

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4348317号  
(P4348317)

(45) 発行日 平成21年10月21日 (2009. 10. 21)

(24) 登録日 平成21年7月24日 (2009. 7. 24)

(51) Int. Cl.

F I

H05B 3/03 (2006.01)

H05B 3/03

F23Q 7/00 (2006.01)

F23Q 7/00

V

H05B 3/10 (2006.01)

F23Q 7/00

G05Z

H05B 3/48 (2006.01)

H05B 3/10

C

H05B 3/48

請求項の数 5 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2005-158389 (P2005-158389)  
 (22) 出願日 平成17年5月31日 (2005. 5. 31)  
 (65) 公開番号 特開2006-49279 (P2006-49279A)  
 (43) 公開日 平成18年2月16日 (2006. 2. 16)  
 審査請求日 平成19年6月6日 (2007. 6. 6)  
 (31) 優先権主張番号 特願2004-191025 (P2004-191025)  
 (32) 優先日 平成16年6月29日 (2004. 6. 29)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)  
 (31) 優先権主張番号 特願2004-191027 (P2004-191027)  
 (32) 優先日 平成16年6月29日 (2004. 6. 29)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 100109069  
 弁理士 中村 敬  
 (72) 発明者 小西 雅弘  
 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 佐藤 晴彦  
 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 鈴木 哲也  
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 グローブラグ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

筒状の主体金具と、該主体金具の先端部内側に配置され、先端に発熱部をもつ柱状のセラミックヒータと、該主体金具と該セラミックヒータとの間に設けられた金属外筒とを備え、

前記セラミックヒータは、絶縁体からなる柱状の基体と、該基体の一端側内部に埋設された抵抗体と、該抵抗体と接続された状態で該基体に埋設されつつ該基体の他端側に延びる一対の通電部と、各該通電部と接続された状態で、互いに軸方向に位置を違えて該基体の他端側の側面に露出する電極部とを有し、

先端側の該電極部は前記金属外筒を介して前記主体金具と電氣的に接続されたグローブラグにおいて、

前記両通電部は前記両電極部と同一材料からなり、該電極部の軸方向の断面積は該通電部の軸直角方向の断面積以上であり、

先端側の該電極部は、前記セラミックヒータの先端部をディーゼルエンジンの燃焼室内に位置決めするテーパ面よりも後端側に位置していることを特徴とするグローブラグ。

【請求項 2】

前記通電部は前記金属外筒よりも先端側に突出していることを特徴とする請求項 1 記載のグローブラグ。

【請求項 3】

前記電極部の軸方向の断面積は前記通電部の軸直角方向の断面積よりも 1 . 5 倍以上大

10

20

きいことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のグロープラグ。

【請求項 4】

前記基体は窒化珪素質からなり、各前記電極部は窒化珪素質の絶縁材料が 30 ~ 35 質量%及び WC が 65 ~ 70 質量%からなる焼結体であり、該絶縁材料 100 質量%中には  $\text{SiO}_2$  及び  $\text{RE}_2\text{O}_3$  (RE は希土類元素) が 10 ~ 20 質量%含まれていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項記載のグロープラグ。

【請求項 5】

前記基体は直径が 3 . 5 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項記載のグロープラグ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明はグロープラグに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に従来グロープラグが開示されている。このグロープラグは、筒状の主体金具と、この主体金具の先端部内側に配置され、先端に発熱部をもつ柱状のセラミックヒータと、主体金具の後端側に配置された中軸とを備えたものである。

【0003】

特許文献 1 開示のセラミックヒータは、窒化珪素質の絶縁体からなる柱状の基体と、この基体の一端側内部に埋設された抵抗体と、抵抗体と接続された状態で基体に埋設されつつ基体の他端側に延びる一対の通電部と、各通電部と接続された状態で基体の他端側の側面に露出する電極部とを有している。特許文献 1 に開示されたセラミックヒータは、その外周に金属外筒及び金属リングが設けられており、一方の電極部は金属外筒を介して主体金具と電氣的に接続され、他方の電極部は金属リングを介して中軸と電氣的に接続されている。

20

【0004】

抵抗体、通電部及び電極部は、例えば窒化珪素質の絶縁材料及び炭化タングステン (WC) からなる焼結体である。この場合、通電部及び電極部は、抵抗体よりも WC の配合量が多くされており、これにより抵抗体よりも導電性が高くなっている。

30

【0005】

このグロープラグは、主体金具がディーゼルエンジンのシリンダヘッドに固定され、中軸はバッテリーに接続される。セラミックヒータでは、主体金具と中軸との間に電圧が印加されることにより、電極部及び通電部を介して抵抗体に通電が行われ、発熱部が発熱することとなる。これにより、グロープラグはディーゼルエンジンの始動時やアイドリング時に活用される。

【0006】

この種のセラミックヒータは以下の製造方法により製造されていた。まず、例えば WC の配合量を少なくした材料によって抵抗体となる第 1 成形体を射出成形した後、WC の配合量を多くした材料によって通電部及び電極部となる第 2 成形体を射出成形し、第 1 成形体と第 2 成形体とが一体となった通電用成形体を得る。

40

【0007】

得られた通電用成形体は、基体となる基体用成形体と嵌め合わされた後、プレスされて複合成形体とされる。その後、この複合成形体は、脱バインダー処理され、ホットプレス等で 1700 °C 以上、例えば約 1800 °C 前後で焼成される。こうして得られた焼成体が研磨され、セラミックヒータとなる。

【0008】

こうして抵抗体、通電部及び電極部を基体用成形体とともに材料から焼結させたセラミックヒータは、通電部及び電極部を金属リード線を用いてセラミックヒータとしたものと比較し、W や W - Re 合金等の線材を曲げたり、切断したりする金属リード線の作製工程

50

が不要となる他、抵抗体の成形とともに、通電部及び電極部を成形することができる。このため、前者は、後者と比較し、量産性が高いというメリットがある。このため、上記のようなセラミックヒータは例えば細径のグローブラグを安価に製造できることとなる。

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 5 6 8 4 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

しかし、この種のセラミックヒータは長期間使用された場合の耐久性の向上が強く要求されている。耐久性が劣化する一例として、使用によってセラミックヒータの抗折強度が低下してしまうことが挙げられる。特に、近年のディーゼルエンジンは、高性能化によって小型及び細径のグローブラグを要求している。このようなグローブラグにおいては、直径が 3 . 5 mm 程度以下の基体をもつセラミックヒータが必要とされ、このようなセラミックヒータにおいてはこのような不具合が顕著になるのである。

【 0 0 1 1 】

本発明は、上記従来の実情に鑑みてなされたものであって、長期間使用した場合でも高い耐久性を発揮可能なグローブラグを提供することを解決すべき課題としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

発明者らは、上記課題解決のために鋭意研究を行い、セラミックヒータの抗折強度の低下が電極部の劣化によって生じることを発見した。そして、その電極部の劣化は、電極部の膨張を生じる酸化に起因することも発見した。さらに、両通電部が両電極部と同一材料からなる場合、電極部の軸方向の断面積が通電部の軸直角方向の断面積より小さいと、その電極部の酸化が助勢されてしまうことも発見した。こうして発明者らは本発明を完成させるに至った。

【 0 0 1 3 】

すなわち、本発明のグローブラグは、筒状の主体金具と、該主体金具の先端部内側に配置され、先端に発熱部をもつ柱状のセラミックヒータと、該主体金具と該セラミックヒータとの間に設けられた金属外筒とを備え、

前記セラミックヒータは、絶縁体からなる柱状の基体と、該基体の一端側内部に埋設された抵抗体と、該抵抗体と接続された状態で該基体に埋設されつつ該基体の他端側に延びる一対の通電部と、各該通電部と接続された状態で、互いに軸方向に位置を違えて該基体の他端側の側面に露出する電極部とを有し、

先端側の該電極部は前記金属外筒を介して前記主体金具と電氣的に接続されたグローブラグにおいて、

前記両通電部は前記両電極部と同一材料からなり、該電極部の軸方向の断面積は該通電部の軸直角方向の断面積以上であり、

先端側の該電極部は、前記セラミックヒータの先端部をディーゼルエンジンの燃焼室内に位置決めするテーパ面よりも後端側に位置していることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

