

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6645314号
(P6645314)

(45) 発行日 令和2年2月14日 (2020.2.14)

(24) 登録日 令和2年1月14日 (2020.1.14)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 T 13/32 (2006.01)

H O 1 T 13/32

H O 1 T 13/20 (2006.01)

H O 1 T 13/20

E

H O 1 T 21/02 (2006.01)

H O 1 T 21/02

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2016-66269 (P2016-66269)
 (22) 出願日 平成28年3月29日 (2016.3.29)
 (65) 公開番号 特開2017-182995 (P2017-182995A)
 (43) 公開日 平成29年10月5日 (2017.10.5)
 審査請求日 平成31年1月21日 (2019.1.21)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 110000648
 特許業務法人あいち国際特許事務所
 (72) 発明者 田村 正行
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 阿部 信男
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 柴田 正道
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関用の点火プラグ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

中心電極(2)と、該中心電極との間に放電ギャップ(G)を形成するように上記中心電極に対向配置された接地電極(3)と、を備え、上記接地電極の電極母材(3a)から上記放電ギャップに向かって突出する電極突出部(30)を有する、内燃機関用の点火プラグ(1)であって、

上記電極突出部は、上記電極母材と一体的に形成された基部(31)と、該基部に接合されるとともに上記放電ギャップに面する被覆部(32)とを有し、

上記基部は、突出方向の端面(33)と、該端面の外縁(34)から上記電極母材に繋がる側周面(35)とを有するとともに、上記端面の外縁は曲面を形成しており、

上記被覆部は、上記基部の形成材料よりも低い線膨張係数を有する貴金属又は貴金属合金からなるとともに、上記側周面の少なくとも一部と上記端面とを被覆しており、

内燃機関に取り付けられて上記電極突出部が気筒内で加熱された後に冷却されたときに、上記被覆部における上記基部の側周面を被覆する部分の外表面(37)に突起部(36)が形成されるように構成されている、内燃機関用の点火プラグ。

【請求項2】

上記被覆部の形成材料と上記基部の形成材料とにおける線膨張係数の差を α としたとき、 $3.3 \times 10^{-6} / K < \alpha < 4.5 \times 10^{-6} / K$ を満たす、請求項1に記載の内燃機関用の点火プラグ。

【請求項3】

10

20

上記端面の外縁の曲率半径を R としたとき、 $0.1\text{ mm} < R < 0.45\text{ mm}$ を満たす、請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関用の点火プラグ。

【請求項 4】

上記端面の外縁の曲率半径を R としたとき、 $0.1\text{ mm} < R < 0.45\text{ mm}$ を満たす、請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関用の点火プラグ。

【請求項 5】

上記突起部の高さを H とし、上記端面の外縁の曲率半径を R としたとき、 $0.05\text{ mm} < H < 0.067R + 0.227\text{ mm}$ を満たす、請求項 1 ~ 4 のいずれ一項に記載の内燃機関用の点火プラグ。

【請求項 6】

上記基部の形成材料がニッケル又はニッケル合金であり、上記被覆部の形成材料が白金、白金合金、イリジウム、イリジウム合金又は白金イリジウム合金である、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の内燃機関用の点火プラグ。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の内燃機関用の点火プラグ (1) の製造方法であって、

上記電極母材に、該電極母材の形成材料よりも低い線膨張係数を有する貴金属又は貴金属合金からなる被覆部粗材 (32a) を抵抗溶接により接合する接合工程 (S1) と、

上記電極母材に接合された上記被覆部粗材に、凹部 (50) を有する第 1 治具 (51) を沿わせて、上記被覆部粗材と上記凹部との間に空間部 (50a) を形成する準備工程 (S2) と、

上記電極母材における上記被覆部粗材が接合された粗材接合部 (3b) と反対側の部分 (3c) に、上記凹部の開口部 (50b) よりも大きい凸部 (53) を有する第 2 治具 (52) を上記凹部に向けて押し付けることにより、上記粗材接合部を上記空間部に押し出して凸状の基部 (31) を形成するとともに、上記被覆部粗材が上記基部の側周面 (35) の少なくとも一部と突出方向の端面 (33) とを被覆する被覆部 (32) を形成して、上記電極突出部を形成する押出工程 (S3) と、を含む、内燃機関用の点火プラグの製造方法。

【請求項 8】

上記準備工程において、上記被覆部粗材が、上記開口部を覆うように上記第 1 治具を沿わせる、請求項 7 に記載の内燃機関用の点火プラグの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関用の点火プラグ及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、自動車のエンジン等の内燃機関には、火花放電を発生させて燃料ガスと空気の混合ガスに点火する点火プラグを有する点火装置が備えられている。近年、希薄燃焼により内燃機関の燃費を向上させることが行われており、希薄燃焼における着火性の向上が要求されている。例えば、特許文献 1 には、接地電極に針状のチップを形成して着火性向上を図った点火プラグが開示されている。この点火プラグでは、チップの母材を安価な金属で形成しつつ、チップの端面及び側面の一部を貴金属で被覆することにより、火花放電による針状チップの消耗抑制とコスト抑制を図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 5545166 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

しかしながら、特許文献 1 に開示の構成では、上記チップは針状であるため、気筒内の温度変化の影響を受けやすく、チップ自体の温度変化が顕著となる。上記チップは、線膨張係数の異なる貴金属と安価な母材金属とからなるため、チップ自体の温度変化によってチップに大きな熱応力が発生する。そして、当該熱応力は、貴金属と母材金属との接合部において母材金属の端面と母材金属の側面との間の角部に集中しやすく、当該角部に接合する貴金属に亀裂を生じさせる場合がある。かかる亀裂が発生すると、気筒内の高温腐食雰囲気によって亀裂部分が高温酸化して貴金属の一部が剥離したり、貴金属が脱落したりして点火プラグの寿命が縮まる。

