



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 865 177**

⑮ Int. Cl.:

**H01T 13/16** (2006.01)  
**H01T 13/20** (2006.01)  
**H01T 13/39** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑥ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.12.2015 PCT/EP2015/078538**

⑦ Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2016 WO16096462**

⑨ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2015 E 15804147 (5)**

⑩ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.02.2021 EP 3235079**

⑮ Título: **Bujías de encendido con electrodo central**

⑩ Prioridad:

**16.12.2014 DE 102014226107**

⑮ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**15.10.2021**

⑮ Titular/es:

**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)  
Postfach 30 02 20  
70442 Stuttgart, DE**

⑮ Inventor/es:

**ROECKELEIN, MANFRED y  
BENZ, ANDREAS**

⑮ Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 865 177 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Bujías de encendido con electrodo central

Estado del arte

5 La presente invención hace referencia a una bujía de encendido según el preámbulo de la reivindicación independiente.

10 Debido a la creciente reducción del espacio de construcción en el espacio del motor, para los componentes individuales, como por ejemplo la bujía de encendido, en el espacio del motor se dispone de menos espacio y los componentes en el espacio del motor deben reducirse. Mediante la tendencia al así denominado downsizing (miniaturización) de los componentes se presentan nuevos desafíos en la construcción de los componentes y de la bujía de encendido.

15 Mediante la miniaturización de la bujía de encendido y de sus componentes aumenta la carga térmica, eléctrica y mecánica con respecto a la bujía de encendido y a sus componentes individuales. Al mismo tiempo, la bujía de encendido debe presentar igualmente una buena fiabilidad del encendido e igualmente una vida útil prolongada como las bujías de encendido anteriores, no sometidas a la miniaturización.

20 15 En la solicitud DE 10 2004 044 152 A1 se describe una bujía de encendido según el preámbulo de la reivindicación 1.

Descripción de la invención

25 Una adaptación del aislador y del electrodo central a las nuevas exigencias que se presentan debido a la miniaturización se trata de un desafío. El aislador, debido a su naturaleza mecánica, en comparación con los componentes metálicos, es el componente más sensible en la bujía de encendido en cuanto a cargas mecánicas y eléctricas.

30 25 Los estudios de la parte solicitante han demostrado que en el caso de bujías de encendido con una carcasa, un aislador dispuesto en la carcasa, un electrodo central dispuesto en el aislador y un electrodo de masa dispuesto en la carcasa, donde el electrodo de masa y el electrodo central están dispuestos uno con respecto a otro de manera que el electrodo de masa y el electrodo central conforman un espacio de ignición, y donde el electrodo central, con una cabeza del electrodo, se apoya sobre un asiento realizado sobre un lado interno del aislador, y donde el electrodo central presenta un cuerpo base del electrodo y un núcleo dispuesto en el cuerpo base del electrodo, donde el núcleo se compone de un material que posee una conductividad térmica más elevada que el material del cuerpo base del electrodo, para garantizar la estabilidad mecánica y eléctrica del aislador, no debe alcanzarse un valor inferior a un grosor de la pared mínimo. Debe alcanzarse un grado óptimo entre la estabilidad y la disipación térmica del aislador, por una parte, y la disipación térmica de la bujía de encendido, en conjunto, así como de la vida útil de la bujía de encendido, por otra parte

35 El objeto de la presente invención consiste en proporcionar una bujía de encendido que pueda cumplir con las exigencias mencionadas en la introducción.

40 35 Dicho objeto es solucionado por la bujía de encendido según la invención, mediante la parte significativa de la reivindicación 1.

45 Debido a que el cuerpo base del electrodo presenta tres áreas, de las cuales una tercera área presenta un diámetro constante, que corresponde a un diámetro de una segunda área en la transición hacia la tercera área, según la invención se logra que una bujía de encendido con ese electrodo central cumpla con las exigencias antes mencionadas. El aislador puede diseñarse con un grosor de la pared suficiente, debido a lo cual la bujía de encendido resiste las cargas térmicas, mecánicas y eléctricas durante el funcionamiento.