本発明のセラミックヒータでは、両通電部と両電極部とが同一材料の物質である場合、電極部の軸方向の断面積が通電部の軸直角方向の断面積以上であれば、電気抵抗値  $R$  ( ) が断面積  $a$  (  $m^2$  )、長さ  $l$  (  $m$  ) 及び物質に固有の定数 ( 体積抵抗率 ) によって、 ( 数 1 )

$$R = \cdot l / a$$

と表されることから、電極部の電気抵抗値が通電部の電気抵抗値以下となる。このため、電極部は、通電部に比べて、昇温し難くなる。このため、外気の酸素と触れ得る電極部は酸化が抑制される。このため、電極部の膨張が抑制されるため、セラミックヒータの抗折強度の低下を抑制することが可能となる。

【 0 0 1 5 】

また、電極部の軸方向の断面積が通電部の軸直角方向の断面積以上であれば、例えばあるグロープラグにおいては、中軸から金属リングを介して一方の電極部に通電する接続部分と、主体金具から金属外筒を介して他方の電極部に通電する接続部分とを十分な大きさとすることができる。このため、それらの接続部分の電気抵抗値がセラミックヒータの通電経路の中で最も小さくなる。このため、両接続部分における発熱を抑制することができ、加熱及び冷却の繰り返しによる熱応力によって接続部分が断線する不具合を防止することができる。

【0016】

したがって、本発明のグロープラグは、長期間使用した場合でも高い耐久性を発揮することができるのである。

10

【0017】

なお、特開平2-75188号公報や特開平2-75189号公報には、両電極部の軸方向の長さが通電部の軸直角方向の幅以上である通電部をもつセラミックヒータが開示されている。しかしながら、これらの刊行物には、電極部や通電部の厚みについての開示も示唆もなく、しかも両電極部の軸方向の断面積と通電部の軸直角方向の断面積との関係により抗折強度がどうなるか等についての考察も一切ない。

【0018】

本発明のセラミックヒータにおいて、基体は、窒化珪素質等の絶縁体からなる柱状のものである。窒化珪素質の絶縁体は、窒化珪素( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )を主成分とする主相粒子が後述の焼結助剤成分等に由来した粒界相により結合された形態のものである。なお、主相は、SiあるいはNの一部がAlあるいはOで置換されたもの、さらには、相中にLi、Ca、Mg、Y等の金属原子が固溶したものであってもよい。

20

【0019】

抵抗体は基体の一端側内部に埋設されている。抵抗体は導電性セラミック及び絶縁性セラミックにて構成され得る。

【0020】

導電性セラミックとしては、例えば、WC、二珪化モリブデン( $\text{MoSi}_2$ )及び二珪化タングステン( $\text{WSi}_2$ )等、周知のものを採用できる。

【0021】

導電性セラミックとしては、例えば、通電部がWCを含む焼結体である場合には、WCを含む通電部との線熱膨張係数差を縮小して抵抗体と通電部との連結部分の耐熱衝撃性を高めるため、通電部と同様にWCを採用することが好ましい。それにより絶縁性セラミックとWCとの含有比率を変化させて、耐熱衝撃性を高めながら、抵抗体の電気抵抗率を所望の値に調整することができる。

30

【0022】

また、絶縁性セラミックとしては、窒化珪素質の絶縁体からなる基体との線熱膨張係数差を縮小して耐熱衝撃性を高めるため、基体と同様の窒化珪素質の絶縁性セラミックを採用することができる。それにより導電性セラミックと窒化珪素との含有比率を変化させて、耐熱衝撃性を高めながら、抵抗体の電気抵抗率を所望の値に調整することができる。

【0023】

通電部は、抵抗体と接続された状態で基体に埋設されつつ基体の他端側に延びた一対の軸体である。これらの通電部は抵抗体と電源との間の通電経路の一部であるため、抵抗体と比較して高導電性や低発熱性等の特性を有していなければならない。

40

【0024】

電極部は、各通電部と接続された状態で、互いに軸方向に位置を違って基体の他端側の側面に露出している。これらの電極部も通電部と同様に抵抗体と電源との間の通電経路の一部であるため、抵抗体と比較して高導電性や低発熱性等の特性を有していなければならない。

【0025】

本発明のセラミックヒータでは、両通電部は両電極部と同一材料からなる。この場合、

50

通電部及び電極部は、抵抗体の構成材料に対して、(1)同種の導電性セラミック及び絶縁性セラミックを用いつつ、それらの含有量を異ならせる方法、(2)電気抵抗率の異なる異種の導電性セラミック及び絶縁性セラミックを採用する方法、(3)(1)と(2)との組み合わせによる方法等のいずれかによって作製され得る。

【0026】

この場合、セラミックヒータの製造工程において、通電部及び電極部となる成形体を1回の射出成形で形成することが可能となる。そのため、抵抗体となる第1成形体を射出成形した後、通電部及び電極部となる第2成形体を射出成形し、第1成形体と第2成形体とが一体となった通電用成形体を得ることができる。なお、抵抗体が通電部及び電極部と同一材料からなる焼結体であることも可能である。

10

【0027】

電極部の軸方向の断面積は通電部の軸直角方向の断面積よりも1.5倍以上大きいことが好ましい。こうであれば、電極部の昇温が効果的に抑制されることにより、電極部の酸化による抗折強度の低下を効果的に抑制することができる。

【0028】

上述の構成である本発明のセラミックヒータでは、グロープラグの製造時である主体金具等との組み付け等の際、嵌め合わせ工程又はロウ付け工程等において、セラミックヒータに過度の負荷がかかるおそれがある。例えば、特開2002-364842号(以下、特許文献2という。)公報開示のグロープラグでは、セラミックヒータの外周に金属外筒及び金属リングを設けなければならない、これらを設ける際にセラミックヒータに過度の負荷がかかるおそれがある。

20

【0029】

また、グロープラグを使用する際、特にディーゼルエンジンのシリンダヘッドに組み付ける作業等の際、作業者がそのグロープラグを乱暴に取り扱ったり、インパクトレンチ等の省力機器によってそのグロープラグを強く締め付け過ぎ、セラミックヒータに過度の負荷がかかるおそれがある。

【0030】

このため、発明者らは、十分な抗折強度を有し、製造時或いは組み付け等の作業時の折損等が抑えられるセラミックヒータを提供するという課題の解決のために鋭意研究を行った。そして、以下の解析によって本発明をさらに改良した。

30

【0031】

まず、従来のセラミックヒータは、グロープラグの製造工程において折損しやすい箇所である金属外筒、金属リング及び主体金具等との嵌め合わせ部分の近辺において、基体内に電極部が埋設され、その電極部の一部がセラミックヒータの外周面に露出している構造である。このため、電極部自体の強度によって、セラミックヒータ自体の抗折強度が大きく左右されてしまう。特にWCが配合された電極部においては、窒化珪素質の絶縁材料とWCとの配合比によって、強度ばかりでなく、導電性や発熱性等の特性も大きく変動する。

【0032】

なお、特許文献2には、電極部及び通電部の強度に関し、WCの配合比が30体積%を超えて多くなると、焼成による緻密化が困難となり、強度不足を招きやすくなることが開示されている。また、特許文献2では、電極部及び通電部の他の成分である窒化珪素質の絶縁材料に焼結助剤を配合し、電極部及び通電部の組織を緻密化することも記載されている。しかし、特許文献2には、上記のように高強度、高導電性及び低発熱性等の特性が同時に要求される電極部を実現するための望ましい材料の選択や配合比に関しては、具体的な技術開示がなされていない。つまり、従来のセラミックヒータでは、必ずしも抗折強度を安定的に高くすることができないのである。