【 0 0 0 5 】

また、希薄燃焼エンジンでは気筒内の気流が速いため、放電ギャップに発生させた火花放電が気流に流されやすい。そして、針状チップを有する上記構成では、高速の気流によって火花放電がチップの基部側へ移動して、放電経路が過度に長くなり、放電維持電圧が高くなる場合がある。かかる場合には、火花放電の吹き消えが発生し、着火性が悪化するという問題がある。

【 0 0 0 6 】

本発明は、かかる背景に鑑みてなされたもので、長寿命化及び着火性向上が図られる内燃機関用の点火プラグ及びその製造方法を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の一態様は、中心電極（2）と、該中心電極との間に放電ギャップ（G）を形成するように上記中心電極に対向配置された接地電極（3）と、を備え、上記接地電極の電極母材（3a）から上記放電ギャップに向かって突出する電極突出部（30）を有する、内燃機関用の点火プラグ（1）であって、

上記電極突出部は、上記電極母材と一体的に形成された基部（31）と、該基部に接合されるとともに上記放電ギャップに面する被覆部（32）とを有し、

上記基部は、突出方向の端面（33）と、該端面の外縁（34）から上記電極母材に繋がる側周面（35）とを有するとともに、上記端面の外縁は曲面を形成しており、

上記被覆部は、上記基部の形成材料よりも低い線膨張係数を有する貴金属又は貴金属合金からなるとともに、上記側周面の少なくとも一部と上記端面とを被覆しており、

内燃機関に取り付けられて上記電極突出部が気筒内で加熱された後に冷却されたときに、上記被覆部における上記基部の側周面を被覆する部分の外表面（37）に突起部（36）が形成されるように構成されている、内燃機関用の点火プラグにある。

【 0 0 0 8 】

本発明の他の態様は、上記内燃機関用の点火プラグ（1）の製造方法であって、

上記電極母材に、該電極母材の形成材料よりも低い線膨張係数を有する貴金属又は貴金属合金からなる被覆部粗材（32a）を抵抗溶接により接合する接合工程（S1）と、

上記電極母材に接合された上記被覆部粗材に、凹部（50）を有する第1治具（51）を沿わせて、上記被覆部粗材と上記凹部との間に空間部（50a）を形成する準備工程（S2）と、

上記電極母材における上記被覆部粗材が接合された粗材接合部（3b）と反対側の部分（3c）に、上記凹部の開口部（50b）よりも大きい凸部（53）を有する第2治具（52）を上記凹部に向けて押し付けることにより、上記粗材接合部を上記空間部に押し出して凸状の基部（31）を形成するとともに、上記被覆部粗材が上記基部の側周面（35）の少なくとも一部と突出方向の端面（33）とを被覆する被覆部（32）を形成して、上記電極突出部を形成する押出工程（S3）と、

を含む、内燃機関用の点火プラグの製造方法にある。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

上記内燃機関用の点火プラグにおいては、電極突出部は放電ギャップに面する部分に貴

10

20

30

40

50

金属又は貴金属合金からなる被覆部を有するため、火花放電による消耗が少なく、当該点火プラグの長寿命化が図られる。さらに、電極突出部における基部の形成材料は、被覆部よりも安価な材料とすることができるため、電極突出部全体が被覆部の形成材料からなる場合に比べて、製造コストを低減することができる。

【0010】

また、上記被覆部を形成する貴金属又は貴金属合金は、基部の形成材料よりも低い線膨張係数を有するため、両者の線膨張係数の差が生じる。しかしながら、基部の突出方向の端面の外縁が曲面となっているため、基部を覆う被覆部との接合部に角部が形成されにくい。そのため、上記線膨張係数の差に起因して生じる熱応力が過度に集中することが抑制される。その結果、基部を被覆する被覆部との接合部に、熱応力による亀裂の発生が抑制されるため、この観点からも当該点火プラグの長寿命化が図られる。

10

【0011】

さらに、上記内燃機関用の点火プラグは、内燃機関に取り付けられて気筒内で加熱された後に冷却されたときに、上記被覆部には基部の側周面を覆う部分に突起部が形成される。そのため、筒内気流の速い希薄燃焼エンジンにおいて、放電ギャップに発生させた火花放電が、高速気流によってチップの基部側へ移動してしようとしても、火花放電が基部の側周面を覆う部分の突起部に集中しやすく、放電経路が過度に長くなることが防止される。これにより、火花放電の吹き消えが抑制される。その結果、着火性の向上が図られる。当該突起部は、基部と被覆部とにおける形成材料の線膨張係数の差に起因して形成されるように構成されている。

20

【0012】

上記内燃機関用の点火プラグの製造方法によれば、接合工程において、抵抗溶接により被覆部粗材を電極母材に接合する。そのため、レーザー溶接や、電子ビーム溶接等のように、被覆部粗材と電極母材との間に両者が溶融混合してなる中間層が形成されないため、被覆部粗材と電極母材との界面が形成されている。そのため、上記内燃機関用の点火プラグは、内燃機関に取り付けられて気筒内で加熱された後に冷却されたときに、両者の形成材料に上記線膨張係数の差が存在することによって上記突起部が確実に形成されることとなる。これにより、上記内燃機関用の点火プラグを容易に製造することができる。

【0013】

以上のごとく、本発明によれば、長寿命化及び着火性向上が図られる内燃機関用の点火プラグ及びその製造方法を提供することができる。

30

【0014】

なお、特許請求の範囲及び課題を解決する手段に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであり、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