50 45 El electrodo central, así como el cuerpo base del electrodo, presentan áreas con un diámetro diferente. Los límites mencionados para el diámetro del cuerpo base del electrodo respectivamente se refieren al diámetro más grande del cuerpo base del electrodo, sin considerar la cabeza del electrodo. La cabeza del electrodo está conformada en el extremo del electrodo central, apartado de la cámara de combustión. En la bujía de encendido, la cabeza del electrodo se apoya sobre un asiento conformado sobre el lado interno del aislador. La cabeza del electrodo se extiende desde el asiento conformado sobre el lado interno del aislador, hasta el extremo del electrodo central, apartado con respecto a la cámara de combustión. Si la geometría de la sección transversal del cuerpo base del electrodo difiere de la forma circular, entonces el diámetro se refiere al perímetro de la geometría no circular de la sección transversal del cuerpo base del electrodo.

En un perfeccionamiento preferente, el diámetro del cuerpo base del electrodo no es superior a 1,5 mm.

En las reivindicaciones dependientes se indican otras configuraciones ventajosas.

De manera alternativa o adicional también puede preverse que el diámetro del cuerpo base del electrodo no sea menor que 1 mm, para que no se ponga en riesgo la estabilidad del electrodo central en sí mismo. Preferentemente, el cuerpo base del electrodo debe presentar ese diámetro mínimo para que la sección transversal del cuerpo base del electrodo sea suficientemente grande para una disipación térmica a lo largo del electrodo central, de manera que el aislador, en su extremo del lado de la cámara de combustión, junto con el calor absorbido desde la cámara de combustión, no resulte cargado adicionalmente también con el calor absorbido por el electrodo central. En un caso ideal, el calor absorbido por la cámara de combustión es conducido dentro del electrodo central hacia áreas más alejadas de la cámara de combustión y, con ello, más frías.

La carcasa y el electrodo central se encuentran en potenciales eléctricos diferentes. En el área del asiento conformado en el aislador, el electrodo central y la carcasa, en función de la construcción, tienen su distancia más reducida uno con respecto a otro. Debido a esto, esa área del aislador es muy propensa a descargas disruptivas eléctricas. Para evitar esas descargas disruptivas eléctricas en el aislador, ha resultado ventajoso que el aislador, en el área del asiento conformado sobre su lado interno, presente un grosor de la pared no inferior a 2 mm. De manera adicional o alternativa puede preverse que el área del aislador que rodea la cabeza del electrodo presente un grosor de la pared no inferior a 2 mm. Debido a esto se logra que el aislador presente un grosor de la pared suficientemente grande para resistir los campos eléctricos elevados que se presentan en el área del asiento conformado en el aislador y descargas disruptivas eléctricas causadas por ello.

Según la invención, el núcleo del cuerpo base del electrodo se compone de un material que presenta una conductividad térmica más elevada que el material del cuerpo base del electrodo. Debido a esto se favorece la conductividad térmica dentro del cuerpo base del electrodo. El material del núcleo preferentemente presenta una conductividad térmica de al menos 350 W/mK a temperatura ambiente. De manera adicional o alternativa puede preverse que a temperatura ambiente la conductividad térmica del material del núcleo sea al menos 300 W/mK más elevada que la conductividad térmica del material del cuerpo base del electrodo.

El cuerpo base del electrodo presenta por ejemplo una aleación que contiene níquel. Preferentemente, la aleación contiene al menos 20 % en peso de cromo, en particular al menos 25 % en peso de cromo. En el caso de una aleación de níquel alternativa, la misma, de modo alternativo o adicional, contiene itrio. El núcleo, a modo de ejemplo, se compone de cobre o plata, o de una aleación de cobre y/o plata. De estudios de la parte solicitante ha resultado el hecho de que por ejemplo un núcleo que contiene cobre en el cuerpo base del electrodo, reduce en 50-80K la temperatura en el extremo del cuerpo base del electrodo, orientado hacia la cámara de combustión.