40

【0033】

また、特開昭62-233619号公報、特開平9-184627号公報及び特開2003-229236号公報においては、金属リード線を複数箇所折り曲げて通電部及び電

50

極部の両方を形成したセラミックヒータが開示されている。そして、特開 2 0 0 3 - 2 2 9 2 3 6 号公報においては、通電部及び電極部を W や W - R e 合金等の金属リード線とし、折損防止の検討がなされている。しかし、これらの公報記載のセラミックヒータは、いずれも W や W - R e 合金等の線材を複数箇所折り曲げて通電部及び電極部の両方を形成する金属リード線を作製しており、焼結体からなる電極部を採用するものではないため、技術分野が相違する。

【 0 0 3 4 】

このため、十分な抗折強度を有し、製造時或いは組み付け等の作業時の折損等が抑えられるセラミックヒータを提供するという課題を解決するためには、焼成体からなる電極部を構成する材料の選択や最適な配合比について検討し、導電性及び強度等の要求特性を同時に達成することができる特定の範囲を見出すことが重要となるのである。

10

【 0 0 3 5 】

発明者らは、焼成体からなる電極部に関して、複合的な試験による検討を行った。そして、主材料として窒化珪素質の絶縁材料と W C とを選定し、また窒化珪素質の絶縁材料の含有物として、 $\text{SiO}_2$  及び  $\text{RE}_2\text{O}_3$  ( R E は希土類元素 ) を選定した上で、それらの適正な配合比を発見した。こうして、本発明をさらに改良するに至ったのである。

【 0 0 3 6 】

本発明のセラミックヒータにおいて、前記基体は窒化珪素質からなり、各前記電極部は窒化珪素質の絶縁材料が 3 0 ~ 3 5 質量 % 及び W C が 6 5 ~ 7 0 質量 % からなる焼結体であり、該絶縁材料 1 0 0 質量 % 中には  $\text{SiO}_2$  及び  $\text{RE}_2\text{O}_3$  ( R E は希土類元素 ) が 1 0 ~ 2 0 質量 % 含まれていることが好ましい。なお、本発明のセラミックヒータにおいて、各通電部は、各電極部と同一材料からなる。

20

【 0 0 3 7 】

本発明のセラミックヒータは、各通電部と接続された状態で基体の他端側表面に露出する電極部が窒化珪素質の絶縁材料と W C とからなる。また、その絶縁材料が  $\text{SiO}_2$  及び  $\text{RE}_2\text{O}_3$  を含有している。これら絶縁材料及び W C の配合比と、絶縁材料中の  $\text{SiO}_2$  及び  $\text{RE}_2\text{O}_3$  の配合比とに関して、電極部の導電性を高く、かつ電極部の緻密化と強度向上とを実現するための適正範囲を後述する実験及び検討によって見出して規定したものである。

【 0 0 3 8 】

そのような配合比で電極部を作製することにより、その電極部が埋設されたセラミックヒータ自体の抗折強度が安定的に高くなる。このため、このセラミックヒータは、十分な抗折強度を有し、製造時或いは組み付け等の作業時の折損等を抑制することができる。

30

【 0 0 3 9 】

本発明に係る電極部は絶縁性セラミックを構成する絶縁材料が窒化珪素質である。電極部が基体と同じ窒化珪素質である理由は、基体と電極部との線熱膨張係数を略同等にするためである。この絶縁材料は、その窒化珪素質の他、焼結助剤としての  $\text{SiO}_2$  及び  $\text{RE}_2\text{O}_3$  を含む。本発明のセラミックヒータの電極部は、 $\text{SiO}_2$  と  $\text{RE}_2\text{O}_3$  との両者を必ず含み、これらの一方だけを含むことはあり得ない。また、この絶縁材料はその他の焼結助剤や不可避の不純物も含み得る。

40

【 0 0 4 0 】

本発明に係る電極部の  $\text{RE}_2\text{O}_3$  を構成する希土類元素は、周期表 I I I 族 a 亜族に属するスカンジウム ( S c )、イットリウム ( Y ) 並びにランタノイドのランタン ( L a )、セリウム ( C e )、プラセオジウム ( P r )、ネオジウム ( N d )、プロメチウム ( P m )、サマリウム ( S m )、ユーロピウム ( E u )、ガドリニウム ( G d )、テルビウム ( T b )、ジスプロシウム ( D y )、ホルミウム ( H o )、エルビウム ( E r )、ツリウム ( T m )、イッテルビウム ( Y b ) 及びルテチウム ( L u ) である。

【 0 0 4 1 】

本発明のセラミックヒータは、電極部の窒化珪素質の絶縁材料が 3 5 質量 % を超え、W C が 6 5 質量 % 未満となった場合は、電極部の発熱が大きくなり過ぎ、抵抗体の発熱効率

50

が悪化する。

【0042】

一方、本発明のセラミックヒータは、電極部の窒化珪素質の絶縁材料が30質量%未満となり、WCが70質量%を超えた場合は、電極部の緻密化が難しくなる。

【0043】

また、本発明のセラミックヒータは、電極部の絶縁材料100質量%中にSiO<sub>2</sub>及びRE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が10質量%未満しか含まれていない場合は、電極部中の絶縁材料とWCとの配合比を前述した望ましい範囲内に設定しても、電極部の緻密化が不十分になるとともに線熱膨張係数が小さくなり、基体と電極部との間の線熱膨張係数の差が大きくなる。このため、セラミックヒータ単体の抗折強度が大幅に低下してしまう。

10

【0044】

一方、本発明のセラミックヒータは、電極部の絶縁材料100質量%中にSiO<sub>2</sub>及びRE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が20質量%を超えて含まれている場合には、電極部中の絶縁材料とWCとの配合比を前述した望ましい範囲内に設定しても、電極部の線熱膨張係数が大きくなって、基体と電極部との間の線熱膨張係数の差が大きくなり過ぎてしまう。このため、セラミックヒータは、加熱及び冷却の繰り返しによる熱応力によって、電極部及びその近傍が断線することによる耐久性の不足という新たな問題が顕著になってくる。

【0045】

本発明のセラミックヒータは、基体の直径が3.5mm以下である場合に顕著な作用効果を奏することができる。本発明のセラミックヒータは、細径化しても従来のものと比較して安定的に高い耐久性を発揮することができるからである。特に、近年のディーゼルエンジンは、燃料の直噴化等の高性能化の観点から、基体の直径が3.5mm以下のセラミックヒータを要求している。このようなディーゼルエンジンに本発明のセラミックヒータを適用する場合、セラミックヒータの折損の可能性を極めて低くすることができるので、ディーゼルエンジンの高性能化に寄与することが可能となる。

20

【0046】

本発明のグロープラグは、筒状の主体金具と、該主体金具の先端部内側に配置され、先端に発熱部をもつ柱状のセラミックヒータと、該主体金具の後端側に配置された中軸とを備えたグロープラグにおいて、前記セラミックヒータが上記のものであることを特徴とする。この場合、ディーゼルエンジンに本発明のグロープラグを用いれば、グロープラグの細径化かつ高耐久により、ディーゼルエンジンの高性能化に寄与することが可能となる。

30

【0047】

本発明のセラミックヒータの製造方法は、通電用成形体を成形する成形工程と、

基体用成形体内に該通電用成形体が収容された複合成形体を焼成し、該基体用成形体により、絶縁体からなる柱状の基体が構成され、該通電用成形体により、該基体の一端側内部に埋設された抵抗体と、該抵抗体と接続された状態で該基体に埋設されつつ該基体の他端側に延びる一対の通電部と、各該通電部と接続された状態で該基体の他端側表面に露出する電極部とが構成され、該基体、該抵抗体、両該通電部及び両該電極部を有するセラミックヒータを得る焼成工程とを備え、

該通電用成形体は、焼成後に該抵抗体となる第1成形体と、該第1成形体と一体をなし、焼成後に両該通電部及び両該電極部となる第2成形体とからなり、

40

該第2成形体は、焼成後に両該通電部となる両棒状部と、各該棒状部と一体をなし、焼成後に両該電極部となる両突出部とからなるセラミックヒータの製造方法において、

前記通電用成形体を成形する成形型は、互いに内部に該通電用成形体を成形可能なキャビティを有し、互いの合わせ面により型開き可能な第1型及び第2型からなり、

該第1型及び該第2型における該キャビティのうちの前記両突出部を成形する部分には、対をなして該合わせ面から離れるに従って互いに近づく傾斜面が形成されていることを特徴とする。

