



(11)

EP 2 118 973 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.05.2010 Patentblatt 2010/19

(51) Int Cl.:
H01T 13/38 ^(2006.01) **H01T 21/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07856717.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2007/010974

(22) Anmeldetag: **13.12.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/074438 (26.06.2008 Gazette 2008/26)

(54) **ZÜNDKERZE MIT EINEM ISOLATOR AUS HOCHREINER ALUMINIUMOXID-KERAMIK**

SPARK PLUG AND INSULATOR COMPOSED OF HIGH-PURITY ALUMINIUM OXIDE CERAMIC

BOUGIE AVEC UN ISOLANT EN CÉRAMIQUE D'OXYDE D'ALUMINIUM À HAUTE PURETÉ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR

- **MARTIN, Knoch**
96450 Coburg (DE)
- **KLAUS, Stetter**
96242 Sonnefeld (DE)

(30) Priorität: **20.12.2006 DE 102006061907**

(74) Vertreter: **Twelmeier, Ulrich**
Twelmeier Mommer & Partner
Westliche 56-68
75172 Pforzheim (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.11.2009 Patentblatt 2009/47

(73) Patentinhaber: **Beru Aktiengesellschaft**
71636 Ludwigsburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 954 074 EP-A- 1 276 190

(72) Erfinder:
• **WERNER, Niessner**
71711 Steinheim (DE)

EP 2 118 973 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung geht von einer Zündkerze mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen aus. Eine solche Zündkerze ist aus der EP 0 954 074 B1 bekannt.

[0002] Fortschrittliche Ottomotoren benötigen im Zylinderkopf mehr Platz für Einlassventile und Auslassventile und das ist eine Ursache dafür, dass heute Zündkerzen mit kleinerem Durchmesser als früher gefordert werden. Schlankere Zündkerzen benötigen einen schlankeren Isolator. Das wiederum bedingt höhere Anforderungen an die mechanische Festigkeit und die elektrische Isolationsfähigkeit, namentlich die elektrische Durchschlagsfestigkeit, des in der Zündkerze vorhandenen Isolators, welcher üblicherweise aus einer Aluminiumoxid-Keramik besteht.

[0003] Die JP-A 63-190753 offenbart einen Isolator aus einer Aluminiumoxid-Keramik, welche durch Mischen von 95 Gew.-% Aluminiumoxidpulver mit einer mittleren Teilchengröße von 0,1 μm bis 0,5 μm mit Yttriumoxid, Magnesiumoxid und Lanthanoxid, Pressen und Sintern bei flüssiger Phase hergestellt wird. Das Yttriumoxid, das Magnesiumoxid und das Lanthanoxid machen zusammengekommen 5 Gew.-% der Mischung aus und dienen als Sinterhilfe, indem sie beim Sintern zu einer flüssigen Phase führen, deren Schmelzpunkt weit unter dem Schmelzpunkt des Aluminiumoxids liegt. Die flüssige Phase breitet sich an den Grenzen der Aluminiumoxidpartikel aus und soll deren Wachstum beim Sintervorgang hemmen, so dass der gesinterte Isolator noch immer eine sehr feinteilige Struktur aufweist. Die durch die Sinterhilfsmittel bewahrte feine Struktur führt nach der Offenbarung der JP-A 63-190753 zu einer Verlängerung der entlang der Grenzen der Aluminiumoxidpartikel verlaufenden, mit den Sinterhilfsmitteln angereicherten Wege, über welche sich beim Spannungsdurchbruch elektrische Ladungen bewegen würden, und führt damit zu einer Erhöhung der elektrischen Durchschlagsfestigkeit des Isolators. Einen gegenteiligen Einfluss auf die elektrische Durchschlagsfestigkeit haben allerdings die feinen Poren, die in dem fein strukturierten gesinterten Isolator besonders zahlreich vorhanden sind und deren Anzahl mit zunehmendem Gehalt von Aluminiumoxid im Isolator steigt, weil gleichzeitig der Anteil der Sinterhilfsmittel, die durch die Bildung einer flüssigen Phase die Poren schließen könnten, abnimmt.