De estudios adicionales de la parte solicitante ha resultado el hecho de que para una conductividad térmica suficientemente buena, es decir una reducción térmica dentro del electrodo central, la superficie de la sección transversal del núcleo no es menor que 20% de la superficie de la sección transversal del cuerpo base del electrodo, así como del electrodo central, en al menos una primer área, donde en al menos una primer área el cuerpo base del electrodo y el núcleo respectivamente presentan un diámetro constante. La superficie de la sección transversal del cuerpo base del electrodo se compone de la superficie de la sección transversal del núcleo y de la superficie de la sección transversal del revestimiento.

Preferentemente, al menos una primer área es cilíndrica. Al menos una primer área preferentemente presenta una longitud a lo largo del eje longitudinal del electrodo central, que es igual o más larga que el diámetro del cuerpo base del electrodo en esa primer área; en particular, la longitud de al menos una primer área es al menos 1,5 veces tan larga como el diámetro del cuerpo base del electrodo.

De manera adicional o alternativa puede preverse que la superficie de la sección transversal del núcleo corresponda como máximo a 65% de toda la superficie de la sección transversal del cuerpo base del electrodo, así como del electrodo central. Gracias a esto se garantiza que el electrodo central presente un grosor del revestimiento suficientemente grande.

De manera ventajosa, el cuerpo base del electrodo se compone de un material más resistente al desgaste que el núcleo, de manera que preferentemente el cuerpo base del electrodo debe presentar un grosor del revestimiento mínimo, para que el electrodo central presente una vida útil suficientemente prolongada, por ejemplo de al menos 50 000 km.

Se demostrado como ventajoso el hecho de que el cuerpo base del electrodo presente un grosor mínimo del revestimiento no inferior a 0,15 mm, en particular no inferior a 0,25 mm. De manera adicional o alternativa puede preverse que el grosor del revestimiento en al menos una primer área, con diámetros constantes del núcleo y del cuerpo base del electrodo, no sea superior a 0,35 mm.

En un perfeccionamiento preferente de la invención, el electrodo central, en su superficie frontal del lado de la cámara de combustión, presenta una superficie de encendido que contiene metal noble, que posee una resistencia al desgaste más elevada que el material del cuerpo base del electrodo. La distancia  $b$  desde la superficie de encendido hasta el núcleo tiene un valor en el rango de 0,2 mm a 2 mm.

- 5 En un perfeccionamiento alternativo de la invención, el electrodo central no presenta una superficie de encendido. En este caso, la distancia  $b$  desde la superficie frontal del lado de la cámara de combustión, del cuerpo base del electrodo, hasta el extremo del núcleo, del lado de la cámara de combustión, presenta un largo de al menos 0,6 mm, para garantizar una vida útil prolongada del electrodo central. La distancia  $b$  preferentemente tiene un valor que no es inferior a 1 mm, y que en particular no es superior a 3,5 mm.
- 10 De manera ventajosa se prevé que la superficie de la sección transversal del núcleo y la superficie de la sección transversal del cuerpo base del electrodo presenten la misma forma geométrica, donde en particular el núcleo, dentro de un plano de la sección transversal, está dispuesto en el centro en el cuerpo base del electrodo. Debido a esto se logra que el cuerpo base del electrodo, dentro del plano de la sección transversal, presente un grosor del revestimiento uniforme.
- 15 Las bujías de encendido con un diámetro externo reducido de la carcasa, en el sentido de esta solicitud, son bujías de encendido cuyos roscados presentan un diámetro externo más reducido que 14 mm, por ejemplo las así llamadas bujías de encendido M12- o M10.

#### Dibujo

La figura 1 muestra dos electrodos centrales.

- 20 La figura 2 muestra una sección del electrodo central.

La figura 3 muestra una bujía de encendido con un electrodo central.