【0015】

上記内燃機関用の点火プラグにおいて、燃焼室へ挿入される側を先端側、その反対側を基端側とする。また、本明細書において、プラグ軸方向とは、点火プラグの軸方向を意味し、プラグ径方向とは、点火プラグの径方向を意味し、プラグ周方向とは、点火プラグの周方向を意味する。

40

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】実施形態1における、点火プラグの一部断面正面図。

【図2】実施形態1における、放電ギャップ付近の一部拡大断面図。

【図3】実施形態1における、加熱冷却後の放電ギャップ付近の一部拡大断面図。

【図4】実施形態1における、突起部の形成過程を説明する放電ギャップ付近の一部拡大断面図。

【図5】実施形態1における、突起部の形成過程を説明する図

【図6】実施形態1における、火花放電の発生状態を示す模式図。

【図7】実施形態1における、火花放電の発生状態を示す模式図。

50

【図 8】実施形態 1 における、点火プラグの製造工程を示す模式図。

【図 9】評価試験 1 の結果を表す図。

【図 10】評価試験 2 の結果を表す図。

【図 11】変形例 1 における、放電ギャップ付近の一部拡大断面図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

(実施形態 1)

本発明の内燃機関用の点火プラグの実施形態について、図 1～図 7 を用いて説明する。

本実施形態の内燃機関用の点火プラグ 1 (以下、本明細書では「点火プラグ 1」ともいう) は、図 1 に示すように、中心電極 2 及び接地電極 3 を備える。接地電極 3 は中心電極 2 との間に放電ギャップ G を形成するように、中心電極 2 に対向配置されている。接地電極 3 は電極母材 3a から放電ギャップ G に向かって突出する電極突出部 30 を有する。

【0018】

図 2 に示すように、電極突出部 30 は、基部 31 と被覆部 32 とを有する。基部 31 は、電極母材 3a と一体的に形成されている。

被覆部 32 は、基部 31 に接合されるとともに放電ギャップ G に面している。

基部 31 は、突出方向 Y2 の端面 33 と、端面 33 の外縁 34 から電極母材 3a に繋がる側周面 35 とを有するとともに、端面 33 の外縁 34 は曲面を形成している。

被覆部 32 は、基部 31 の形成材料よりも低い線膨張係数を有する貴金属又は貴金属合金からなるとともに、側周面 35 の少なくとも一部と端面 33 とを被覆している。

そして、図 3 に示すように、内燃機関用の点火プラグ 1 は、図示しない内燃機関に取り付けられて電極突出部 30 が気筒内で加熱された後に冷却されたときに、被覆部 32 における基部 31 の側周面 35 を被覆する部分の外表面 37 に突起部 36 が形成されるように構成されている。

【0019】

以下、本実施形態の点火プラグ 1 について、詳述する。

図 1 に示すように、点火プラグ 1 は、プラグ軸方向 Y に延びる筒状のハウジング 4 を有している。ハウジング 4 の外周面には内燃機関 (図示せず) に螺合するための取付ネジ部 41 が形成されている。点火プラグ 1 は、取付ネジ部 41 を内燃機関に螺合させて、放電ギャップ G が内燃機関の燃焼室 (図示せず) に露出するように、内燃機関に取り付けられる。

【0020】

ハウジング 4 の内側には、筒状の絶縁碍子 5 が備えられ、絶縁碍子 5 の内側には棒状の中心電極 2 が備えられている。中心電極 2 のプラグ軸方向 Y の先端側 Y1 の端部である先端部 2a は、絶縁碍子 5 からプラグ軸方向 Y の先端側 Y1 に突出している。先端部 2a には、電極チップ 20 が設けられている。本実施形態では、電極チップ 20 は、プラグ軸方向 Y の先端側 Y1 に突出する針状を成している。

【0021】

図 1 に示すように、接地電極 3 は、ハウジング 40 におけるプラグ軸方向 Y の先端側 Y1 の端部である先端面 42 から先端側 Y1 に延出されて、中心電極 2 の先端部 2a とプラグ軸方向において所定間隔をあけて放電ギャップ G を形成するように屈曲されている。そして、接地電極 3 は、プラグ中心軸 1a 上に、電極母材 3a から放電ギャップ G に向かって突出する電極突出部 30 を有する。

【0022】

図 2 に示すように、電極突出部 30 は、基部 31 と被覆部 32 とを有する。基部 31 は、接地電極 3 の電極母材 3a と一体的に形成されている。基部 31 は、略円柱状であって、放電ギャップ G に向けて突出している。すなわち、基部 31 は、プラグ軸方向 Y の基端側 Y2 に向けて突出している。基部 31 における、突出方向 Y2 の端面 33 はその外縁 34 を除いて平面状となっている。なお、基部 31 は電極母材 3a と同一の形成材料からなり、電極突出部 30 の一部を形成するものである。

【 0 0 2 3 】

図 2 に示すように、端面 3 3 の外縁 3 4 は、突出方向 Y 2 と略平行な側周面 3 5 に連続するように、曲面となっている。プラグ中心軸 1 a を含む断面において、外縁 3 4 の曲率半径 R は、 $0.1\text{ mm} < R < 0.45\text{ mm}$ である。

【 0 0 2 4 】

図 2 に示すように、被覆部 3 2 は基部 3 1 を覆っている。本実施形態では、被覆部 3 2 は端面 3 3、外縁 3 4 及び側周面 3 5 を覆っている。これにより、端面 3 3、外縁 3 4 及び側周面 3 5 が、基部 3 1 と被覆部 3 2 との界面となっている。図 2 では、説明の都合上、側周面 3 5 を覆う被覆部 3 2 の厚さを実際よりも大きく示している。本実施形態では、
10
実際には、図 5 (b) に示すように、側周面 3 5 を覆う被覆部 3 2 は薄い状態となっている。なお、図 2 では説明の都合上、上述の通りとしたものではあるが、実際に図 2 に示すように、側周面 3 5 を覆う被覆部 3 2 を厚く形成してもよい。

