(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4981473号
(P4981473)
(45)発行日　平成24年7月18日(2012.7.18)　(24)登録日　平成24年4月27日(2012.4.27)

(51)Int.Cl.　F I
H01T 13/39 (2006.01)　H01T 13/39
C22C 5/04 (2006.01)　C22C 5/04

請求項の数 4　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2007-34513(P2007-34513)
(22)出願日　平成19年2月15日(2007.2.15)
(65)公開番号　特開2008-198545(P2008-198545A)
(43)公開日　平成20年8月28日(2008.8.28)
審査請求日　平成21年3月6日(2009.3.6)

前置審査

(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　100111095
弁理士　川口　光男
(72)発明者　吉本　修
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
(72)発明者　布目　健二
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

審査官　高橋　学

最終頁に続く

(54)【発明の名称】内燃機関用スパークプラグ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
中心電極と、
前記中心電極の外側に設けられた絶縁体と、
前記絶縁体の外側に設けられた主体金具と、
前記主体金具に設けられた接地電極とを備え、
前記中心電極の先端部及び前記接地電極の先端部間に火花放電間隙を有する内燃機関用スパークプラグであって、
前記中心電極の先端部及び前記接地電極の先端部のうち少なくとも一方には、貴金属チップが接合されており、
前記貴金属チップは、白金を主成分とし、ロジウムを５質量％以上含むとともに、添加元素としてタングステンを含み、前記添加元素の総含有量が０．１質量％以上であることを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。
【請求項２】
軸線方向に沿って延びる中心電極と、
前記中心電極の外側に設けられた絶縁体と、
前記絶縁体の外側に設けられた主体金具と、
前記主体金具に設けられ、先端部が前記中心電極の先端部と対向するよう配置された接地電極とを備え、
前記中心電極の先端部及び前記接地電極の先端部間に火花放電間隙を有する内燃機関用

スパークプラグであって、
前記接地電極の先端部には、略円柱形状又は多角柱形状をなす貴金属チップが接合されており、
前記貴金属チップは、接地電極本体から自身の先端までの軸線方向における突出長が０．３ｍｍ以上で、かつ、軸線方向から見た断面積が０．７９ｍｍ^{2}以下であるとともに、
白金を主成分とし、ロジウムを３質量％以上含み、添加元素としてタングステンを含み、前記添加元素の総含有量が０．１質量％以上であることを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。
【請求項３】
前記貴金属チップは、ロジウムを５質量％以上含んでいることを特徴とする請求項２に記載の内燃機関用スパークプラグ。
【請求項４】
前記添加元素の総含有量が０．１質量％以上３質量％以下であることを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の内燃機関用スパークプラグ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、内燃機関に使用され、貴金属チップを具備するスパークプラグに関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、自動車エンジン等の内燃機関用のスパークプラグとして、例えば中心電極や接地電極の先端部に貴金属合金よりなる略円柱形状のチップが溶接されたものがある。また、昨今では、着火性や火炎伝播性の向上という観点から、電極より突出するとともに、断面の直径が１．０ｍｍ以下の比較的細径化されたいわば針形状の貴金属チップが提案されている。
【０００３】
このような針形状の貴金属チップを形成するにあたり、従来から採用されている白金（Ｐｔ）－イリジウム（Ｉｒ）系合金（例えば、Ｐｔ－２０Ｉｒ合金）を用いることが検討されている。しかし、突出長が大きくなるにつれ、耐酸化性の悪化を招いてしまい、ひいては耐久性の低下を招くことが懸念される。そこで、耐酸化性の向上を図るべく、Ｐｔ合金やＰｔ－Ｉｒ合金に、ロジウム（Ｒｈ）を含有させる技術が考えられる（例えば、特許文献１参照）。
【特許文献１】特開昭５８－１９８８８６号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、Ｐｔ合金に対してＲｈが含有されると、耐酸化性の向上を図ることができる一方で、粒界強度の低下を招いてしまう。加えて、針形状の貴金属チップは所謂「熱引き」が悪く、電極との温度差が拡大しやすいため、熱応力が増加しやすい。結果として、貴金属チップに「割れ」が生じることが懸念される。また、Ｐｔ－Ｉｒ合金に対してＲｈを含有させた場合においても、突出長が大きくなるにつれ、耐酸化性が不十分となり、Ｒｈの存在により粒界強度の低下に伴う「割れ」による不具合が大きくなる。ここで、貴金属チップの直径が１．０ｍｍを超えていれば、耐酸化性、「割れ」抑制の面で及第点に達しうるのであるが、それでは針形状の貴金属チップを実現することができず、着火性や火炎伝播性の向上を図ることができない。
【０００５】
一方、Ｒｈが５質量％以上と比較的多量に含有された場合には、耐酸化性の向上が図られるものの、その反面、たとえ貴金属チップの直径を大きくしたとしても、「割れ」が生じやすくなってしまう。特に、突出長が大きくなるほど、「割れ」に対する耐性は大きく低下してしまう。