[0004] Um dieser Schwierigkeit zu entgehen offenbart die EP 0 954 074 B1 eine Zündkerze mit einem Isolator, der zwar mit 95 Gew.-% bis 99,7 Gew.-% Aluminiumoxid einen höheren Aluminiumoxidgehalt hat als der aus der JP-A 63-190753 bekannte Isolator, zur Verringerung der Anzahl der Poren aber die feinteilige Werkstoffstruktur des Isolators aus der JP-A 63-190753 vermeidet und stattdessen vorsieht, dass mindestens die Hälfte des Isolators von Aluminiumoxidteilchen mit einer Teilchengröße von nicht weniger als 20 μm gebildet wird. Hergestellt wird dieser Isolator, indem Aluminiumoxidpulver mit ei-

ner mittleren Teilchengröße von nicht mehr als 1 μm mit 0,3 bis 5 Gew.-% eines Sinterhilfsmittels gemischt, gepresst und bei einer Temperatur zwischen 1.450° C und 1.700° C bei flüssiger Phase gesintert wird. Das Sinterhilfsmittel ist so ausgewählt, dass es das Wachstum der Aluminiumoxid-Pulverteilchen beim Sintern nicht behindert. Der Sintervorgang findet so lange statt, bis mindestens die Hälfte des Aluminiumoxids zu Teilchen mit einer Größe von 20 μm oder mehr gewachsen ist. Das Sinterhilfsmittel bildet beim Sintern eine flüssige Phase, welche ein kleines Porenvolumen begünstigen soll.

[0005] Nach der Offenbarung der EP 0 954 074 B1 erreicht man damit bei einem Isolator für eine Zündkerze eine Durchschlagsfestigkeit von z. B. 37 kV, weil das Teilchenwachstum zum einen die Anzahl der Teilchengrenzen, entlang von welchen sich ein elektrischer Spannungsdurchbruch fortpflanzen kann, verringert habe und weil sich andererseits auch die Anzahl von Tripelpunkten in den Teilchengrenzen verringert habe, in welchen sich die von den Sinterhilfen gebildeten Glasphasen bevorzugt ablagern und von welchen Spannungsdurchbrüche bevorzugt ihren Ausgang nehmen.

[0006] Zum Vergleich wurde in der EP 0 954 074 B1 ein Isolator aus 100 % Aluminiumoxid mit einer Reinheit von 99,9 % untersucht und festgestellt, dass er - bei einem Test unter Öl - die mit Abstand niedrigste Durchbruchsspannung, die höchste Anzahl Poren und den mit Abstand geringsten Isolationswiderstand aufwies, weshalb er als ungeeignet angesehen wurde.

[0007] Die vorliegende Erfindung bezweckt eine weitere Verbesserung der elektrischen Durchschlagsfestigkeit des Isolators in Zündkerzen sowohl bei Raumtemperatur als auch insbesondere bei den hohen Temperaturen, welche bei betriebswarmem Ottomotor auftreten.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Zündkerze mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0009] Die erfindungsgemäße Zündkerze hat einen Isolator, der 0,01 Gew.-% bis 1 Gew.-% Magnesiumoxid, höchstens 0,3 Gew.-% natürliche und/oder durch den Herstellungsprozess bedingte Verunreinigungen und zum Rest Aluminiumoxid enthält und durch Festphasensintern gebildet ist, so dass er weitestgehend frei von Glasphasen ist.

[0010] Überraschenderweise hat es sich gezeigt, dass Zündkerzen mit einem solchen Isolator gegenüber dem Stand der Technik wesentliche Vorteile haben:

- Die Spannungsfestigkeit des Isolators ist höher als im Stand der Technik. Bei Zimmertemperatur wurden Durchbruchsspannungen von 50 kV/mm und mehr gemessen. Das erlaubt die Herstellung von Zündkerzen, deren Isolator nur noch eine Wandstärke von 0,8 mm und damit eine Durchbruchsspannung von 40 kV und mehr hat.
- Die hohe Spannungsfestigkeit bleibt bei den Arbeitstemperaturen bis 900° C, welche bei betriebs-

warmem Ottomotor auftreten, erhalten.