【0048】

この場合、傾斜面が抜き勾配を有することから、成形型により成形される通電用成形体

50

を第1型及び第2型から脱型する際に、通電用成形体の両突出部に割れや欠け等の欠陥が発生することを抑制することができる。このため、この通電用成形体を用いて製造されたセラミックヒータ自体の強度の低下や、電極部の接触抵抗の増加も抑制することができる。

#### 【0049】

本発明のセラミックヒータの製造方法において、前記傾斜面の母線は、前記合わせ面に対して70°～80°傾斜していることが好ましい。発明者らの試験結果によれば、この場合、傾斜面が適度な抜き勾配を有することから、通電用成形体の両突出部に割れや欠け等の欠陥が発生することを一層効果的に抑制することができる。

#### 【0050】

10

他方、傾斜面の母線が合わせ面に対して80°より大きい角度で傾斜している場合には、傾斜面の抜き勾配が不十分となり易く、通電用成形体の脱型を容易に実施できなくなり、通電用成形体の両突出部に割れや欠け等の欠陥が発生し易くなる。また、傾斜面の母線が合わせ面に対して70°より小さい角度で傾斜している場合には、通電用成形体の脱型を容易に実施できるが、合わせ面により稜線となる突出部の一部が尖って応力集中する傾向となり、通電用成形体の両突出部に割れや欠け等の欠陥が発生し易くなる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0051】

以下、図面を参照しつつ、本発明を具体化した試験例1、2を説明する。試験例1は、実施例1-1～1-3及び比較例1-1、1-2で構成される。また、試験例2は、実施例2-1～2-8及び比較例2-1～2-9で構成される。

20

#### 【0052】

##### (試験例1)

試験例1は、長時間使用した場合でもセラミックヒータが高い耐久性を発揮することができるかどうかを評価するものである。まず、図1及び図2に示すように、実施例1-1～1-3及び比較例1-1、1-2のセラミックヒータ1を用いたグロープラグ50を説明する。このグロープラグ50は、筒状の主体金具4と、この主体金具4の先端部内側に金属外筒3を介して配置され、先端に発熱部をもつ柱状のセラミックヒータ1と、主体金具4の後端側に配置された中軸6と、中軸6とセラミックヒータ1の後端部とを接続する接続金具17及び金属リング18とを備えたものである。

30

#### 【0053】

セラミックヒータ1は、窒化珪素質の絶縁体からなる柱状の基体13と、この基体13の一端側内部に埋設された抵抗体11と、抵抗体11と接続された状態で基体13に埋設されつつ基体13の他端側に延びる一対の通電部12b、12cと、各通電部12b、12cと接続された状態で基体13の他端側の側面に露出する電極部12a、12dとを有している。一方の電極部12dは金属外筒3を介して主体金具4と電氣的に接続され、他方の電極部12aは金属リング18及び接続金具17を介して中軸6と電氣的に接続されている。

#### 【0054】

すなわち、中軸6の前端部には接続金具17の後端部が固定されており、接続金具17の前端部は金属リング18に固定されている。金属リング18は、セラミックヒータ1の後端部に嵌合されており、一方の電極部12aの露出した面と接触している。これにより中軸6は接続金具17及び金属リング18を介して一方の電極部12aと電氣的に接続されている。

40

#### 【0055】

また、金属外筒3はセラミックヒータ1の中央部に嵌合されている。この金属外筒3は他方の電極部12dと接触しており、これにより主体金具4は金属外筒3を介して他方の電極部12dと電氣的に接続されている。

#### 【0056】

電極部12a、12d及び通電部12b、12cは絶縁材料及びWCからなる焼結体で

50



ある。絶縁材料は窒化珪素質である。電極部 1 2 a、1 2 d 及び通電部 1 2 b、1 2 c は、抵抗体 1 1 に比べて、WC の配合比が大きくされることにより導電性が高くされている。これら電極部 1 2 a、1 2 d 及び通電部 1 2 b、1 2 c は同一の材料（調合される物質の種類及び配合比率が同一）からなる。

#### 【 0 0 5 7 】

なお、主体金具 4 の外周面にはねじ部 5 が形成されている。また、中軸 6 の後端部は図示しないキャップが嵌合されるようになっている。グロープラグ 5 0 は、主体金具 4 のねじ部 5 が図示しないディーゼルエンジンのシリンダヘッドに螺合される。これにより、セラミックヒータ 1 の先端部がディーゼルエンジンの燃焼室内に位置される。また、中軸 6 の後端部に接続されるキャップがバッテリーに接続される。そして、中軸 6、接続金具 1 7、金属リング 1 8、一方の電極部 1 2 a、通電部 1 2 b、抵抗体 1 1、他方の通電部 1 2 c、他方の電極部 1 2 d、金属外筒 3 及び主体金具 4 の順で電流が流れ、セラミックヒータ 1 の先端の発熱部が発熱する。こうして、ディーゼルエンジンは燃焼室内の予熱が行われる。

#### 【 0 0 5 8 】

上記グロープラグ 5 0 のセラミックヒータ 1 として、以下の実施例 1 - 1 ~ 1 - 3 及び比較例 1 - 1、1 - 2 のものを製造した。

#### 【 0 0 5 9 】

まず、以下の抵抗体用の材料を得た。この抵抗体用の材料は、焼成後に  $\text{Si}_3\text{N}_4$  が 3 0 質量%、WC が 6 3 質量%、 $\text{SiO}_2$  が 2 質量%、 $\text{Er}_2\text{O}_3$  が 5 質量% の配合比になるように、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  粉末、WC 粉末、 $\text{SiO}_2$  粉末、 $\text{Er}_2\text{O}_3$  粉末及び熱可塑性樹脂を混合したものである。なお、不純物は無視した。この後、図 3 に示すように、この抵抗体用の材料によって第 1 成形体 5 1 を射出成形した。

#### 【 0 0 6 0 】

次いで、以下の電極部及び通電部用の材料を得た。この電極部及び通電部用の材料は、焼成後に表 1 に示す絶縁材料及び WC の配合比になるように、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  粉末、WC 粉末、 $\text{SiO}_2$  粉末、 $\text{Er}_2\text{O}_3$  粉末及び熱可塑性樹脂を混合したものである。 $\text{SiO}_2$  粉末と  $\text{Er}_2\text{O}_3$  粉末との割合は抵抗体用の材料と同様である。 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{SiO}_2$  及び  $\text{Er}_2\text{O}_3$  からなる絶縁材料と WC との含有率（質量%）及び絶縁材料 1 0 0 質量% 中の  $\text{SiO}_2$  及び  $\text{Er}_2\text{O}_3$  の含有率（質量%）を表 1 に示す。このように、電極部及び通電部用の材料は抵抗体用の材料よりも WC 粉末が多くされている。

#### 【 0 0 6 1 】

【表 1】

		絶縁材料 (質量%)	WC (質量%)	絶縁材料中の ( $\text{SiO}_2 + \text{Er}_2\text{O}_3$ ) の含有率 (質量%) {( $\text{SiO}_2 + \text{Er}_2\text{O}_3$ ) / 絶縁材料}	電極部の軸方向の 断面積 ／通電部の軸直角 方向の断面積 ( $S_1 / S_2$ )
実 施 例	1-1	33	67	15	1.0
	1-2	33	67	15	1.5
	1-3	33	67	15	2.0
比 較 例	1-1	33	67	15	0.5
	1-2	33	67	15	0.8

#### 【 0 0 6 2 】

この後、第 1 成形体 5 1 を残した状態で、この電極部及び通電部用の材料により第 2 成形体 5 2 を射出成形した。その際、第 1 成形体 5 2 には、通電部 1 2 b、1 2 c となる棒

状部 5 2 b、5 2 c と、棒状部 5 2 b、5 2 c と一体をなし、電極部 1 2 a、1 2 d となる突出部 5 2 a、5 2 d とが同時に成形されている。こうして、第 1 成形体 5 2 と第 2 成形体 5 1 とが一体となった通電用成形体 4 0 を得た。