【 0 0 2 5 】

被覆部 3 2 は、基部 3 1 の形成材料よりも低い線膨張係数を有する貴金属又は貴金属合金からなる。本実施形態では、基部 3 1 の形成材料は、例えば、線膨張係数 ($10^{-6}/K$) が 13.3 であるニッケル (Ni) や、線膨張係数 ($10^{-6}/K$) が 16.5 である銅 (Cu) や、線膨張係数 ($10^{-6}/K$) が 11.8 である鉄 (Fe) などの他に、線膨張係数 ($10^{-6}/K$) が 10 ~ 18 程度であるニッケル合金、銅合金、鉄合金などを
20
用いることができる。本実施形態では、基部 3 1 の形成材料として、線膨張係数 ($10^{-6}/K$) が 12.8 のニッケル合金であるスペシャルメタライズ社のインコネル 600 (「 INCONEL 」は登録商標) を使用している。

【 0 0 2 6 】

一方、被覆部 3 2 の形成材料は、例えば、線膨張係数 ($10^{-6}/K$) が 8.9 である白金 (Pt) や、線膨張係数 ($10^{-6}/K$) が 6.5 であるイリジウム (Ir) や、線膨張係数 ($10^{-6}/K$) が 10 未満の白金合金、イリジウム合金、白金イリジウム合金などの貴金属又は貴金属合金を用いることができる。本実施形態では、被覆部 3 2 の形成材料として、Pt を使用している。被覆部 3 2 の形成材料と基部 3 1 の形成材料との線膨張係数の差は、 $3.3 \times 10^{-6}/K$ ~ $4.5 \times 10^{-6}/K$ を満たすことが好ましく、本実施形態では、 $3.9 \times 10^{-6}/K$ となっている。
30

【 0 0 2 7 】

そして、図 3 に示すように、本実施形態の点火プラグ 1 を、図示しない内燃機関に取り付けて気筒内で加熱した後に冷却すると、被覆部 3 2 における基部 3 1 の側周面 3 5 を被覆する部分の外表面 3 7 に突起部 3 6 が形成される。本実施形態では突起部 3 6 は被覆部 3 2 の外表面 3 7 のプラグ周方向全域に形成されて、環状を成している。

【 0 0 2 8 】

突起部 3 6 の形成過程は、以下の通りである。まず、図 4 (a) 及び図 5 (a)、図 5 (b) に示すように、初期状態では、被覆部 3 2 の外表面 3 7 には突起部 3 6 は形成されていない。そして、当該点火プラグ 1 は、図示しない内燃機関に取り付けられ、電極突出部 3 0 が気筒内において高温に曝されて加熱されることにより、基部 3 1 及び被覆部 3 2 はそれぞれ膨張する。例えば、800 程度に加熱されることにより、当該膨張が生じる。
40

【 0 0 2 9 】

被覆部 3 2 は、基部 3 1 の形成材料よりも低い線膨張係数を有する材料からなるため、被覆部 3 2 は、基部 3 1 よりも加熱時の膨張量が少ない。そのため、図 4 (b) に示すように、被覆部 3 2 の外表面 3 7 において、基部 3 1 の端面 3 3 よりもプラグ軸方向 Y の先端側 Y 1 に位置する第 1 外表面 3 7 1 は、膨張状態の基部 3 1 の側周面 3 5 1 によってプラグ径方向 X の外側に押し出されて、基部 3 1 の端面 3 3 よりもプラグ軸方向 Y の基端側 Y 2 に位置する第 2 外表面 3 7 2 よりもプラグ径方向 X に拡大する。その結果、被覆部 3 2 は塑性変形して、第 1 外表面 3 7 1 と第 2 外表面 3 7 2 との間に段差部 3 6 1 が形成さ
50

れることとなる。なお、図4(b)における破線は、加熱による膨張前の電極突出部30の形状を示している。

【0030】

その後、気筒内の温度が低下することによって冷却されると、膨張していた基部31及び被覆部32はいずれも収縮して初期状態に戻ろうとする。しかし、被覆部32においては、被覆部32が塑性変形して段差部361が形成されているため、収縮しても初期状態に戻ることができずに、図4(c)及び図5(c)、図5(d)に示すように、突起部36が形成される。また、上記線膨張係数の差により、基部31における外縁34には、収縮時において突起部36の形成に伴ってプラグ径方向X外側に向かう力が発生するため、図4(c)に示すように、外縁341はプラグ径方向外側に若干膨出している。なお、本明細書において、外縁34の曲率半径Rは、図4(a)に示す初期状態におけるものをいう。

10

【0031】

図3に示すように、本実施形態では、電極突出部30は略円柱状であって、高さT0は0.8mmであり、径D0は0.7mmとなっている。そして、基部31の高さT1は0.5mmであって、突起部36の突出方向Xの頂点位置の高さと略一致している。また、凹部38は略円筒状であって、開口部の径D1は、0.8mmとなっている。

【0032】

図3に示すように、本実施形態では、突起部36の高さH(mm)、すなわち、プラグ軸方向Yに直交する方向への突出量は、外縁34の曲率半径をR(mm)としたとき、 $H = 0.067R + 0.227$ を満たすことが好ましい。本実施形態では、Hは0.2mmとなっている。