【０００６】
つまり、Ｐｔ－Ｒｈ系合金においては、Ｒｈの含有量が比較的少量であるとしても、断面積が比較的小さく、突出長が比較的大きいと、Ｒｈが含有されることによる悪影響が顕著に現れるおそれがある。一方、Ｒｈの含有量が比較的多量であると、貴金属チップの形状に関わらず、上記悪影響が現れることが懸念される。
【０００７】
本発明は上記事情を鑑みてなされたものであり、その目的は、Ｒｈを含有してなるＰｔ合金からなる貴金属チップを備えるスパークプラグにおいて、粒界強度の低下に伴う貴金属チップの「割れ」を抑制し、耐久性の向上を図ることができる内燃機関用スパークプラグを提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
以下、上記課題等を解決するのに適した各構成を項分けして説明する。なお、必要に応じて対応する構成に特有の作用効果を付記する。
【０００９】
構成１．本構成のスパークプラグは、中心電極と、前記中心電極の外側に設けられた絶縁体と、前記絶縁体の外側に設けられた主体金具と、前記主体金具に設けられた接地電極とを備え、
前記中心電極の先端部及び前記接地電極の先端部間に火花放電間隙を有する内燃機関用スパークプラグであって、
前記中心電極の先端部及び前記接地電極の先端部のうち少なくとも一方には、貴金属チップが接合されており、
前記貴金属チップは、Ｐｔを主成分とし、Ｒｈを５質量％以上含むとともに、添加元素としてタングステン（Ｗ）を含み、前記添加元素の総含有量が０．１質量％以上であることを特徴とする。
【００１０】
ここで、「主成分」とあるのは、材料中、最も質量比の高い成分を指すものである（以下、同様とする）。
【００１１】
上記構成１によれば、中心電極及び接地電極のうち少なくとも一方に貴金属チップが接合されている。また、当該貴金属チップは、Ｐｔを主成分とし、Ｒｈが５質量％以上含まれている。従って、耐酸化性の向上を図ることができる。一方で、Ｒｈが５質量％以上と比較的高い割合で含まれているため、粒界強度の低下に伴う「割れ」の発生が懸念される。この「割れ」は、粒界に侵入した酸素とＲｈとが反応し、粒界にＲｈ酸化物が形成されることで粒界強度の低下が生じることが原因であると考えられる。これに対し、本構成の貴金属チップには、Ｗが０．１質量％以上含まれている。Ｗは酸化しやすいという性質を有するため、粒界に侵入した酸素をＲｈの代わりに吸着し（酸素ゲッターとして機能し）、これによって粒界におけるＲｈ酸化物の形成を抑制することができる。従って、粒界強度の低下を防止でき、「割れ」を抑制することが可能となる。その結果、耐久性の向上を図ることができる。また、Ｐｔは粒成長が進行しやすい性質を有しているが、Ｗの融点はＰｔと比較して高い。そのため、粒成長の抑制を図ることができ、耐久性の更なる向上を図ることができる。尚、上述した作用効果をより確実なものとすべく、貴金属チップに含まれるＷの総含有量が０．１質量％以上とされる。
【００１２】
構成２．本構成のスパークプラグは、軸線方向に沿って延びる中心電極と、前記中心電極の外側に設けられた絶縁体と、前記絶縁体の外側に設けられた主体金具と、前記主体金具に設けられ、先端部が前記中心電極の先端部と対向するよう配置された接地電極とを備え、
前記中心電極の先端部及び前記接地電極の先端部間に火花放電間隙を有する内燃機関用スパークプラグであって、

前記接地電極の先端部には、略円柱形状又は多角柱形状をなす貴金属チップが接合されており、

前記貴金属チップは、接地電極本体から自身の先端までの軸線方向における突出長が０．３ｍｍ以上で、かつ、軸線方向から見た断面積が０．７９ｍｍ^{2}以下であるとともに、