【 0 0 6 3 】

この際、図 4 に示すように、突出部 5 2 a、5 2 d が軸方向に長い略六角形をなしているため、通電用成形体 4 0 を容易に成形型 9 0 から抜くことができる。

【 0 0 6 4 】

より詳しく説明すれば、成形型 9 0 は、第 1 型 9 1 及び第 2 型 9 2 からなる。第 1 型 9 1 及び第 2 型 9 2 は、互いに内部に通電用成形体 4 0 を成形可能なキャビティ 9 3 を有し、互いの合わせ面 9 1 a、9 2 a により型開き可能とされている。第 1 型 9 1 及び第 2 型 9 2 におけるキャビティ 9 3 のうちの両突出部 5 2 a、5 2 d を成形する部分には、対をなして合わせ面 9 1 a、9 2 a から離れるに従って互いに近づく傾斜面 9 1 b、9 2 b が形成されている。この傾斜面 9 1 b、9 2 b の母線の合わせ面 9 1 a、9 2 a に対する傾斜角は  $75^{\circ}$  とされている。このため、傾斜面 9 1 b、9 2 b は適度な抜き勾配を有しており、その結果として、通電用成形体 4 0 の両突出部 5 2 a、5 2 d は、脱型される際に割れや欠け等の欠陥が発生し難くなっている。

【 0 0 6 5 】

一方、焼成後に基体 1 3 の約半分を構成する第 1 基体用成形体 3 7 を用意した。この第 1 基体用成形体 3 7 は、焼成後に  $\text{Si}_3\text{N}_4$  が 9 0 質量%、 $\text{Er}_2\text{O}_3$  が 1 0 質量%の配合比になるように、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  粉末及び  $\text{Er}_2\text{O}_3$  粉末からなる混合粉末が成形されたものである。第 1 基体用成形体 3 7 には通電用成形体 4 0 を収容するための凹部 3 7 a が凹設されている。得られた通電用成形体 4 0 を第 1 基体用成形体 3 7 の凹部 3 7 a 内に収容した。この後、通電用成形体 4 0 側に上記混合粉末を載せ、プレス成形することにより、基体 1 3 の残部をなす第 2 基体用成形体 3 6 も形成した。こうして得られた複合成形体 3 0 を  $800^{\circ}\text{C}$  に加熱することにより脱バインダー処理し、さらに  $1800^{\circ}\text{C}$  前後でホットプレス焼成した。

【 0 0 6 6 】

こうして得られた焼成体を研磨し、図 5 ( A ) ~ ( C ) 及び図 6 に示すように、実施例 1 - 1 ~ 1 - 3 及び比較例 1 - 1、1 - 2 のセラミックヒータ 1 とした。得られたセラミックヒータ 1 では、図 5 ( C ) に示すように、電極部 1 2 a、1 2 d は、横方向から見て略六角形をなしており、セラミックヒータ 1 を水平方向にした場合、水平方向の長さ a が垂直方向の幅 b よりも大きくされている。各セラミックヒータ 1 の直径は  $3.3\text{mm}$ 、全長は  $45\text{mm}$  である。また、図 6 に示すように、各セラミックヒータ 1 における電極部 1 2 a、1 2 d の軸方向の断面積  $S_1$  と、通電部 1 2 b、1 2 c の軸直角方向の断面積  $S_2$  との比も表 1 に示す。

【 0 0 6 7 】

そして、各セラミックヒータ 1 を主体金具 4 や接続金具 1 7 等の部材と組み合わせることにより、図 1 に示すグローブラグ 5 0 が完成する。

【 0 0 6 8 】

下記の測定方法により、上記各セラミックヒータ 1 に対する抗折強度の測定と、各セラミックヒータ 1 を用いたグローブラグ 5 0 の通電耐久試験及び電極部 1 2 a、1 2 d 回りの温度測定とを実施した。

【 0 0 6 9 】

1. 抗折強度 ( 3 点曲げ強さ ) の測定

各セラミックヒータ 1 が折れやすいか折れにくいかを判断する方法として、J I S R 1 6 0 1 に準じた下記の抗折強度測定方法を実施した。各セラミックヒータ 1 単体を図 6 に示す通り、電極部 1 2 d を跨ぐ支持点 A、B ( スパン間  $12\text{mm}$  ) で支持し、クロスヘッド移動速度  $0.5\text{mm/分}$  で負荷点 P に荷重を付加した。測定時の雰囲気温度は常温である。このように荷重を付加する場所を決定した理由は、抗折強度に対する本発明の効果を明確にするために電極部 1 2 a、1 2 d が埋設された位置に対応する基体 1 3 の表面

が最も適しているからである。

【 0 0 7 0 】

## 2．通電耐久試験

各セラミックヒータ 1 と金属外筒 3 又は金属リング 1 8 との接続部分の耐久性を判断するため、各セラミックヒータ 1 に対して、通電状態と不通電状態とを繰り返す通電耐久試験を実施した。通電サイクルは、1 分間通電状態とした後、1 分間不通電状態とすることの繰り返しである。また、1 分間通電状態においては、セラミックヒータ 1 の先端部分は 1 3 5 0 ° C 程度に加熱される。

【 0 0 7 1 】

## 3．電極部回りの温度測定

上記通電耐久試験時における電極部 1 2 a、1 2 d の最高温度 ( ° C ) を測定した。

【 0 0 7 2 】

断面積 S 1 と断面積 S 2 との比を種々変えた場合における抗折強度試験、通電耐久試験及び電極部回りの測定温度の結果を表 2 に示す。

【 0 0 7 3 】

【表 2】

		抗折強度 (3 点曲げ) (MP a)	通電耐久 試験	電極部回り の温度 (° C)	判定
実 施 例	1 - 1	8 0 0	10000 サイクル OK	3 0 0	◎
	1 - 2	1 0 0 0	10000 サイクル OK	2 5 0	◎
	1 - 3	1 1 0 0	10000 サイクル OK	2 2 0	◎
比 較 例	1 - 1	1 1 5 0	3000 サイクル以下 NG	4 0 0	×
	1 - 2	1 1 3 0	4000 サイクル以下 NG	3 5 0	×

【 0 0 7 4 】

表 2 に示すように、実施例 1 - 1 ~ 1 - 3 のセラミックヒータ 1 は、抗折強度が 8 0 0 MP a 以上であり、十分な強度を有するとともに、通電耐久試験中に電極部 1 2 a、1 2 d が 3 0 0 ° C 以下にしか昇温せず、1 0 0 0 0 サイクルの耐久においても、電極部 1 2 a、1 2 d の劣化が見られない。実施例 1 - 1 ~ 1 - 3 のセラミックヒータ 1 の電極部 1 2 a、1 2 d が昇温し難いのは、電極部 1 2 a、1 2 d の電気抵抗値が通電部 1 2 b、1 2 c の電気抵抗値以下だからである。また、中軸 6 から金属リング 1 8 を介して一方の電極部 1 2 a に通電する接続部分と、主体金具 4 から金属外筒 3 を介して他方の電極部 1 2 d に通電する接続部分とを十分な大きさとしているため、それらの接続部分の電気抵抗値がセラミックヒータ 1 の通電経路の中で最も小さくなっているからである。このため、電極部 1 2 a、1 2 d は、金属外筒 3 や金属リング 1 8 との隙間によって万一外気の酸素と触れたとしても、酸化が抑制され、膨張が抑制されるのである。

【 0 0 7 5 】

一方、比較例 1 - 1、1 - 2 のセラミックヒータ 1 は、抗折強度が 1 1 3 0 MP a 以上であり、十分な強度を有していたものの、通電耐久試験の結果、電極部 1 2 a、1 2 d が 3 5 0 ° C 以上に昇温し、4 0 0 0 サイクル以下で電極部 1 2 a、1 2 d の劣化が見られるのである。比較例 1 - 1、1 - 2 のセラミックヒータ 1 の電極部 1 2 a、1 2 d が昇温し易いのは、電極部 1 2 a、1 2 d の電気抵抗値が通電部 1 2 b、1 2 c の電気抵抗値を超えているとともに、金属外筒 3 や金属リング 1 8 との接続部分が小さいからである。こ