20

【0033】

本実施形態の点火プラグ1における使用態様について図6、図7を用いて説明する。

本実施形態の点火プラグ1は、図示しない内燃機関に取り付けられる。当該内燃機関は希薄燃焼エンジンである。そして、所定のタイミングで中心電極に高電圧が印加されることにより、図6に示すように、中心電極2の電極突出部20と接地電極3の電極突出部30との間の放電ギャップGに火花放電Pが発生する。

【0034】

気筒内の混合気の気流Sによって、図7に示すように、火花放電Pは気流Sの進行方向に流されるが、接地電極3の電極突出部30においては、火花放電Pが突起部36に集中することとなる。これにより、火花放電Pが接地電極3の電極母材3a側に流れることが抑制されている。

30

【0035】

次に、本実施形態の点火プラグ1の製造方法について、図8(a)～図8(d)を用いて説明する。

点火プラグ1の製造方法は、図8(a)～図8(d)に示すように、接合工程S1、準備工程S2、押出工程S3を含む。

接合工程S1では、図8(a)に示すように、接地電極3の電極母材3aに、被覆部粗材32aを抵抗溶接により接合する。本実施形態では、被覆部粗材32aは、電極母材3aの形成材料であるスペシャルメタライズ社のインコネル600(「INCONEL」は登録商標)よりも低い線膨張係数を有する貴金属である白金からなる。

40

【0036】

次に、準備工程S2では、図8(b)に示すように、電極母材3aに接合された被覆部粗材32aに、凹部50を有する第1治具51を沿わせて、被覆部粗材32aと凹部50との間に空間部50aを形成する。

【0037】

そして、押出工程S3では、図8(c)、図8(d)に示すように、接地電極3において被覆部粗材32aが接合された部分3bと反対側の部分3cに、凹部50の開口部50bよりも大きい凸部53を有する第2治具52を凹部50に向けて押し付ける。これによ

50

り、粗材接合部 3 b を空間部 5 0 a に押し出して凸状の基部 3 1 を形成するとともに、被覆部粗材 3 2 a が基部 3 1 の側周面 3 5 の少なくとも一部と突出方向の端面 3 3 とを覆う被覆部 3 2 を形成して、電極突出部 3 0 を形成する。なお、接地電極 3 において電極突出部 3 0 と反対側の部分には、第 2 治具 5 2 の凸部 5 3 の外形に沿った凹部 3 8 が形成される。

【 0 0 3 8 】

そして、図 8 (c)、図 8 (d) に示すように、第 2 治具 5 2 における凸部 5 3 が第 1 治具 5 1 における凹部 5 0 の開口部 5 0 b よりも大きいため、凸部 5 3 によって電極母材 3 a が凹部 5 0 に押し込まれて基部 3 1 が形成される際に、基部 3 1 の端面 3 3 の外縁 3 4 が曲面に形成されるようになっている。本実施形態では、凹部 5 0 は円柱状であって、凸部 5 3 は略円柱状となっている。そして、図 8 (c) に示すように、凸部 5 3 の径 w_2 は凹部 5 0 の開口部 5 0 b の開口径 w_1 よりも大きくなっている。

10

【 0 0 3 9 】

また、本実施形態では、図 8 (b) に示すように、準備工程 S 2 において、被覆部粗材 3 2 a が、第 1 治具 5 1 の凹部 5 0 の開口部 5 0 b を覆うように第 1 治具 5 1 を沿わせている。

【 0 0 4 0 】

(評価試験)

上記実施形態 1 の点火プラグ 1 について、以下の評価試験 1 及び評価試験 2 を行った。

まず、評価試験 1 では、上記実施形態 1 の点火プラグ 1 の構成において、外縁 3 4 の曲率半径 R 及び突起部 3 6 の高さ H を変化させたときの、突起部 3 6 における割れ発生の有無を評価した。

20

【 0 0 4 1 】

評価試験 1 における試験例 1 ~ 3 の構成は以下の通りである。すなわち、上記実施形態 1 の点火プラグ 1 の構成において、基部 3 1 と被覆部 3 2 との線膨張係数の差 α が $3.3 \times 10^{-6} / K$ であるものを試験例 1 とし、同じく α が $3.8 \times 10^{-6} / K$ であるものを試験例 2、 α が $4.5 \times 10^{-6} / K$ であるものを試験例 3 とした。

【 0 0 4 2 】

試験条件は、試験例 1 ~ 3 における点火プラグを、温度制御可能な冷熱ベンチにセットして、温度を室温から 900 に昇温させた後、冷却して再び室温にすることを 1 サイクルとして、これを 200 サイクル行った。200 サイクルの実施中に、突起部 3 6 に割れが発生していないものを良好 (\bigcirc)、突起部 3 6 に割れが発生していたものを不良 (\times) とし、結果を下記の表 1 に示し、グラフを図 9 に示した。

30

【表 1】

(表1)

	線膨張係数の差 $\alpha (10^{-6}/K)$	外縁の曲率半径 R(mm)	突起部の高さ H(mm)	評価結果 (割れあり:×) (割れなし:○)
試験例1	3.3	0.05	0.054	×
		0.10	0.050	○
		0.20	0.043	○
		0.30	0.036	○
		0.40	0.030	○
		0.45	0.026	○
試験例2	3.8	0.05	0.054	×
		0.10	0.050	○
		0.20	0.043	○
		0.30	0.036	○
		0.40	0.030	○
		0.45	0.026	○
試験例3	4.5	0.05	0.054	×
		0.10	0.050	○
		0.20	0.043	○
		0.30	0.036	○
		0.40	0.030	○
		0.45	0.026	○