- Die Isolatoren zeigen eine erhöhte mechanische Festigkeit, insbesondere eine erhöhte Biegefestigkeit und Biegeweichselfestigkeit.
- Die Isolatoren haben gegenüber den Isolatoren in herkömmlichen Zündkerzen eine um bis zu 15 % höhere Wärmeleitfähigkeit. Das macht es möglich, den Isolatorfuß der Zündkerze, das ist der in den Zylinder des Ottomotors ragende Abschnitt des Isolators, zu verlängern, ohne den Wärmewert zu erhöhen. Der Vorteil einer solchen Isolatorfußverlängerung ist eine Erhöhung des elektrischen Nebenschlusswiderstandes der Zündkerze und dadurch eine deutliche Verbesserung der Zündfähigkeit bei Kaltstarts und bei Wiederholstarts.
- Der Isolator der erfindungsgemäßen Zündkerze zeigt eine höhere chemische Beständigkeit und trägt somit zu einer Erhöhung der Lebensdauer der Zündkerze bei.
- Die erhöhte Spannungsfestigkeit ermöglicht dünnere Isolatoren und damit schlankere Zündkerzen. Schlankere Zündkerzen erlauben engere Einschraubgewinde, z. B. Gewinde der Größe M12 und M10, und schaffen dadurch im Zylinderkopf mehr Platz für Einlassventile und Auslassventile des Motors.

[0011] Vorzugsweise enthält der Isolator der neuen Zündkerze 0,03 Gew.-% bis 0,15 Gew.-% Magnesiumoxid. Bereits geringe Zugaben von Magnesiumoxid vermindern das Kristallwachstum des Aluminiumoxids beim Festphasensintern. Ab einem Gehalt von 0,03 Gew.-% wird dieser Effekt technisch bedeutsam. Bei einem Gehalt von mehr als 0,15 Gew.-% Magnesiumoxid wird diese Wirkung nicht mehr signifikant erhöht.

[0012] Außer Aluminiumoxid und Magnesiumoxid enthält der Isolator nur noch natürliche und/oder prozessbedingte Verunreinigungen. Insbesondere verzichtet die Erfindung auf das Zusetzen irgendwelcher Sinterhilfsmittel wie Natriumoxid, Yttriumoxid, Lanthanoxid, Siliziumoxid, Bariumoxid, Boroxid und dergleichen, welche bei Temperaturen, bei welchen Aluminiumoxid in fester Phase gesintert werden kann, eine flüssige Phase bilden würden, aus welcher nach dem Erstarren eine Glasphase würde. Etwaige minimale Glasphasen, welche in einem erfindungsgemäßen Isolator nachweisbar sein mögen, können deshalb nur von den im Aluminiumoxid vorhandenen natürlichen und/oder prozessbedingten Verunreinigungen stammen. In diesem Sinne wird die Angabe im Patentanspruch 1 verstanden, dass der Isolator weitestgehend frei von Glasphasen sein soll.

[0013] Vorzugsweise enthält der Isolator der erfindungsgemäßen Zündkerze mehr als 99,7 Gew.-% Aluminiumoxid. In diesem Fall werden von den verbliebenen Verunreinigungen verursachte Glasphasen die elektrische Durchschlagsfestigkeit des Isolators nicht mehr spürbar beeinträchtigen können.