のため、電極部 12 a、12 d は、金属外筒 3 や金属リング 18 との隙間によって万一外気の酸素と触れた場合、酸化が進行し、膨張を生じるのである。

【0076】

したがって、実施例 1 - 1 ~ 1 - 3 のセラミックヒータ 1 は、比較例 1 - 1、1 - 2 のセラミックヒータ 1 と比較し、長期間使用した場合でも高い耐久性を発揮できることがわかる。

【0077】

特に、実施例 1 - 2、1 - 3 のセラミックヒータ 1 は、断面積 S 1 と断面積 S 2 との比が 1.5 以上であることから、電極部 12 a、12 d の昇温が効果的に抑制され、抗折強度の低下を効果的に抑制できている。実施例 1 - 3 のセラミックヒータ 1 は、実施例 1 - 2 のセラミックヒータ 1 よりもさらに断面積 S 1 と断面積 S 2 との比が大きいことから、実施例 1 - 2 のセラミックヒータ 1 よりもこの効果が顕著である。

【0078】

ただし、むやみに電極部 12 a、12 d の断面積 S 1 を大きくした場合、セラミックヒータ 1 内での電極部 12 a、12 d と通電部 12 b、12 c との間の断面積変化が急激になり、通電部 12 b、12 c において断線を生じ、通電耐久性が低下するおそれがある。このため、電極部 12 a、12 d の断面積 S 1 は通電部 12 b、12 c の断面積 S 2 よりも 1 ~ 2 倍であることが好ましい。

【0079】

また、実施例 1 - 1 ~ 1 - 3 のセラミックヒータ 1 は、直径 3.3 mm と非常に細径のものであるにもかかわらず、上記作用効果を奏している。そのため、これらのセラミックヒータ 1 をグロープラグ 50 に採用すれば、グロープラグ 50 の細径化かつ高耐久により、高性能のディーゼルエンジンを実現することが可能となるのである。

【0080】

さらに、実施例 1 - 1 ~ 1 - 3 のセラミックヒータ 1 の製造方法では、成形型 90 における母線の合わせ面 91 a、92 a に対する傾斜角  $\alpha$  を 75° としているため、通電用成形体 4 の両突出部 52 a、52 d に割れや欠け等の欠陥が発生することを抑制できた。傾斜面 91 b、92 b の傾斜角  $\alpha$  を 65° から 85° で変化させた場合の結果を表 3 に示す。

【0081】

【表 3】

傾斜角 $\alpha$ (°)	65	70	75	80	85
製造過程	○	○	○	○	×
使用時	×	○	○	○	△

【0082】

表 3 に示すように、傾斜角  $\alpha$  が 80° より大きい角度で傾斜している場合には、傾斜面 91 b、92 b の抜き勾配が不十分となり易く、通電用成形体 40 の脱型を容易に実施できなくなっている。その結果、通電用成形体 40 の両突出部 52 a、52 d に割れや欠け等の欠陥が発生し易くなっている。また、傾斜角  $\alpha$  が 70° より小さい角度で傾斜している場合には、通電用成形体 40 の脱型を容易に実施できるが、合わせ面 91 a、91 b により稜線となる突出部 52 a、52 d の一部が尖って応力集中する傾向となり、通電用成形体の両突出部に割れや欠け等の欠陥が発生し易くなっている。

【0083】

他方、傾斜角  $\alpha$  が 70 ~ 80° の角度で傾斜している場合には、傾斜面 91 b、92 b が適度な抜き勾配を有しており、通電用成形体 40 の両突出部 52 a、52 d に割れや欠け等の欠陥が発生することを効果的に抑制することができている。このため、この通電用成形体 40 を用いて製造されたセラミックヒータ 1 自体の強度の低下や、電極部 12 a、

1 2 d の接触抵抗の増加も抑制することができている。

【 0 0 8 4 】

( 試験例 2 )

試験例 2 は、試験例 1 のセラミックヒータ 1 に関して、電極部 1 2 a、1 2 d の材料を変化させた場合、セラミックヒータ 1 が十分な抗折強度を有し、製造時或いは組み付け等の作業時の折損等を抑制することができるかどうかを評価するものである。なお、通電部 1 2 b、1 2 c は、電極部 1 2 a、1 2 d と同一材料からなる。試験例 2 は、実施例 2 - 1 ~ 2 - 8 及び比較例 2 - 1 ~ 2 - 9 で構成される。

【 0 0 8 5 】

実施例 2 - 1 ~ 2 - 8 及び比較例 2 - 1 ~ 2 - 9 のセラミックヒータ 1 では、表 4 に示す通り、電極部 1 2 a、1 2 d の材料である絶縁材料と WC との配合比並びに絶縁材料中の  $\text{SiO}_2$  及び  $\text{Er}_2\text{O}_3$  の含有率を変化させた。なお、セラミックヒータ 1 の構成、製造方法、セラミックヒータ 1 から製造されるグロープラグ 5 0 の構成等は、試験例 1 で説明した通りであるのでそれらの説明を省く。

【 0 0 8 6 】

【表 4】

		絶縁材料 (質量%)	WC (質量%)	絶縁材料中の ( $\text{SiO}_2 + \text{Er}_2\text{O}_3$ ) の含有率 (質量%) { ( $\text{SiO}_2 + \text{Er}_2\text{O}_3$ ) / 絶縁材料 }	(電極部の軸方向 の断面積) /(通電部の軸直角 方向の断面積) ( $S_1 / S_2$ )
実施例	2-1	35	65	15	1.5
	2-2	33	67	10	1.5
	2-3	33	67	15	1.0
	2-4	33	67	15	1.5
	2-5	33	67	15	2.0
	2-6	33	67	15	2.5
	2-7	33	67	20	1.5
	2-8	30	70	15	1.5
比較例	2-1	40	60	15	1.5
	2-2	37	63	15	1.5
	2-3	33	67	5	1.5
	2-4	33	67	8	1.5
	2-5	33	67	15	0.5
	2-6	33	67	22	1.5
	2-7	33	67	25	1.5
	2-8	28	72	15	1.5
	2-9	25	75	15	1.5

【 0 0 8 7 】

実施例 2 - 1 ~ 2 - 8 及び比較例 2 - 1 ~ 2 - 9 のセラミックヒータ 1 に対する抗折強度の測定と、実施例 2 - 1 ~ 2 - 8 及び比較例 2 - 1 ~ 2 - 9 のセラミックヒータ 1 を用いたグロープラグ 5 0 のシリンダヘッドへの組み付け試験及び通電耐久試験とを実施した。

【 0 0 8 8 】

シリンダヘッドへの組み付け試験については、下記の通りに実施した。すなわち、各セラミックヒータ 1 を用いたグロープラグ 5 0 をディーゼルエンジンに組み付ける際の折損等の不具合の発生の可能性を判断するため、実際にシリンダヘッドにインパクトレンチに

よって各グロープラグ50を締め付け、続いてセラミックヒータ1の導通性の確認を行った。インパクトレンチによる締め付け条件は、駆動エア圧0.5MPa(5kgf/cm<sup>2</sup>)により、5回繰り返して締め付けを実施するというものである。なお、抗折強度の測定及び通電耐久試験は、試験例1で説明した通りであるので、説明を省く。

【0089】

電極部12a、12dを構成する材料について、絶縁材料とWCとの配合比を種々変えた場合における抗折強度試験、組み付け試験及び通電耐久試験の結果を表5に示す。表5の実施例2-1、2-4、2-6及び比較例2-1、2-2、2-8、2-9は、絶縁材料100質量%中におけるSiO<sub>2</sub>及びEr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有率が15質量%である。

【0090】

【表5】

		絶縁材料 (質量%)	WC (質量%)	抗折強度 (3点曲げ) (MPa)	組付試験 (NG数)	通電耐久 試験
実施例	2-1	35	65	1100	0/10 NG	10000サイクル OK
	2-4	33	67	1000	0/10 NG	10000サイクル OK
	2-6	30	70	920	0/10 NG	10000サイクル OK
比較例	2-1	40	60	1200	0/10 NG	発熱不良
	2-2	37	63	1200	0/10 NG	発熱不良
	2-8	28	72	400	4/10 NG	——
	2-9	25	75	350	5/10 NG	——