白金を主成分とし、Ｒｈを３質量％以上含み、添加元素としてＷを含み、前記添加元素の総含有量が０．１質量％以上であることを特徴とする。

【００１３】

構成２によれば、接地電極の先端部に貴金属チップが接合されている。さらに、貴金属チップは、その突出長が、０．３ｍｍ以上とされるとともに、軸線方向から見た断面積が０．７９ｍｍ^{2}以下とされている。つまり、貴金属チップは、接地電極より突出するとともに、比較的細径化されたいわば針形状とされている。従って、電極による消炎作用が低減させられ、着火性及び火炎伝播性の向上を図ることができる。一方で、接地電極側の貴金属チップは中心電極側に比べてより高温に晒されるとともに、接地電極側の針形状の貴金属チップは、所謂「熱引き」が悪く、より高温になりやすい。従って、貴金属チップと接地電極本体との間で温度差が増大しやすく、熱応力がより大きなものとなる。結果として、Ｒｈが比較的低い割合で含まれている場合でも（但し、３質量％以上）、粒界強度の低下に伴う「割れ」が発生するおそれがある。この点、本構成によれば、貴金属チップには、Ｗが０．１質量％以上含まれている。従って、上記構成１と同様の作用が奏せられ、耐久性の向上を図ることができる。

【００１４】

構成３．本構成のスパークプラグは、構成２に記載のスパークプラグにおいて、Ｒｈを５質量％以上含んでいることを特徴とする。

【００１５】

構成３によれば、貴金属チップは、針形状にされているとともに、Ｒｈが５質量％以上と比較的高い割合で含まれている。従って、粒界強度の低下に伴う「割れ」の発生が一層懸念されるところである。この点、本構成においても、Ｗが含有されているため、構成２と同様の作用効果が奏せられる。つまり、針形状化による着火性や火炎伝播性の向上、及びＲｈが含有されることによる耐酸化性の向上というメリットを維持しつつ、針形状化及び比較的多量のＲｈが含有されることに伴うデメリットを解消することができる。

【００１６】

構成４．本構成のスパークプラグは、上記構成１乃至３のいずれかにおいて、前記添加元素はＷであることを特徴とする。

【００１７】

構成４によれば、貴金属チップには添加元素としてＷが含有されている。Ｗは、Ｍｏと比較して融点が高いため、粒成長をより抑制でき、耐久性をより向上させることができる。従って、上記構成１乃至３における作用効果がより効果的に奏せられることとなる。また、Ｗが含有された合金と、Ｍｏが含有された合金とを比較すると、Ｗが含有された合金の方が、より加工性に優れるというメリットも有する。

【００１８】

構成５．本構成のスパークプラグは、上記構成１乃至４のいずれかにおいて、前記添加元素の総含有量が０．１質量％以上３質量％以下であることを特徴とする。

【００１９】

上述した作用効果をより確実なものとするためには、貴金属チップに含まれるＷの総含有量が０．１質量％以上３質量％以下であることが望ましい。Ｗの総含有量が０．１質量％未満の場合には、Ｗを含有させることによる上記作用効果が十分に奏されないことが懸念される。一方で、Ｗの総含有量が３質量％を超える場合には、Ｗは酸化しやすい元素であるため、耐酸化性の悪化を招き、貴金属チップの耐久性が低下してしまうおそれがある。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２０】

以下に、一実施形態について図面を参照して説明する。図１は、スパークプラグ１を示す一部破断正面図である。なお、図１では、スパークプラグ１の軸線Ｃ１方向を図面における上下方向とし、下側をスパークプラグ１の先端側、上側を後端側として説明する。

【００２１】

スパークプラグ１は、長尺状をなす絶縁体としての絶縁碍子２、これを保持する筒状の主体金具３などから構成されるものである。

【００２２】

絶縁碍子２には、軸線Ｃ１に沿って軸孔４が貫通形成されている。そして、軸孔４の先端部側には中心電極５が挿入、固定され、後端部側には端子電極６が挿入、固定されている。軸孔４内における中心電極５と端子電極６との間には、抵抗体７が配置されており、この抵抗体７の両端部は導電性のガラスシール層８，９を介して、中心電極５と端子電極６とにそれぞれ電気的に接続されている。

【００２３】

中心電極５は、絶縁碍子２の先端から突出し、端子電極６は絶縁碍子２の後端から突出した状態でそれぞれ固定されている。また、中心電極５には、その先端に貴金属チップ３１が溶接により接合されている（これについては後述する）。

【００２４】

一方、絶縁碍子２は、周知のようにアルミナ等を焼成して形成されており、その外形部において、軸線Ｃ１方向略中央部において径方向外向きに突出形成されたフランジ状の大径部１１と、当該大径部１１よりも先端側においてこれよりも細径に形成された中胴部１２と、当該中胴部１２よりも先端側においてこれより細径に形成され、内燃機関（エンジン）の燃焼室に晒される脚長部１３とを備えている。絶縁碍子２のうち、大径部１１、中胴部１２、脚長部１３を含む先端側は、筒状に形成された主体金具３の内部に収容されている。そして、脚長部１３と中胴部１２との連接部には段部１４が形成されており、当該段部１４にて絶縁碍子２が主体金具３に係止されている。