【0043】

上記評価試験1では、試験例1～3のいずれにおいても、外縁34の曲率半径Rが0.05mmの場合は、突起部36に割れが生じており、不良(×)であった。一方、外縁34の曲率半径Rが0.1mm～0.45mmの範囲内では、突起部36に割れが生じておらず、良好(○)であった。

【0044】

図9において、膨張係数の差が $4.5 \times 10^{-6}/K$ である試験例3における近似直線Lは $H = -0.067R + 0.227$ で示される。当該評価結果1によれば、0.1R、且つ $H = -0.067R + 0.227$ である場合に突起部36に割れが生じておらず、良好な点火プラグ1が得られることが確認できた。

【0045】

次に、評価試験2では、突起部36の高さと着火性との関係性を評価した。

まず、試験例として、実施形態1の構成において、加熱冷却後の突起部36の高さHを、0.03mm、0.05mm、0.1mm、0.2mm、0.3mm、0.4mm及び0.5mmとしたものを用意した。また、比較例として、突起部36の高さHが0mm、すなわち突起部36を有さないものを用意した。

【0046】

試験条件は、試験例及び比較例の点火プラグを、排気量1800cc、4気筒の内燃機関に取り付けて、エンジン回転数を2000rpmとし、Pmiが0.28MPaの条件下でPmi変動率が3%以上となったときのA/Fをリーン限界A/Fとした。図10に、評価試験2における突起部36の高さHとリーン限界A/Fとをプロットしたグラフを示した。

【0047】

評価試験2によれば、図10に示すように、試験例である突起部36の高さHが0.03mmの場合は、比較例である突起部36の高さHが0mmの場合に比べて、リーン限界

A / F は若干の増加しか認められず、着火性は向上していなかった。一方、試験例である突起部 3 6 の高さ H が 0 . 0 5 mm 以上の場合は、比較例である突起部 3 6 の高さ H が 0 mm の場合に比べて、リーソ限界 A / F の十分な増加が認められ、着火性が向上することが確認された。

【 0 0 4 8 】

以上、評価試験 1 及び 2 によれば、被覆部 3 2 の形成材料と基部 3 1 の形成材料との線膨張係数の差 は、 $3 . 3 \times 10^{-6} / K$ $4 . 5 \times 10^{-6} / K$ を満たすことにより、線膨張係数の差 が確保され、加熱冷却により突起部 3 6 が確実に形成されることが示された。

【 0 0 4 9 】

さらに、基部 3 1 における端面 3 3 の外縁 3 4 の曲率半径 R が、0 . 1 mm R を満たすことにより、着火性の向上が一層図られることが示された。さらに、外縁 3 4 の曲率半径 R が、0 . 1 mm R 0 . 4 5 mm を満たすことにより、着火性が確実に向上することが示された。

【 0 0 5 0 】

さらに、突起部 3 6 の高さ H 及び端面 3 3 の外縁 3 4 の曲率半径 R は、 $0 . 0 5 \text{ mm}$ $H = 0 . 0 6 7 R + 0 . 2 2 7 \text{ mm}$ を満たすことにより、突起部 3 6 に割れが生じないとともに、着火性が向上することが示された。

【 0 0 5 1 】

次に、本実施形態の内燃機関用の点火プラグ 1 における作用効果について、詳述する。

本実施形態の点火プラグ 1 によれば、電極突出部 3 0 は放電ギャップ G に面する部分に貴金属又は貴金属合金からなる被覆部 3 2 を有するため、火花放電による消耗が少なく、点火プラグ 1 の長寿命化が図られる。さらに、電極突出部 3 0 における基部 3 1 の形成材料は、被覆部 3 2 よりも安価な材料とすることができるため、電極突出部 3 0 全体が被覆部 3 2 の形成材料からなる場合に比べて、製造コストを低減することができる。

【 0 0 5 2 】

また、被覆部 3 2 を形成する貴金属又は貴金属合金は、基部 3 1 の形成材料よりも低い線膨張係数を有するため、両者の線膨張係数の差 が生じる。しかしながら、基部 3 1 の突出方向の端面 3 3 の外縁 3 4 が曲面となっているため、基部 3 1 の外表面を覆う被覆部 3 2 との接合部に角部が形成されにくい。そのため、線膨張係数の差 に起因して生じる熱応力が過度に集中することが抑制される。その結果、基部 3 1 と被覆部 3 2 との接合部に、熱応力による亀裂の発生が抑制されるため、この観点からも点火プラグ 1 の長寿命化が図られる。

【 0 0 5 3 】

さらに、点火プラグ 1 は、内燃機関に取り付けられて電極突出部 3 0 が気筒内で加熱された後に冷却されたときに、被覆部 3 2 には基部 3 1 の側周面 3 5 を覆う部分 3 7 に突起部 3 6 が形成される。そのため、筒内気流の速い希薄燃焼エンジンにおいて、放電ギャップ G に発生させた火花放電 P が、高速気流によって基部 3 1 側へ移動してしようとしても、火花放電 P が基部 3 1 の側周面 3 5 を覆う部分 3 7 の突起部 3 6 に集中しやすく、放電経路が過度に長くなることが防止される。これにより、火花放電 P の吹き消えが抑制される。その結果、着火性の向上が図られる。なお、突起部 3 6 は、基部 3 1 と被覆部 3 2 とにおいて、両者の形成材料に線膨張係数の差 が存在することに起因して形成されるように構成されている。

【 0 0 5 4 】

また、本実施形態の点火プラグ 1 では、基部 3 1 の形成材料がニッケル合金であり、被覆部 3 1 の形成材料が白金である。これにより、両者の膨張係数の差 が上述の $3 . 3 \times 10^{-6} / K$ $4 . 5 \times 10^{-6} / K$ を満たすことができる。その結果、線膨張係数の差 が確保され、加熱冷却により突起部 3 6 が確実に形成されることとなる。