[0014] Für den Isolator einer erfindungsgemäßen

Zündkerze wird eine Dichte von mindestens $3,85 \text{ g cm}^{-3}$ bevorzugt. Eine solche hohe Dichte lässt sich erreichen, wenn man von einem sehr feinen Aluminiumoxidpulver ausgeht, welches vorzugsweise eine mittlere Teilchengröße von weniger als $1 \text{ }\mu\text{m}$ aufweist, wenn man die Isolatorrohlinge vor dem Sintern hinreichend verdichtet, insbesondere durch isostatisches Pressen, und wenn man die Sinter Temperatur und die Sinterdauer so aufeinander abstimmt, dass ein Isolator erhalten wird, in welchem 90 Gew.-% des Aluminiumoxids mit Teilchengrößen von kleiner als $5 \text{ }\mu\text{m}$, noch besser mit Teilchengrößen von kleiner als $3 \text{ }\mu\text{m}$ vorliegen. Als Temperatur für das Festphasensintern eignet sich eine Temperatur im Bereich von 1.600° C bis 1.700° C , also deutlich unterhalb der Schmelztemperatur von Aluminiumoxid, welche oberhalb von 2.000° liegt.

[0015] Figur 1 zeigt in einer teilweise geschnittenen Seitenansicht den typischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Zündkerze, welche eine Mittelelektrode 1 und in ihrer Verlängerung einen Zündstift 2 hat, welche sich mit Abstand hintereinander in einem erfindungsgemäßen Isolator 4 befinden, nämlich in einem längs verlaufenden Kanal, in welchem sie durch eine elektrisch leitende Glasphase 3 miteinander verbunden sind. Der Isolator 4 steckt in einem metallischen Körper 5, in welchem er durch Bördeln und Elektrostauchen festgelegt ist. Am Körper 5 ist eine Masseelektrode 6 angebracht, welche zur Mittelelektrode 1 hin gebogen ist und dieser unter Bildung eines Entladespaltes mit definiertem Abstand gegenüberliegt.

[0016] Der Isolator besteht z. B. aus 99,8 Gew.-% Aluminiumoxid, ca. 0,1 Gew.-% Magnesiumoxid und zum Rest aus natürlichen und/oder prozessbedingten Verunreinigungen. Er ist durch Festphasensintern gebildet und enthält keine röntgenographisch nachweisbare glashaltige Sekundärphase.

[0017] Der erfindungsgemäße Isolator lässt sich in bekannter Art und Weise in den Körper 5 der Zündkerze montieren, so dass vorhandene Fertigungseinrichtungen und Verfahren für die Montage des Isolators 4 ebenso wie der Mittelelektrode 1 und des Zündstiftes 2 verwendet werden können. Die erforderliche Keramik-Metallverbindung wird mittels eines elektrisch leitenden Kompositglases bewirkt. Die elektrisch leitende Glasmasse 3 stellt den elektrischen Anschluss zwischen der Mittelelektrode 1 und dem Zündstift 2 sicher und hat darüber hinaus die Aufgabe, die Mittelelektrode 1 druckdicht in den Isolator 4 einzubringen.

50 Bezugszahlenliste:

55 [0018]

1. Mittelelektrode
2. Zündstift
3. Glasphase
4. Isolator
5. Körper

6. Masseelektrode

formed by solid-phase sintering so that it is very largely free from glass phases.

Patentansprüche

1. Zündkerze für Ottomotoren mit einem metallischen Zündkerzenkörper (5), mit einer Mittelelektrode (1), mit einem zwischen der Mittelelektrode (1) und dem Körper (5) angeordneten keramischen Isolator (4) auf der Basis von Aluminiumoxid und mit wenigstens einer Masseelektrode (6), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Isolator (4) 0,01 Gew.-% bis 1 Gew.-% Magnesiumoxid, höchstens 0,3 Gew.-% natürliche und/oder prozessbedingte Verunreinigungen und zum Rest Aluminiumoxid enthält und durch Festphasensintern gebildet ist, so dass er weitestgehend frei von Glasphasen ist.
2. Zündkerze nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt an Magnesiumoxid 0,03 Gew.-% bis 0,15 Gew.-% beträgt.
3. Zündkerze nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Isolator (4) mehr als 99,7 Gew.-% Aluminiumoxid enthält.
4. Zündkerze nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Isolator (4) eine Dichte von mindestens $3,85 \text{ g cm}^{-3}$ aufweist.
5. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Isolator (4) eine Dichte von $3,90 \pm 0,02 \text{ g cm}^{-3}$ aufweist.
6. Zündkerze nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Isolator (4) 90 Gew.-% des Aluminiumoxids mit Kristallitgrößen von kleiner als $5 \mu\text{m}$ (mittlerer Durchmesser) vorliegen.
7. Zündkerze nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Isolator (4) 90 Gew.-% des Aluminiumoxids mit Kristallitgrößen von kleiner als $3 \mu\text{m}$ vorliegen.