【００２５】

主体金具３は、低炭素鋼等の金属により筒状に形成されており、その外周面にはスパークプラグ１をエンジンヘッドに取付けるためのねじ部（雄ねじ部）１５が形成されている。ねじ部１５の後端側の外周面には座部１６が形成され、ねじ部１５後端のねじ首１７にはリング状のガスケット１８が嵌め込まれている。さらに、主体金具３の後端側には、主体金具３をエンジンヘッドに取付ける際にレンチ等の工具を係合させるための断面六角形状の工具係合部１９が設けられるとともに、後端部において絶縁碍子２を保持するための加締め部２０が設けられている。

【００２６】

また、主体金具３の内周面には、絶縁碍子２を係止するための段部２１が設けられている。そして、絶縁碍子２は、主体金具３の後端側から先端側に向かって挿入され、自身の段部１４が主体金具３の段部２１に係止された状態で、主体金具３の後端側の開口部を径方向内側に加締めること、つまり上記加締め部２０を形成することによって固定される。なお、絶縁碍子２及び主体金具３双方の段部１４，２１間には、円環状の板パッキン２２が介在されている。これにより、燃焼室内の気密性を保持し、燃焼室内に晒される絶縁碍子２の脚長部１３と主体金具３の内周面との隙間に入り込む燃料空気が外部に漏れないようにしている。

【００２７】

さらに、加締めによる密閉をより完全なものとするため、主体金具３の後端側においては、主体金具３と絶縁碍子２との間に環状のリング部材２３，２４が介在され、リング部材２３，２４間にはタルク（滑石）２５の粉末が充填されている。すなわち、主体金具３は、板パッキン２２、リング部材２３，２４及びタルク２５を介して絶縁碍子２を保持している。

【００２８】

また、主体金具３の先端面２６には、略Ｌ字状をなす接地電極２７が接合されている。

すなわち、接地電極２７は、前記主体金具３の先端面２６に対しその基端部が溶接されるとともに、先端側が曲げ返されて、その側面が中心電極５の先端部（貴金属チップ３１）と対向するように配置されている。当該接地電極２７には、前記貴金属チップ３１に対向するようにして貴金属チップ３２が設けられている。そして、これら貴金属チップ３１，３２間の隙間が火花放電間隙３３となっている。

【００２９】

図２に示すように、中心電極５は、銅又は銅合金からなる内層５Ａ及びニッケル（Ｎｉ）合金からなる外層５Ｂからなる。また、接地電極２７は、Ｎｉ合金等で構成されている。

【００３０】

中心電極５は、その先端側が縮径されるとともに、全体として棒状（円柱状）をなし、その先端面が平坦に形成されている。ここに円柱状をなす上記貴金属チップ３１を重ね合わせ、さらにその接合面外縁部に沿ってレーザ溶接、電子ビーム溶接、抵抗溶接等により溶接部Ｂ１を形成してこれを固着することにより貴金属チップ３１が接合されている。また、これに対向する円柱状の貴金属チップ３２は、接地電極２７の所定位置上に貴金属チップ３２を位置合わせし、その接合面外縁部に沿って同様に溶接部Ｂ２を形成してこれを固着することにより接合される。なお、貴金属チップ３１及びこれに対向する貴金属チップ３２のうちいずれか一方（のチップ）を省略する構成としてもよい。この場合には、貴金属チップ３１と接地電極２７の本体との間、或いは対向する貴金属チップ３２と中心電極５の本体部との間で火花放電間隙３３が形成される。

【００３１】

本実施形態において、前記貴金属チップ３１は、イリジウム（Ｉｒ）を主成分とし、Ｒｈを含む合金から構成される。一方、前記貴金属チップ３２は、白金（Ｐｔ）を主成分としており、ロジウム（Ｒｈ）を３質量％以上含み、さらにタングステン（Ｗ）を含む。特に、貴金属チップ３２に含まれるＷの総含有量が０．１質量％以上３質量％以下とされる。加えて、貴金属チップ３２は、軸線Ｃ１方向に沿った、接地電極２７の平板部分から貴金属チップ３２の先端までの距離（以下、突出長という）が０．３ｍｍ以上（本実施形態では、０．３ｍｍ）とされ、さらに、軸線Ｃ１方向から見た断面の直径が０．１ｍｍ以下（本実施形態では、０．１ｍｍ）とされている。つまり、軸線Ｃ１方向から見た断面積が０．７９mm^2以下とされている。