【0091】

表5より、電極部12a、12dにおいて、WCの配合比が多い場合、セラミックヒータ1単体の抗折強度が低くなり、WCの配合比が減っていく場合、セラミックヒータ1単体の抗折強度が向上していくことがわかる。例えば、WCの配合比が72質量%の比較例2-8のセラミックヒータは、抗折強度が400MPaしかなく、組み付け試験において、インパクトレンチの締め付け荷重により内部が壊れる不具合が多発した。そのため、表5からわかる通り、WCの配合比は70質量%以下とすることが必要である。

【0092】

一方、WCの配合比が減りすぎると、比較例2-1又は比較例2-2に示すように、電極部12a、12dの電気抵抗値が増加し、通電耐久試験において発熱不良が発生する等、セラミックヒータ1としての機能を発揮できなくなる。そのため、表5からわかる通り、WCの配合比は65質量%以上とすることが必要である。

【0093】

次に、絶縁材料100質量%中におけるSiO<sub>2</sub>及びEr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有率(質量%)を種々変えた場合における抗折強度試験、組み付け試験及び通電耐久試験の結果を表6に示す。表6に示す実施例2-1、2-4、2-7及び比較例2-3、2-4、2-6、2-7では、上記で導き出したWCの望ましい配合比の範囲である65~70質量%の範囲に入るように、WCの配合比を設定した。具体的には、WCの配合比を67質量%とした。また、表5の実施例2-1、2-4、2-7及び比較例2-3、2-4、2-6、2-7は

、電極部 1 2 a、1 2 d の軸方向の断面積 S 1 / 通電部 1 2 b、1 2 c の軸直角方向の断面積 S 2 が 1 . 5 の場合である。

【 0 0 9 4 】

【表 6】

		絶縁材料中の ( $\text{SiO}_2 + \text{Er}_2\text{O}_3$ ) の含有率 (質量%) { ( $\text{SiO}_2 + \text{Er}_2\text{O}_3$ ) / 絶縁材料 }	抗折強度 (3 点曲げ) (MP a)	組付試験 (NG 数)	通電耐久 試験
実 施 例	2-2	10	920	0/10 NG	10000 サイクル OK
	2-4	15	1000	0/10 NG	10000 サイクル OK
	2-7	20	980	0/10 NG	10000 サイクル OK
比 較 例	2-3	5	300	5/10 NG	———
	2-4	8	400	5/10 NG	———
	2-6	22	750	0/10 NG	5000 サイクル NG
	2-7	25	830	0/10 NG	6000 サイクル NG

【 0 0 9 5 】

その結果、比較例 2 - 3 及び比較例 2 - 4 に示すように、 $\text{SiO}_2$  及び  $\text{Er}_2\text{O}_3$  の含有率が 10 質量% 未満しか含まれていないと、WC の配合比を前述した望ましい範囲内に設定しても、電極部 1 2 a、1 2 d の緻密化が不十分となり、セラミックヒータ 1 単体の抗折強度が 400 MP a 以下と大幅に低下した。さらに、この場合、組み付け試験において、インパクトレンチの締め付け荷重によってセラミックヒータ 1 自体が壊れる不具合が多発した。

【 0 0 9 6 】

逆に、 $\text{SiO}_2$  及び  $\text{Er}_2\text{O}_3$  の含有率を多くしていくと、実施例 2 - 4 に示すように、抗折強度がピークに達した後、再び低下し始めるという結果になった。

【 0 0 9 7 】

また、比較例 2 - 6 及び比較例 2 - 7 に示すように、 $\text{SiO}_2$  及び  $\text{Er}_2\text{O}_3$  の含有率が 20 質量% を超える場合、抗折強度自体はまだ 800 MP a 前後あり、組み付け試験でも、セラミックヒータ 1 の破損等の不具合は生じていない。しかし、 $\text{SiO}_2$  及び  $\text{Er}_2\text{O}_3$  の含有率が多くなることによって、ガラス成分の増加等による強度低下及び耐熱性の不足という新たな問題が顕著になってくる。実際、比較例 2 - 6 及び比較例 2 - 7 では、高温状況化での通電耐久試験において、5000 ~ 6000 サイクル程度で不具合が発生した。

【 0 0 9 8 】

そのため、表 6 からわかる通り、絶縁材料中に含有される  $\text{SiO}_2$  及び  $\text{Er}_2\text{O}_3$  の含有率は 10 ~ 20 質量% の範囲内とすることが必要なのである。

【 0 0 9 9 】

したがって、セラミックヒータ 1 においては、電極部 1 2 a、1 2 d を窒化珪素質の絶縁材料が 30 ~ 35 質量% 及び WC が 65 ~ 70 質量% からなる焼結体とし、かつ  $\text{SiO}_2$  及び  $\text{Er}_2\text{O}_3$  が 10 ~ 20 質量% 含まれる絶縁材料とすることにより、焼結体からなる電極部 1 2 a、1 2 d 自体の強度を向上させることができる。こうして、この種のセラミ

ックヒータは、十分な抗折強度を有し、製造時或いは組み付け等の作業時の折損等を抑制することができるのである。

【 0 1 0 0 】

また、各セラミックヒータ 1 の電極部 1 2 a、1 2 d と金属外筒 3 又は金属リング 1 8 との接続部分について、シリンダヘッドへの組み付け等の作業時に断線等の不具合を生じないかどうかを確認するため、断面積  $S_1$  / 断面積  $S_2$  を 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 と変えて検討した。結果を表 7 に示す。

【 0 1 0 1 】

【表 7】

		(電極部の軸方向 の断面積) ／ (通電部の軸直角 方向の断面積) ( $S_1/S_2$ )	抗折強度 (3点曲げ) (MPa)	組付試験 (NG数)	通電耐久 試験
実施 例	2-3	1.0	800	0/10 NG	10000 サイクル OK
	2-4	1.5	1000	0/10 NG	10000 サイクル OK
	2-5	2.0	1100	0/10 NG	10000 サイクル OK
	2-6	2.5	1150	0/10 NG	※参考値 3000 サイクル NG
比較 例	2-5	0.5	700	1/10 NG	——

【 0 1 0 2 】

表 7 に示す実施例 2 - 3、2 - 4、2 - 5、2 - 6 及び比較例 2 - 5 では、上記で導き出した WC の望ましい配合比の範囲である 65 ~ 70 質量 % の範囲に入るように、WC の配合比を設定した。具体的には、WC の配合比は 67 質量 % である。また、表 7 の実施例 2 - 3、2 - 4、2 - 5、2 - 6 及び比較例 2 - 5 は、上記で導き出した  $SiO_2$  及び  $Er_2O_3$  の望ましい含有率の範囲である 10 ~ 20 質量 % の範囲に入るように、 $SiO_2$  及び  $Er_2O_3$  の含有率を設定した。具体的には、絶縁材料 100 質量 % 中における  $SiO_2$  及び  $Er_2O_3$  の含有率が 15 質量 % である。

【 0 1 0 3 】

表 7 より、比較例 2 - 5 のように、電極部 1 2 a、1 2 d の断面積  $S_1$  が通電部 1 2 b、1 2 c の断面積  $S_2$  に対して小さいと、電極部 1 2 a、1 2 d と金属外筒 3 又は金属リング 1 8 との接続部分が小さく、組み付け時の衝撃やひずみにより、接続部分の断線が生じるおそれが高くなる。また、この場合、接続部分が小さいことによる局所的な発熱も問題になる。実際、比較例 2 - 5 では、組み付け試験において、接続部分が弱いため、組み付け時の衝撃により断線して NG が発生している。

【 0 1 0 4 】

それに対して、実施例 2 - 3 ~ 2 - 6 のように、電極部 1 2 a、1 2 d の断面積  $S_1$  を通電部 1 2 b、1 2 c の断面積  $S_2$  以上とすることで、電極部 1 2 a、1 2 d の電気抵抗値が通電部 1 2 b、1 2 c の電気抵抗値以下となるとともに、電極部 1 2 a、1 2 d と金