【 0 0 5 5 】

次に、本実施態様における製造方法における作用効果について詳述する。

また、本実施形態の内燃機関用の点火プラグ 1 の製造方法によれば、接合工程 S 1 において、抵抗溶接により被覆部粗材 3 2 a を電極母材 3 a に接合する。そのため、レーザー溶接や、電子ビーム溶接等のように、被覆部粗材 3 2 a と電極母材 3 a との間に両者が溶融混合してなる中間層が形成されないため、被覆部粗材 3 2 a と電極母材 3 a との界面が形成されている。そのため、点火プラグ 1 は、内燃機関に取り付けられて電極突出部 3 0 が気筒内で加熱された後に冷却されたときに、両者の形成材料に線膨張係数の差が存在することによって突起部 3 6 が確実に形成されることとなる。これにより、当該製造方法によれば、本実施形態の点火プラグ 1 を容易に製造することができる。

【 0 0 5 6 】

また、本実施形態では、準備工程 S 2 において、被覆部粗材 3 2 a が、第 1 治具 5 1 の凹部 5 0 の開口部 5 0 b を覆うように第 1 治具 5 1 を沿わせる。これにより、被覆部粗材 3 2 a から形成される被覆部 3 2 が、基部 3 1 の端面 3 3 と側周面 3 5 の全域を覆うこととなる。そのため、火花放電による電極突出部 3 0 の消耗を一層抑制することができる。

【 0 0 5 7 】

なお、本実施形態では、図 4 (a) ~ 図 4 (c) に示すように、被覆部 3 2 が、基部 3 1 の端面 3 3 と側周面 3 5 の全域とを覆うように形成したが、これに替えて、電極突出部 3 0 の消耗を抑制する効果が得られる範囲で、図 1 1 に示す変形例 1 のようにしてもよい。変形例 1 では、図 1 1 に示すように、突起部 3 6 は被覆部 3 2 の全周方向に形成されているが、基部 3 1 の側周面 3 5 の一部が被覆部 3 2 により被覆されていない状態であってもよい。かかる場合でも本実施形態 1 の場合と同等の作用効果を奏する。

【 0 0 5 8 】

以上のごとく、本実施形態によれば、長寿命化及び着火性向上が図られる内燃機関用の点火プラグ 1 及びその製造方法を提供することができる。

【 0 0 5 9 】

本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の実施形態に適用することが可能である。

【符号の説明】

【 0 0 6 0 】

- 1 内燃機関用の点火プラグ
- 2 中心電極
- 3 接地電極
- 3 0 電極突出部
- 3 1 基部
- 3 2 被覆部
- 3 3 端面
- 3 4 外縁
- 3 5 側周面
- 3 6 突起部
- G ギャップ

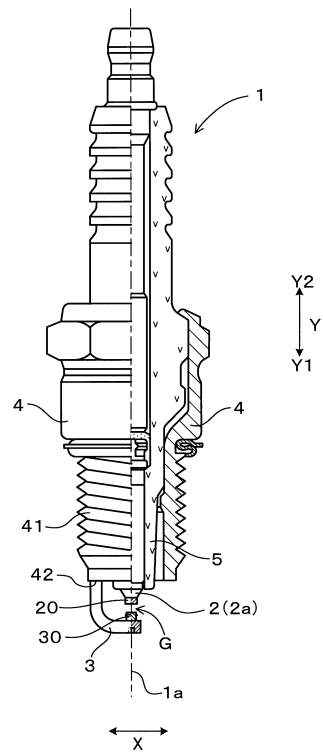
10

20

30

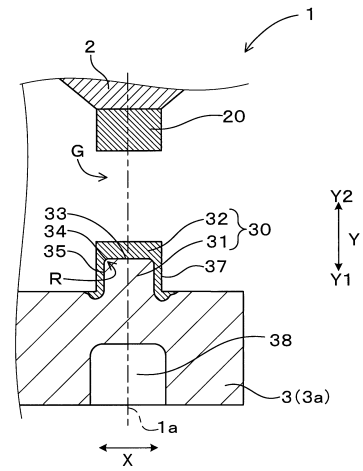
【図 1】

(図 1)



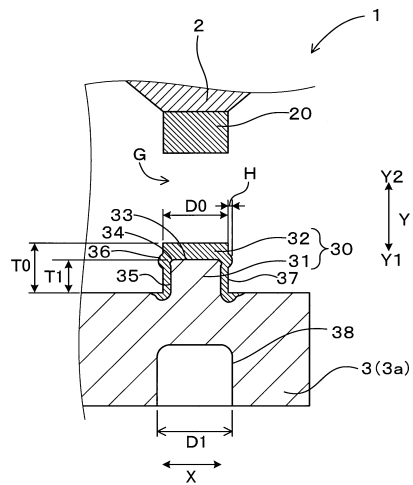
【図 2】

(図 2)



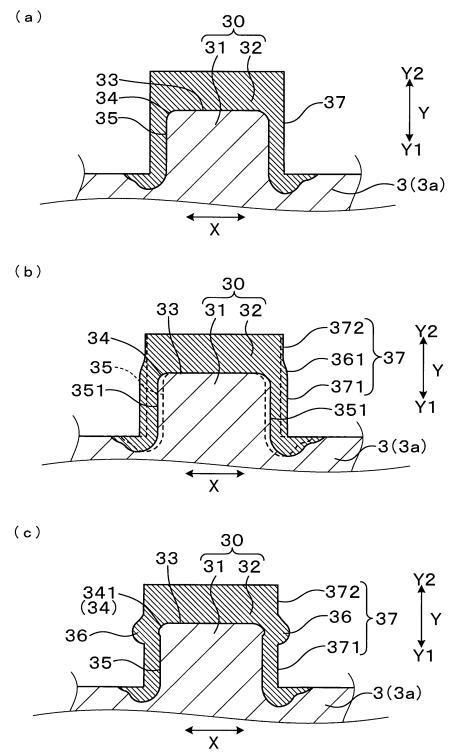
【図 3】

(図 3)