Claims

1. Spark plug for Otto-cycle engines having a metallic spark plug body (5), a central electrode (1), a ceramic insulator (4), which is arranged between the central electrode (1) and the body (5) and is based on aluminium oxide, and at least one ground electrode (6), **characterized in that** the insulator (4) contains 0.01 % by weight to 1 % by weight of magnesium oxide, a maximum of 0.3 % by weight of natural impurities and/or impurities resulting from the production process, the rest being aluminium oxide, and which is

2. The spark plug as defined in Claim 1, **characterized in that** the content of magnesium oxide is 0.03 % by weight to 0.15 % by weight.
3. The spark plug as defined in Claim 1 or Claim 2, **characterized in that** the insulator (4) contains more than 99.7 % by weight of aluminium oxide.
4. The spark plug as defined in any of the preceding claims, **characterized in that** the insulator (4) has a density of at least 3.85 g cm^{-3} .
5. The spark plug as defined in any of Claims 1 to 3, **characterized in that** the insulator (4) has a density of $3.90 \text{ g cm}^{-3} \pm 0.02 \text{ g cm}^{-3}$.
6. The spark plug as defined in any of the preceding claims, **characterized in that** 90 % by weight of the aluminium oxide present in the insulator (4) have crystallite sizes of less than $5 \mu\text{m}$ (mean diameter).
7. The spark plug as defined in Claim 6, **characterized in that** 90 % by weight of the aluminium oxide present in the insulator (4) have crystallite sizes of less than $3 \mu\text{m}$.

Revendications

1. Bougie d'allumage pour des moteurs à allumage par étincelle comprenant un corps métallique de bougie d'allumage (5), une électrode centrale (1), un isolateur en céramique (4) disposé entre l'électrode centrale (1) et le corps (5), à base d'oxyde d'aluminium, et comprenant au moins une électrode de masse (6), **caractérisée en ce que** l'isolateur (4) contient de l'oxyde de magnésium à concurrence de 0,01 % en poids à 1 % en poids, des impuretés naturelles et/ou liées aux processus à concurrence maximale de 0,3 % en poids, et pour le reste de l'oxyde d'aluminium, et est obtenu par frittage en phase solide, si bien qu'elle est très largement exempte de phases verre.
2. Bougie d'allumage selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la teneur en oxyde de magnésium s'élève de 0,03 % en poids à 0,15 % en poids.
3. Bougie d'allumage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'isolateur (4) contient de l'oxyde d'aluminium à concurrence de plus de 99,7 % en poids.
4. Bougie d'allumage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**

l'isolateur (4) présente une densité d'au moins 3,85 g/cm⁻³.

5. Bougie d'allumage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** l'isolateur (4) présente une densité de $3,90 \pm 0,02$ g/cm⁻³. 5
6. Bougie d'allumage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**, dans l'isolateur (4), sont présents 90 % en poids de l'oxyde d'aluminium avec des dimensions de cristallite inférieures à 5 µm (diamètre moyen). 10
7. Bougie d'allumage selon la revendication 6, **caractérisée en ce que**, dans l'isolateur (4), sont présents 90 % en poids de l'oxyde d'aluminium avec des dimensions de cristallite inférieures à 3 µm. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