【００３２】

次に、これら貴金属チップ３１，３２の製造方法について説明する。まず、主成分をＰｔ或いはＩｒとするインゴットを用意し、所定の組成になるよう各合金成分（本実施形態では、Ｒｈ等）を配合・溶融し、当該溶融合金に関し再度インゴットを形成し、その後、当該インゴットについて熱間鍛造、熱間圧延（溝ロール圧延）を施す。その後、線引き加工を施すことで、棒状素材を得た後、それを所定長に切断することで円柱状の貴金属チップ３１，３２を得る。

【００３３】

次に、上記のように構成されてなるスパークプラグ１の製造方法について説明する。まず、主体金具３を予め加工しておく。すなわち、円柱状の金属素材（例えばＳ１７ＣやＳ２５Ｃといった鉄系素材やステンレス素材）を冷間鍛造加工により貫通孔を形成し、概形を製造する。その後、切削加工を施すことで外形を整え、主体金具中間体を得る。

【００３４】

続いて、主体金具中間体の先端面に、Ｎｉ系合金（例えばインコネル系合金等）からなる接地電極２７が抵抗溶接される。当該溶接に際してはいわゆる「ダレ」が生じるので、その「ダレ」を除去した後、主体金具中間体の所定部位にねじ部１４が転造によって形成される。これにより、接地電極２７の溶接された主体金具３が得られる。接地電極２７の溶接された主体金具３には、亜鉛メッキ或いはニッケルメッキが施される。尚、耐食性向上を図るべく、その表面に、さらにクロメート処理が施されることとしてもよい。

【００３５】

さらに、接地電極２７の先端部には、上述した貴金属チップ３２が、抵抗溶接やレーザ溶接等により接合される。尚、溶接をより確実なものとするべく、当該溶接に先だって溶接部位のメッキ除去が行われたり、或いは、メッキ工程に際し溶接予定部位にマスキングが施されたりする。また、当該貴金属チップ３２の溶接を、後述する組付けの後に行うこととしてもよい。

【００３６】

一方、前記主体金具３とは別に、絶縁碍子２を成形加工しておく。例えば、アルミナを主体としバインダ等を含む原料粉末を用い、成型用素地造粒物を調製し、これを用いてラバープレス成形を行うことで、筒状の成形体が得られる。得られた成形体に対し、研削加工が施され整形される。そして、整形されたものが焼成炉へ投入され焼成される。焼成後、種々の研磨加工を施すことで、絶縁碍子２が得られる。

【００３７】

また、前記主体金具３、絶縁碍子２とは別に、中心電極５を製造しておく。すなわち、Ｎｉ系合金が鍛造加工され、その中央部に放熱性向上を図るべく銅合金からなる内層５Ａが設けられる。そして、その先端部には、上述した貴金属チップ３１が抵抗溶接やレーザ溶接等により接合される。

【００３８】

そして、上記のようにして得られた絶縁碍子２及び中心電極５と、抵抗体７と、端子電極６とが、ガラスシール層８，９によって封着固定される。ガラスシール層８，９としては、一般的にホウ珪酸ガラスと金属粉末とが混合されて調製されており、当該調製されたものが抵抗体７を挟むようにして絶縁碍子２の軸孔４内に注入された後、後方から前記端子電極６が押圧された状態とした上で、焼成炉内にて焼き固められる。尚、このとき、絶縁碍子２の後端側の胴部表面には釉薬層が同時に焼成されることとしてもよいし、事前に釉薬層が形成されることとしてもよい。

【００３９】

その後、上記のようにそれぞれ作成された中心電極５及び端子電極６を備える絶縁碍子２と、接地電極２７を備える主体金具３とが組付けられる。より詳しくは、比較的薄肉に形成された主体金具３の後端側の開口部を径方向内側に加締めること、つまり上記加締め部２０を形成することによって固定される。

【００４０】

そして、最後に、接地電極２７を屈曲させることで、中心電極５の先端に設けられた貴金属チップ３１及び接地電極２７に設けられた貴金属チップ３２間の前記火花放電間隙３３を調整する加工が実施される。

【００４１】

このように一連の工程を経ることで、上述した構成を有するスパークプラグ１が製造される。

【００４２】

次に、本実施形態によって奏される作用効果を確認するべく、各種条件を変更することで種々のサンプルを作製し、種々の評価を試みた。その実験結果を以下に記す。

【００４３】

先ずサンプルとしては、いずれも主成分をＰｔとし、他の成分の含有比率及び突出長が異なる各種サンプルを作製した（サンプル１～２０）。そして、各サンプルを用いて、耐酸化性試験、及び、割れ発生評価試験を行った。その評価結果を表１に示す。

