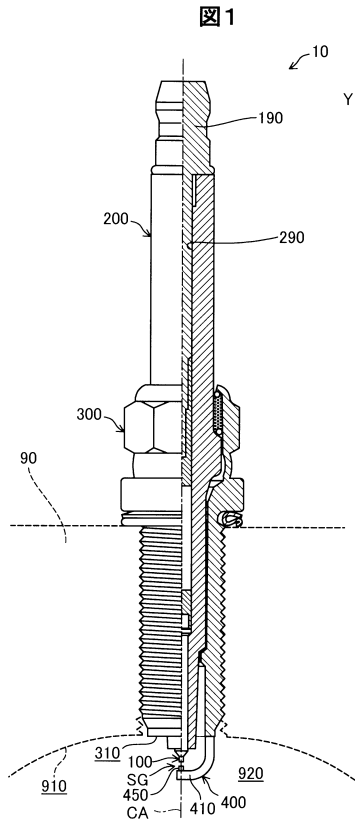
9 2 0 ... 燃焼室

20

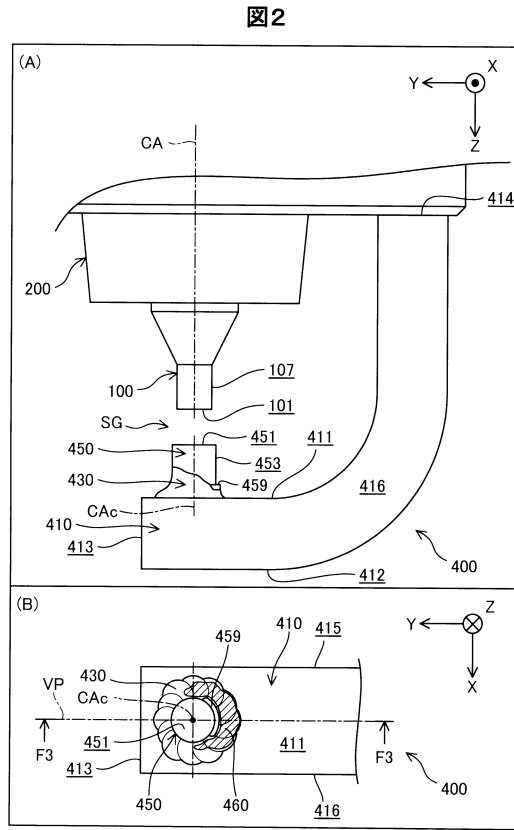
30

40

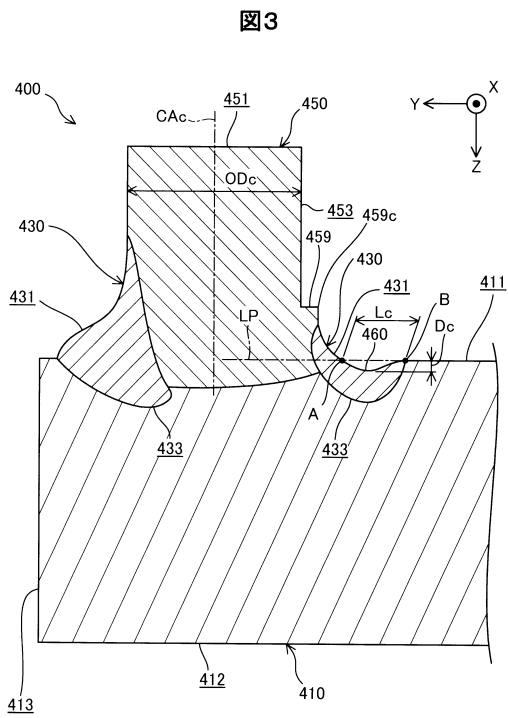
【 図 1 】



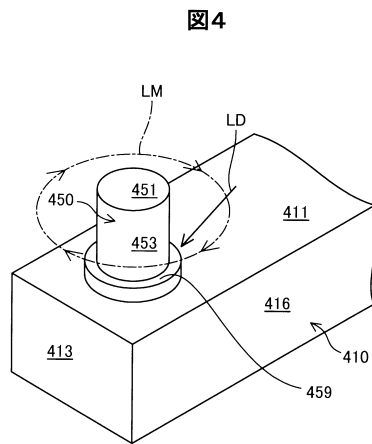
【 図 2 】



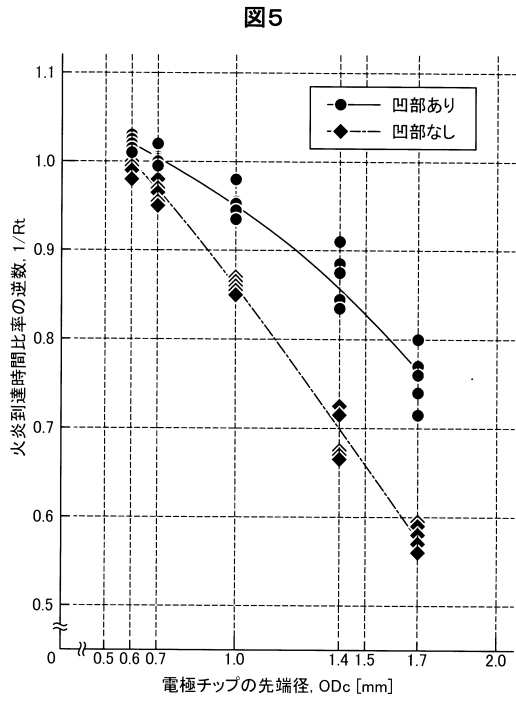
【 図 3 】



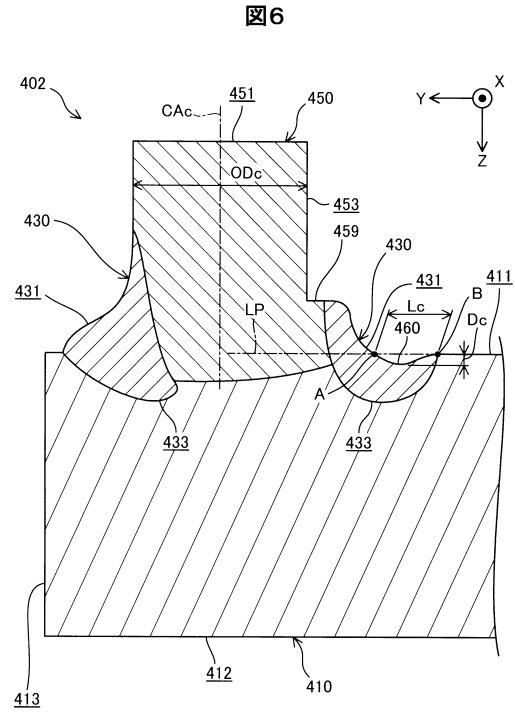
【 図 4 】



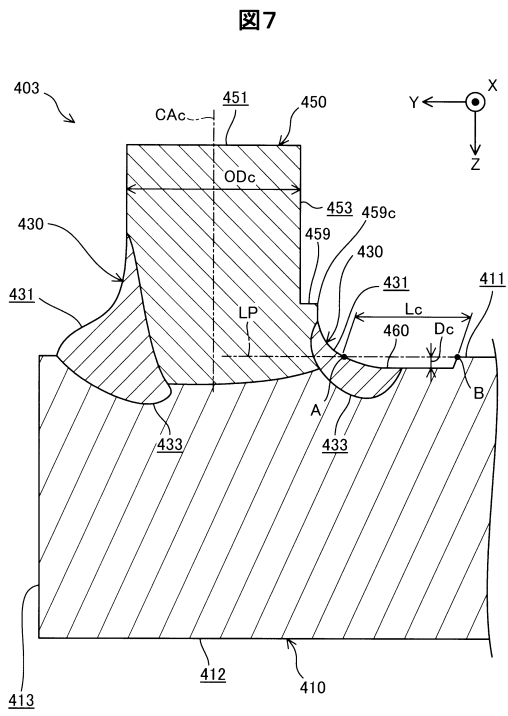