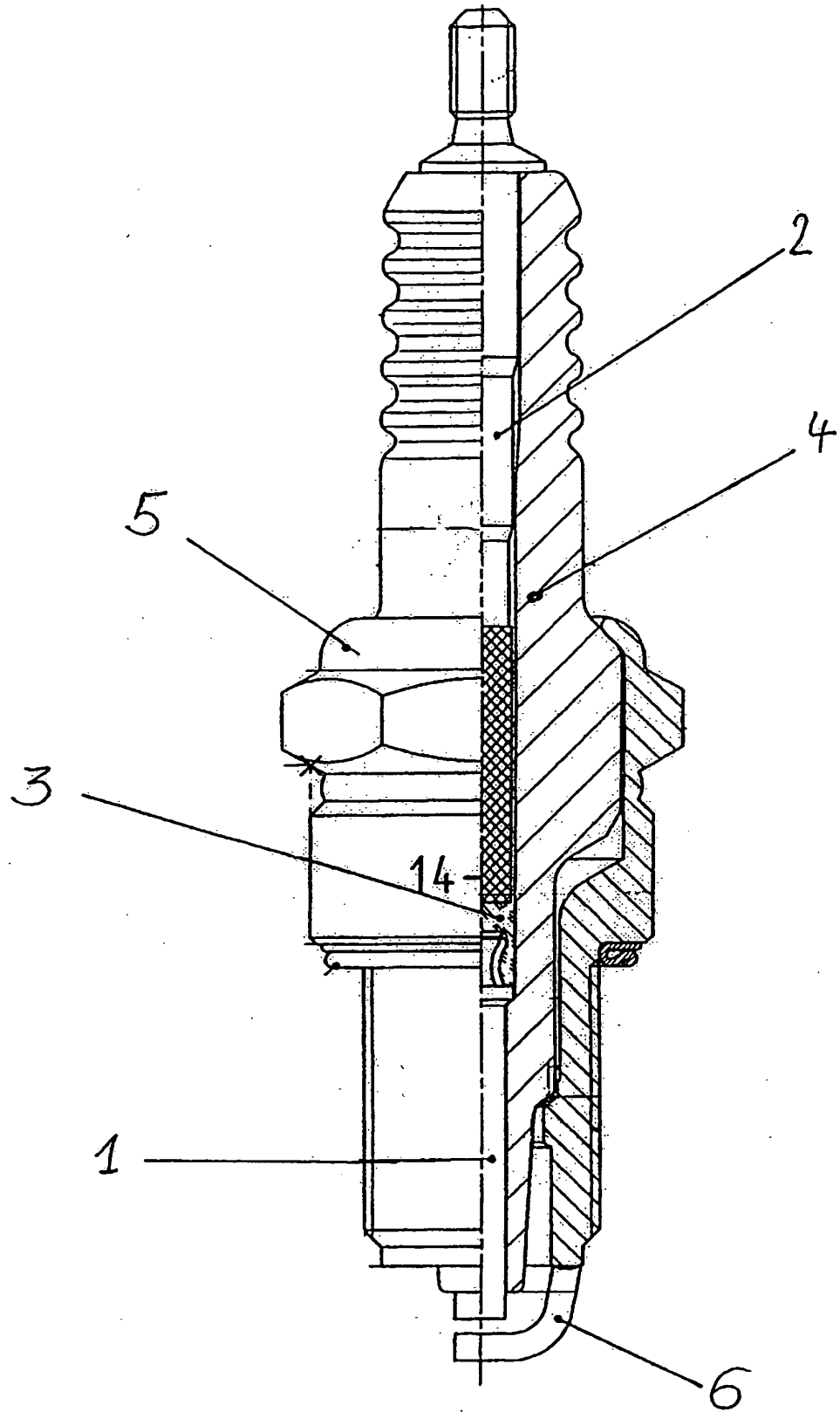


Fig. 1

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0954074 B1 [0001] [0004] [0005] [0006]
- JP 63190753 A [0003] [0004]