#### Descripción del ejemplo de ejecución

- 25 La figura 1 muestra representaciones esquemáticas del electrodo central 10. El electrodo central 10 presenta un cuerpo base del electrodo 11 y un núcleo 12 que está dispuesto dentro del cuerpo base del electrodo 12. El núcleo 11 se compone de un material con una conductividad térmica más elevada que el material del cuerpo base del electrodo 11. Habitualmente, el material del cuerpo base del electrodo 11 tiene una resistencia al desgaste más elevada que el material del núcleo 12. El núcleo 12 se compone de cobre o plata, o de una aleación de cobre y/o plata. Como material para el cuerpo base del electrodo 11 se utiliza preferentemente un aleación de Ni; en este caso, en la aleación pueden estar contenidos cromo y/o itrio.
- 30 Debido al procedimiento de fabricación, en este caso un procedimiento de extrusión, el núcleo del electrodo central 10 mostrado aquí en sección presenta al menos una primera sección 15a, en la cual el núcleo 12 tiene un diámetro  $d_k$  relativamente constante. El término "relativamente constante", en el sentido de esta solicitud, significa que el diámetro  $d_k$ , en la sección, modifica su valor como máximo en 5%.
- 35 Dentro de una segunda sección 14a se reduce el diámetro  $d_k$  del núcleo 12. Al menos una primera sección 15a está dispuesta en un lado del electrodo central 10, apartado de la cámara de combustión, donde una cabeza del electrodo 4, no mostrada aquí, está conformada a continuación del extremo de la primera sección 15, apartada de la cámara de combustión. En dirección de la cámara de combustión, la segunda sección 14a se une a por lo menos una primera sección 15a. En principio es posible que el núcleo 12 presente una pluralidad de primeras secciones 15a con diámetro  $d_k$  constante, donde los diámetros  $d_k$  de las primeras secciones 15a individuales son diferentes.
- 40 40 En particular éste es el caso cuando el electrodo central 10, así como el cuerpo base del electrodo 11, presenta en sí mismo una pluralidad de áreas con diámetros  $d_E$  diferentes. En el caso de una pluralidad de primeras secciones 15a del núcleo, la sección situada más cerca de la cámara de combustión es la segunda sección 14a con el diámetro  $d_k$  del núcleo 12, que se reduce de forma continua.
- 45 El electrodo central 10 representado en la figura 1 se encuentra estructurado en base a un cuerpo base del electrodo 11, que a lo largo de su longitud presenta un diámetro  $d_E$  constante y, de este modo, el electrodo central 10 presenta un diámetro  $d_E$  constante. En el cuerpo base del electrodo 11 se pueden diferenciar al menos tres áreas 13, 14, 15. En una primera área 15, el cuerpo base del electrodo 11 presenta un núcleo 12 con un diámetro  $d_k$  constante. En una segunda área 14a, el cuerpo base del electrodo 11 presenta un núcleo 12 con un diámetro  $d_k$  que se reduce de forma continua. En una tercera área 13, el cuerpo base del electrodo 11 no presenta ningún núcleo.

El grosor  $c$  del revestimiento del cuerpo base del electrodo 11 resulta de la mitad de la diferencia del diámetro del cuerpo base del electrodo  $d_E$ , con respecto al diámetro del núcleo  $d_k$ . Si el cuerpo base del electrodo 11, en la primer área 15, presenta un diámetro  $d_{E1}$  constante, entonces el grosor del revestimiento  $c$ , en esta primer área 15, es constante. De manera ventajosa se prevé que en esta primer área 15 el grosor del revestimiento  $c$  del cuerpo base del electrodo 11 no sea inferior a 0,15 mm y no sea superior a 0,35 mm; por ejemplo que el grosor del revestimiento  $c$  sea igual o menor a 0,25 mm.

En la segunda área 14, el cuerpo base del electrodo 11 puede presentar un diámetro  $d_{E2}$  constante, donde en ese caso aumenta el grosor del revestimiento  $c$  dentro del área 14, en dirección de la cámara de combustión. El grosor del revestimiento  $c$ , en el área 14, presenta un grosor de al menos 0,15 mm.

10 Según la invención, el diámetro  $d_{E2}$  del cuerpo base del electrodo 11 se reduce igualmente en la segunda área 14. En ese caso, para el grosor del revestimiento  $c$  aplica que el mismo, preferentemente, se encuentra en el rango de 0,15 mm a 0,35 mm. Puede preverse que el diámetro  $d_{E2}$  del cuerpo base del electrodo 11 se modifique en el mismo índice que el diámetro  $d_k$  del núcleo 12. Lo mencionado ofrece la ventaja de que el grosor del revestimiento  $c$  se mantenga constante en la segunda área 14.