【００４４】

但し、耐酸化性試験においては、Ｎｉ系合金よりなる電極材に円柱状の貴金属チップを溶接したサンプルを用意し、１１００℃の大気雰囲気下において、１００時間放置した。そして、試験前におけるサンプルの質量に対する試験後におけるサンプルの質量の減少分を測定した。その結果、試験後におけるサンプルの質量の減少分が、試験前におけるサンプルの質量に対して５％未満であった場合には、耐酸化性に優れるとして「◎」の評価を下すこととした。また、減少分が５％以上１０％未満の場合には、耐酸化性に関し特段問

題がないとして「○」の評価を下すこととした。一方、減少分が１０％以上の場合には、耐酸化性に問題があるとして「×」の評価を下すこととした。但し、貴金属チップとしては、直径が１．０ｍｍ（断面積は、約０．７８６ｍｍ^2）であり、表１の各成分比率及び突出長を有するものを用いることとした。

【００４５】

また、割れ発生評価試験については、接地電極側の貴金属チップとして各成分割合の異なる円柱状の貴金属チップを具備するスパークプラグのサンプルを用意し、直列６気筒排気量２０００ｃｃのエンジンに当該スパークプラグを取付けた。そして、当該エンジンを５０００ｒｐｍで１分間回転させた後、アイドリング状態を１分間継続させ、これを１サイクルとして１００時間繰返した。その結果、接地電極に接合された貴金属チップに外観上「割れ」が発生しなかった場合には、粒界強度の低下を十分に抑制できているとして「◎」の評価を下すこととした。一方、「割れ」が発生した場合には、割れた部分の断面面積が最大となるように、貴金属チップの先端面に直交する方向に沿って貴金属チップを切断し、当該割れた部分の切断面を全て含み、かつ直径が最小となる外接円の直径を計測した。その結果、当該直径が０．１ｍｍ未満である場合には、粒界強度の低下を抑制できているとして「○」の評価を下すこととした。一方、当該直径が０．１ｍｍ以上の場合には、粒界強度の低下を十分に抑制できていないとして「×」の評価を下すこととした。尚、接地電極に設けられる貴金属チップとしては、上記耐酸化性試験と同様のものを用いた。また、中心電極側の貴金属チップとしては、Ｉｒを主成分とし、Ｒｈが含有される合金から構成されるものを用いることとした。

【００４６】

【表１】

サンプルNo.	成分比率	突出長	耐酸化性		割れ発生		総合評価
1	Pt-20Ir	0.3mm	86%	×	なし	◎	×
2	Pt-20Ir-3Rh	0.1mm	92%	○	0.02mm	○	○
3	Pt-20Ir-3Rh	0.3mm	88%	×	0.09mm	○	×
4	Pt-20Ir-5Rh	0.1mm	98%	◎	0.15mm	×	×
5	Pt-20Ir-5Rh	0.3mm	96%	◎	0.2mm	×	×
6	Pt-20Rh	0.3mm	98%	◎	0.15mm	×	×
7	Pt-20Ir-5Rh-0.1W	0.3mm	96%	◎	なし	◎	☆
8	Pt-20Ir-5Rh-3W	0.3mm	98%	◎	なし	◎	☆
9	Pt-20Ir-5Rh-0.1Mo	0.3mm	97%	◎	0.04mm	○	◎
10	Pt-20Rh-5Rh-3Mo	0.3mm	97%	◎	0.05mm	○	◎
11	Pt-20Rh-0.1W	0.3mm	96%	◎	なし	◎	☆
12	Pt-20Rh-3W	0.3mm	96%	◎	なし	◎	☆
13	Pt-20Rh-0.1Mo	0.3mm	97%	◎	0.05mm	○	◎
14	Pt-20Rh-3Mo	0.3mm	96%	◎	0.05mm	○	◎
15	Pt-20Rh-1Ni-1W	0.3mm	95%	◎	なし	◎	☆
16	Pt-20Rh-0.1Mo-0.3W	0.3mm	98%	◎	なし	◎	☆
17	Pt-20Ir-5Rh-4W	0.3mm	93%	○	なし	◎	◎
18	Pt-20Ir-5Rh-4Mo	0.3mm	91%	○	0.03mm	○	○
19	Pt-20Rh-4W	0.3mm	93%	○	なし	◎	◎
20	Pt-20Rh-4Mo	0.3mm	91%	○	0.03mm	○	○