10

20

30

40

50



属外筒 3 又は金属リング 18 との接続部分を十分な大きさとすることができ、組み付け時の衝撃やひずみに対しても、接続部分の断線のおそれをなくすることができている。

#### 【0105】

ただし、むやみに電極部 12a、12d の断面積 S1 を大きくした場合、セラミックヒータ 1 内での電極部 12a、12d と通電部 12b、12c との間の断面積変化が急激になり、例えば実施例 2 - 6 のように、通電部 12b、12c において断線を生じ、通電耐久性が低下することもある。このため、電極部 12a、12d の断面積 S1 は通電部 12b、12c の断面積 S2 よりも 1 ~ 2 倍であることが好ましい。

#### 【0106】

これらの結果により、実施例 2 - 3 ~ 2 - 6 のセラミックヒータ 1 は、電極部 12a、12d の断面積 S1 を通電部 12b、12c の軸方向の断面積 S2 以上としているため、電極部 12a、12d と金属外筒 3 又は金属リング 18 との接続部分について、シリンダヘッドへの組み付け等の作業時に断線等の不具合を生じることを抑制できている。このため、このセラミックヒータ 1 が適用されたグロープラグ 50 についても、通電不良等の不具合も防止できることがわかる。

#### 【0107】

なお、本発明は、上記のように、少なくとも通電部 12b、12c 及び電極部 12a、12d を射出成形したセラミックヒータ 1 に限られず、少なくとも通電部 12b、12c 及び電極部 12a、12d を金属リード線としたセラミックヒータにも適用可能である。

#### 【0108】

また、本発明のセラミックヒータは、図に示した通電部 12b、12c 及び電極部 12a、12d や抵抗体 11 の形状等は実施形態にすぎず、なんら制約されるものではない。また、主体金具 4 や中軸 6 とセラミックヒータ 1 との配線方法や組み付け方法に関しても、各種の一般的方法を選択することが可能である。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0109】

本発明はグロープラグに利用可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0110】

【図 1】試験例 1、2 のセラミックヒータを適用したグロープラグの断面図である。

【図 2】試験例 1、2 のセラミックヒータを適用したグロープラグの要部拡大断面図である。

【図 3】試験例 1、2 のセラミックヒータの製造工程の一部を示す斜視図である。

【図 4】試験例 1、2 のセラミックヒータに係り、第 1 型及び第 2 型の要部拡大断面図である。

【図 5】試験例 1、2 のセラミックヒータに係り、図 (A) は通電部の断面図、図 (B) は電極部の断面図、図 (C) は電極部の側面図である。

【図 6】試験例 1、2 のセラミックヒータの断面図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0111】

1 ... セラミックヒータ

4 ... 主体金具

6 ... 中軸

11 ... 抵抗体

12b、12c ... 通電部

12a、12d ... 電極部

13 ... 基体

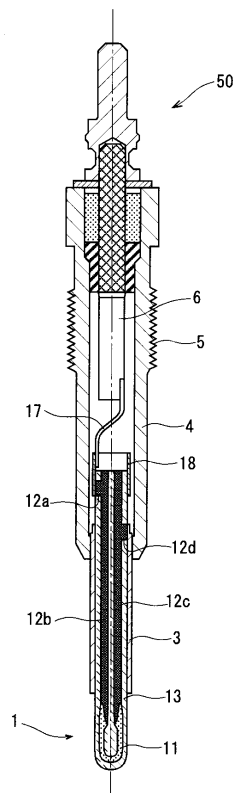
30 ... 複合成形体

36、37 ... 基体用成形体 (36 ... 第 2 基体用成形体、37 ... 第 1 基体用成形体)

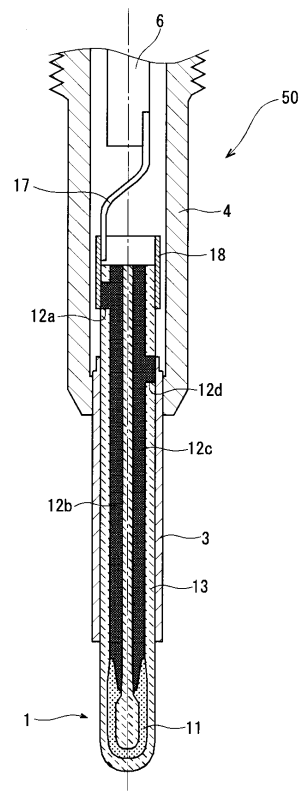
40 ... 通電用成形体

- 5 0 ... グロープラグ
- 5 1 ... 第 1 成形体
- 5 2 ... 第 2 成形体
- 5 2 a、5 2 d ... 突出部
- 5 2 b、5 2 c ... 棒状部
- 9 0 ... 成型型
- 9 1 ... 第 1 型
- 9 2 ... 第 2 型
- 9 1 a、9 2 a ... 合わせ面
- 9 1 b、9 2 b ... 傾斜面
- 9 3 ... キャビティ
- S 1 ... 電極部の軸方向の断面積
- S 2 ... 通電部の軸直角方向の断面積
- ... 傾斜面の母線の合わせ面に対する傾斜角

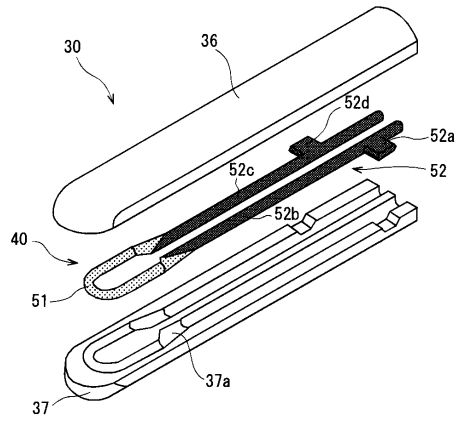
【図 1】



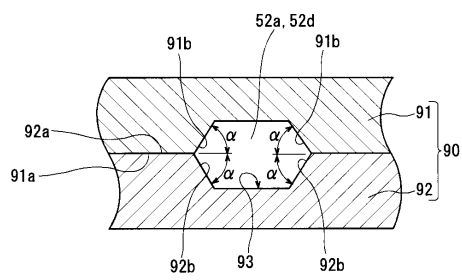
【図 2】



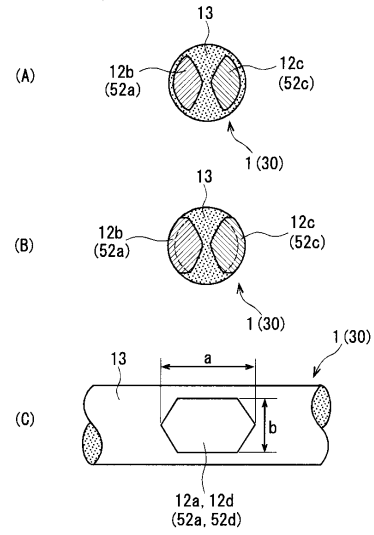
【図 3】



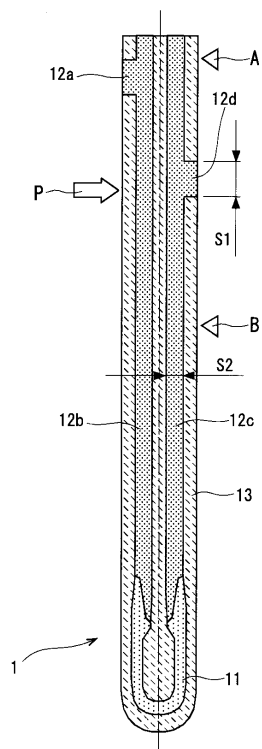
【図 4】



【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 松井 隆広

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 佐藤 正浩

(56)参考文献 実開平02-020293(JP,U)

特開昭62-073587(JP,A)

特開2002-270339(JP,A)

特開2003-068433(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05B 3/03

F23Q 7/00

H05B 3/10

H05B 3/48