15 En la tercera área 13 del cuerpo base del electrodo 11 no se encuentra ningún núcleo y, con ello, el grosor del revestimiento  $c$  corresponde a la mitad del diámetro  $d_{E3}$  del cuerpo base del electrodo 11. La tercera área 13 presenta un diámetro  $d_{E3}$  constante, que corresponde al diámetro  $d_{E2}$  de la segunda área 14, en la transición hacia la tercera área 13.

20 La tercera área 13 del cuerpo base del electrodo 11 presenta una longitud  $b$  que se extiende desde un extremo 17 del núcleo 12, del lado de la cámara de combustión, hasta una superficie frontal 16, del lado de la cámara de combustión, del cuerpo base del electrodo 11. La longitud  $b$  no es superior a 3,5 mm. Si el electrodo central 10 está diseñado con una superficie de encendido 19 que contiene metal noble, la longitud  $b$  puede estar diseñada más corta que sin superficie de encendido 19 que contiene metal noble, como se muestra en la figura 1b. Si se prescinde de una superficie de encendido 19 que contiene metal noble, como se muestra en la figura 1a, entonces la longitud  $b$  debe presentar una longitud mínima de 0,6 mm, para que el cuerpo base de metal noble 12 presente material suficiente para una vida útil suficientemente prolongada, del electrodo central 10. En el caso de la utilización de una superficie de encendido 19 que contiene metal noble, una longitud  $b$  de al menos 0,2 mm alcanza para una vida útil suficientemente prolongada del electrodo central 10.

30 La figura 2 muestra un ejemplo de una sección transversal del electrodo central 10. El diámetro  $d_E$  del electrodo central 10 y del cuerpo base del electrodo 11 es inferior a 1,7 mm. En el centro, en la sección transversal del electrodo central 10, así como del cuerpo base del electrodo 11, está dispuesta la sección transversal del núcleo 12. El grosor  $c$  del revestimiento del cuerpo base del electrodo 11 resulta de la mitad de la diferencia del diámetro del cuerpo base del electrodo  $d_E$ , con respecto al diámetro del núcleo  $d_k$ . De manera ventajosa, las secciones transversales del cuerpo base del electrodo 11 y del núcleo 12 tienen la misma forma geométrica.

35 La figura 3 muestra una representación esquemática de una bujía de encendido 1 con un electrodo central 10 según la invención. La bujía de encendido 1 presenta una carcasa metálica 2 con un roscado para el montaje de la bujía de encendido 1 en una cabeza del cilindro. Además, la carcasa presenta una sección 9 hexagonal, en la cual se coloca una herramienta para el montaje de la bujía de encendido 1 en la cabeza del cilindro. Dentro de la carcasa 2 está dispuesto un aislador 3. Un electrodo central 10 y un perno de conexión 7 están dispuestos dentro del aislador 3 y están conectados eléctricamente mediante un elemento de resistencia 6.