【００４７】

表１に示すように、ＷやＭｏが含有されていないサンプル（サンプル１～６）に関して

は、耐酸化性や「割れ」の面で問題が起こりやすくなってしまうことがわかる。特に、Ｒｈが５質量％以上と比較的高い割合で含有されている場合（サンプル４～６）には、耐酸化性の向上が図られるものの、突出長の大小に関わらず、「割れ」が生じることがわかった。一方、突出長が０．１ｍｍの場合（サンプル２，４）と０．３ｍｍの場合（サンプル３，５）とを比較すると、より電極から突出したサンプル（サンプル３，５）に関して、「割れ」が進行していることが明らかとなった。特に、Ｒｈが３質量％と比較的低い割合で含有されたサンプル（サンプル２，３）に関しては、突出長が０．１ｍｍの場合には、耐酸化性や「割れ」の面で特段問題がなかったが、突出長が０．３ｍｍの場合には「割れ」の進行が顕著なものとなった。つまり、着火性や火炎伝播性の向上を図るために、貴金属チップの突出長が大きくされた場合には、たとえＲｈの含有量が比較的少ない場合であっても、粒界強度の低下に伴う「割れ」が発生し、進行してしまうことがわかる。

【００４８】

これに対し、ＷやＭｏが含有されたサンプル（サンプル７～２０）については、耐酸化性に問題がなく、また、「割れ」を抑制できることが明らかとなった。つまり、突出長が０．３ｍｍ以上とされ、かつ、Ｒｈが５質量％以上と比較的高い割合で含有されるという、「割れ」がより一層生じやすい環境下においても、ＷやＭｏが含有されることにより、「割れ」を十分に抑制できることがわかった。換言すれば、貴金属チップが電極より突出されることによる着火性や火炎伝播性の向上、及びＲｈが含有されることによる耐酸化性の向上というメリットを維持しつつ、貴金属チップが電極より突出されること及び比較的多量のＲｈが含有されることに伴うデメリットを解消できるのである。

【００４９】

また特に、ＷやＭｏの総含有量が０．１質量％以上３質量％以下のサンプル（サンプル７～１６）については、「割れ」を防止できるとともに、耐酸化性が非常に優れるという結果になった。従って、ＷやＭｏの総含有量は、０．１質量％以上３質量％以下であることがより好ましい。

【００５０】

さらに、Ｗが含有されたサンプル（サンプル７，８，１１，１２）と、Ｍｏが含有されたサンプル（サンプル９，１０，１３，１４）とを比較すると、Ｗが含有されたサンプルの方が、「割れ」の発生をより抑制できていることが明らかとなった。従って、Ｗが含有されることで、上記作用効果がより効果的に奏せられると考えられる。

【００５１】

次に、表１のサンプル３（Ｐｔ－２０Ｉｒ－３Ｒｈ）及びサンプル１３（Ｐｔ－２０Ｒｈ－０．５Ｍｏ）の貴金属チップについて、その成分比率や突出長を変更することなく、断面積及び断面の形状を変更したスパークプラグのサンプルを種々用意し、各サンプルに対して上記耐酸化性試験及び割れ発生評価試験を実施した。その評価結果を表２に示す。尚、各サンプルの形状に関しては、サンプル１３－４は断面が正方形の四角柱状をなしており、その他は断面が円形の円柱状をなしている。また、表中カッコ内の数値は、直径或いは１辺の長さを示すものである。加えて、評価の便宜上、サンプル３及びサンプル１３の評価結果についても表２中に記載している。

【００５２】

【表２】

サンプルNo.	成分比率	突出長	断面積（mm²）	耐酸化性		割れ発生		総合評価
3	Pt-20Ir-3Rh	0.3mm	0.786(φ1.0)	88%	×	0.09mm	○	×
3-2	Pt-20Ir-3Rh	0.3mm	1.13(φ1.2)	86%	×	なし	◎	×
13	Pt-20Rh-0.1Mo	0.3mm	0.786(φ1.0)	97%	◎	0.05mm	○	◎
13-2	Pt-20Rh-0.1Mo	0.3mm	1.13(φ1.2)	96%	◎	なし	◎	☆
13-3	Pt-20Rh-0.1Mo	0.3mm	0.282(φ0.6)	98%	◎	0.05mm	○	◎
13-4	Pt-20Rh-0.1Mo	0.3mm	0.64(0.8sq)	95%	◎	なし	◎	☆