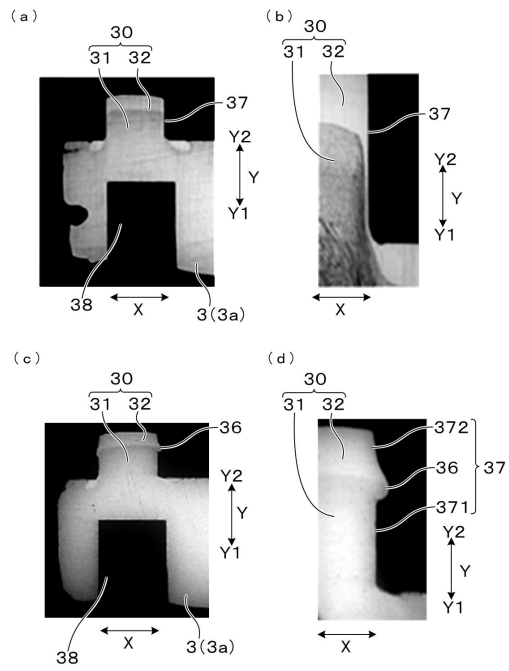
【図 4】

(図 4)



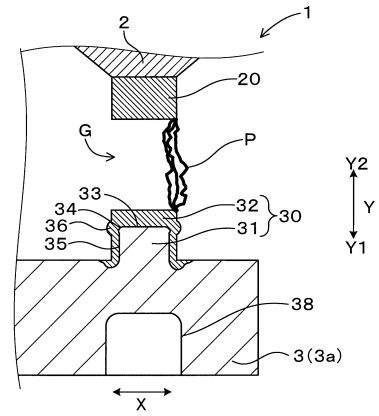
【図 5】

(図 5)



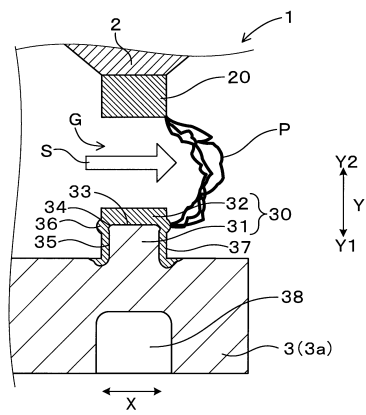
【図 6】

(図 6)



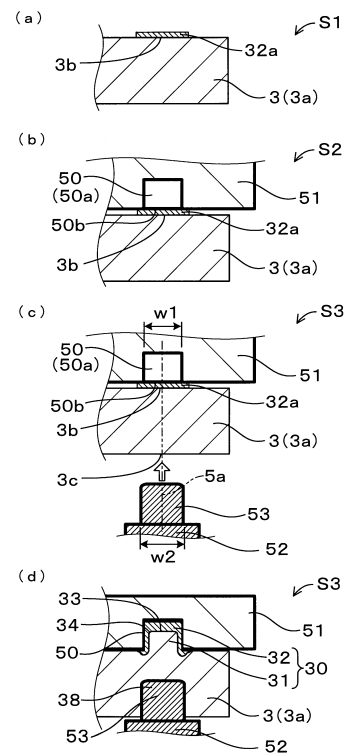
【図 7】

(図 7)



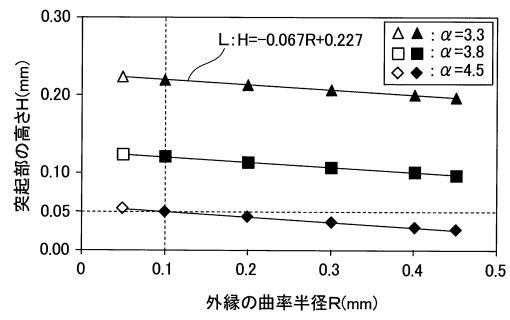
【図 8】

(図 8)



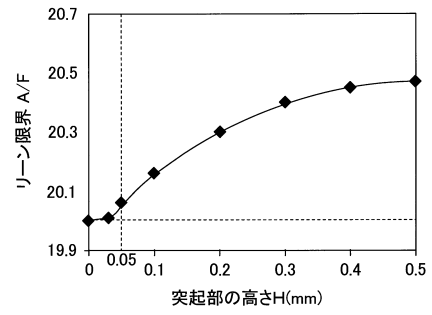
【図 9】

(図 9)



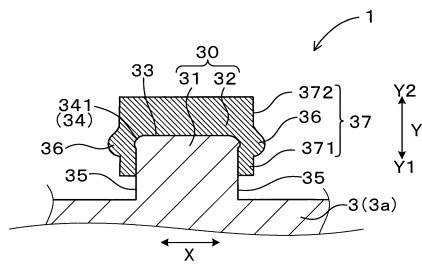
【図 10】

(図 10)



【図 11】

(図 11)



フロントページの続き

審査官 澤崎 雅彦

(56)参考文献 国際公開第2010/053116(WO, A1)
特開2010-170705(JP, A)
特許第5545166(JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01T 13/32
H01T 13/20
H01T 21/02