【 図 5 】



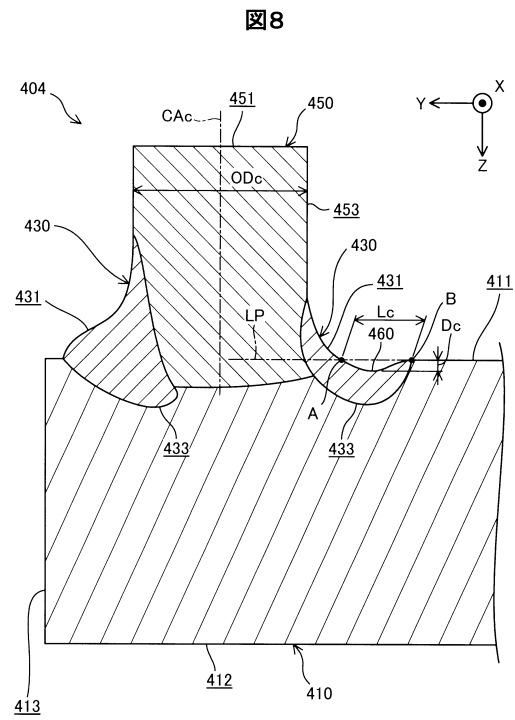
【 図 6 】



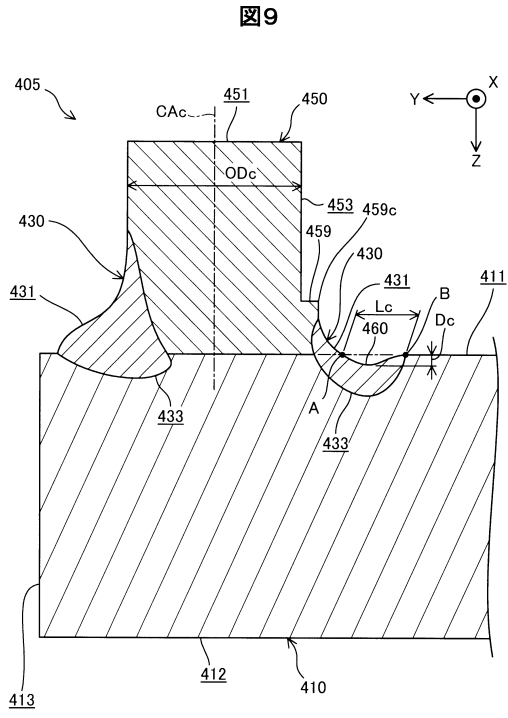
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05 - 275157 (JP, A)  
国際公開第2013 / 134134 (WO, A1)  
特開2008 - 077838 (JP, A)  
特開昭52 - 067429 (JP, A)  
特開2002 - 313524 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01T 13 / 32