【００５３】
表２に示すように、断面積が比較的大きい（断面積が０．７９ｍｍ²より大きい）場合には、特段「割れ」が発生していないことがわかった。換言すれば、断面積が０．７９ｍｍ²以下と比較的断面積が小さい貴金属チップを用いた場合において、Ｍｏ等を含有することがより効果的であるといえる。
【００５４】
尚、上述した実施形態の記載内容に限定されず、例えば次のように実施してもよい。
【００５５】
（ａ）上記実施形態では、接地電極２７に設けられる貴金属チップ３２が、Ｐｔを主成分とし、Ｒｈを３質量％以上含み、Ｗを０．１質量％以上３質量％以下含有するとともに、突出長が０．３ｍｍ以上であり、かつ断面の面積が０．７９ｍｍ²以下とされているが、形状に関しては変更することなく、Ｒｈの含有量を５質量％以上に変更した組成を採用してもよい。また、中心電極５に設けられる貴金属チップ３１は、Ｉｒを主成分とし、Ｒｈを含有する合金から構成されているが、他の成分からなる合金（例えば、上記実施形態の貴金属チップ３２と同じ合金）から構成されていてもよい。
【００５６】
（ｂ）上記実施形態において具現化された貴金属チップ３１及び貴金属チップ３２の形状及び組成に代えて、貴金属チップ３１及び貴金属チップ３２として、形状に関わらず、Ｐｔを主成分とし、Ｒｈを５質量％以上含み、Ｗを０．１質量％以上３質量％以下含有する貴金属チップを利用してもよい。この場合、貴金属チップ３１又は貴金属チップ３２のいずれか一方が、当該組成により構成されるとしてもよい。
【００５７】
（ｃ）上記実施形態では、貴金属チップ３２の形状は円柱状とされているが、貴金属チップ３２の形状は、例えば、三角柱や四角柱等の多角柱形状とされることとしてもよい。
【００５８】
（ｄ）上記実施形態では、主体金具３の先端に、接地電極２７が接合される場合について具体化しているが、主体金具の一部（又は、主体金具に予め溶接してある先端金具の一部）を削り出すようにして接地電極を形成する場合についても適用可能である（例えば、特開２００６－２３６９０６号公報等）。
【００５９】
（ｅ）上記実施形態の中心電極５は、その先端側が縮径されているものであるが、必ずしも縮径されていなくてもよく、全体として棒状（円柱状）をなしていても何ら差し支えない。また、中心電極５は、内層５Ａ及び外層５Ｂからなる２層構造を具備しているが、１層からなっていても差し支えない。
【００６０】
（ｆ）Ｒｈの含有量については、特に限定されるものではないが、Ｐｔの機能を存分に発揮させるという観点においては、３０質量％以下であることが望ましい。
【００６１】

（ｇ）スパークプラグのタイプについては、上記実施形態のものに特に限定されるものではない。従って、例えば２乃至４本の接地電極を具備するタイプに具現化することもできる。

【図面の簡単な説明】

【００６２】

【図１】本実施形態のスパークプラグの構成を示す一部破断正面図である。

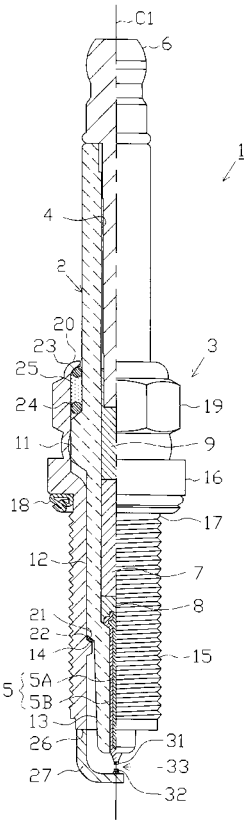
【図２】スパークプラグの部分拡大断面図である。

【符号の説明】

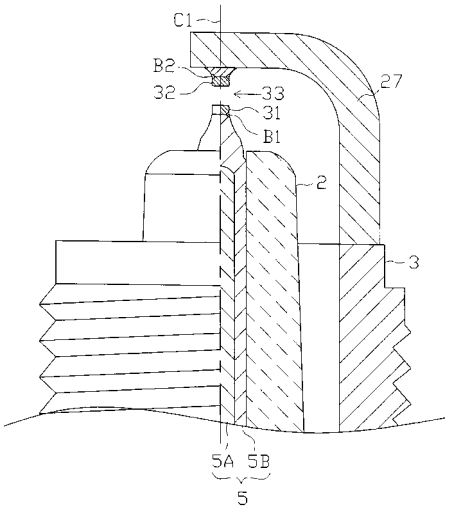
【００６３】

１…スパークプラグ、２…絶縁碍子、３…主体金具、５…中心電極、２７…接地電極、３１，３２…貴金属チップ、３３…火花放電間隙。

【図１】



【図２】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００２－３１９４６９（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１６５１６５（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２３００５２（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－３１７８９６（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－０９３２２１（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－０７４２８３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｔ　１３／００－１３／６０
Ｃ２２Ｃ　５／０４