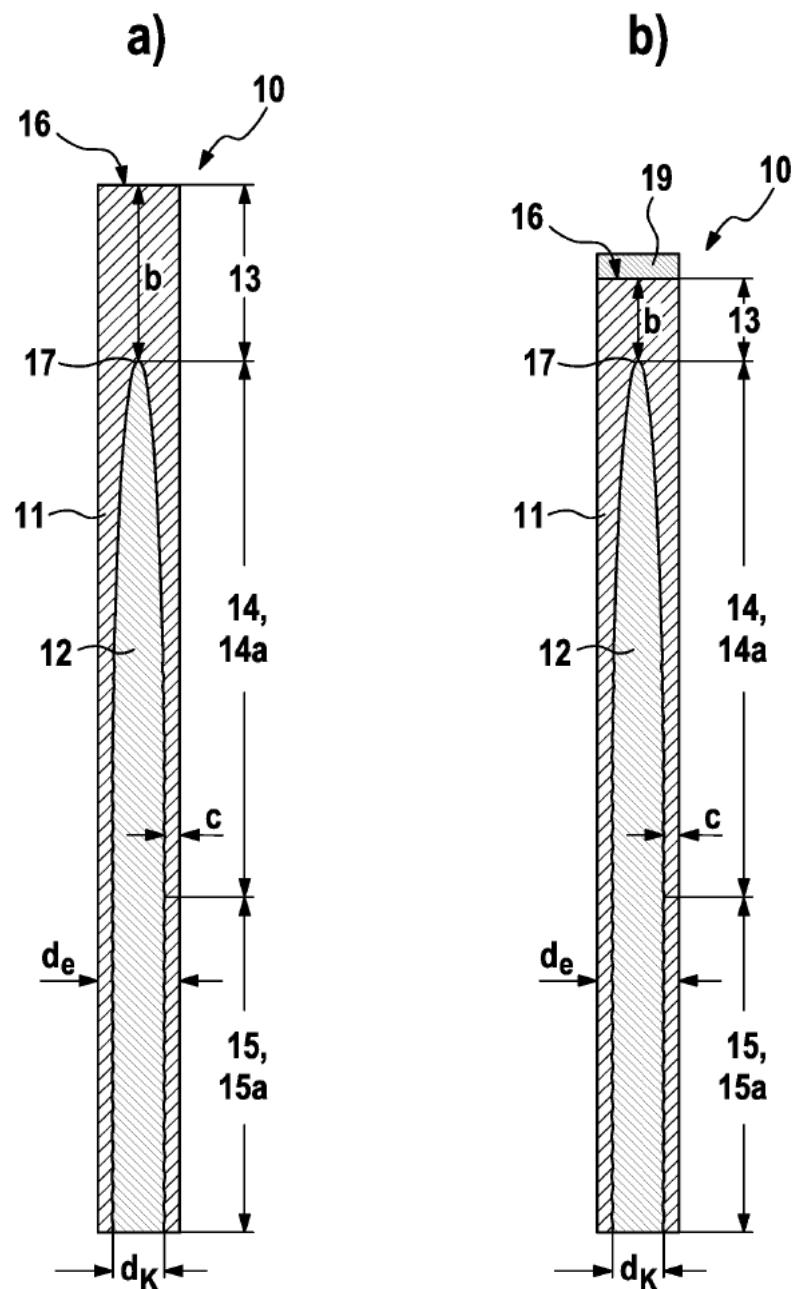
Sobre el lado interno del aislador 3 está conformado un asiento (3a), sobre el cual el electrodo central (10) se apoya con su cabeza del electrodo central (4). El aislador (3), en el área del asiento (3a), posee un grosor de la pared no inferior a 2 mm.

45 El electrodo central 10 habitualmente se proyecta desde el aislador 3, en el extremo de la bujía de encendido 1 del lado de la cámara de combustión. El electrodo central presenta un cuerpo base 10 y una superficie de encendido 19 dispuesta en el extremo del cuerpo base, del lado de la cámara de combustión. El cuerpo base 10 tiene un núcleo 12 que está rodeado por un revestimiento 11.

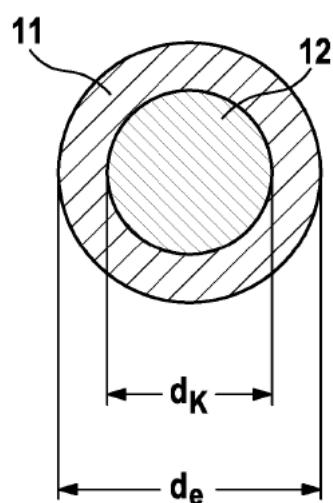
50 En el extremo de la carcasa 2, del lado de la cámara de combustión, está dispuesto un electrodo de masa 5. El mismo, junto con el electrodo central 10, forma un espacio de ignición. El electrodo de masa 5 puede estar diseñado como electrodo superior, electrodo lateral o electrodo de arco.

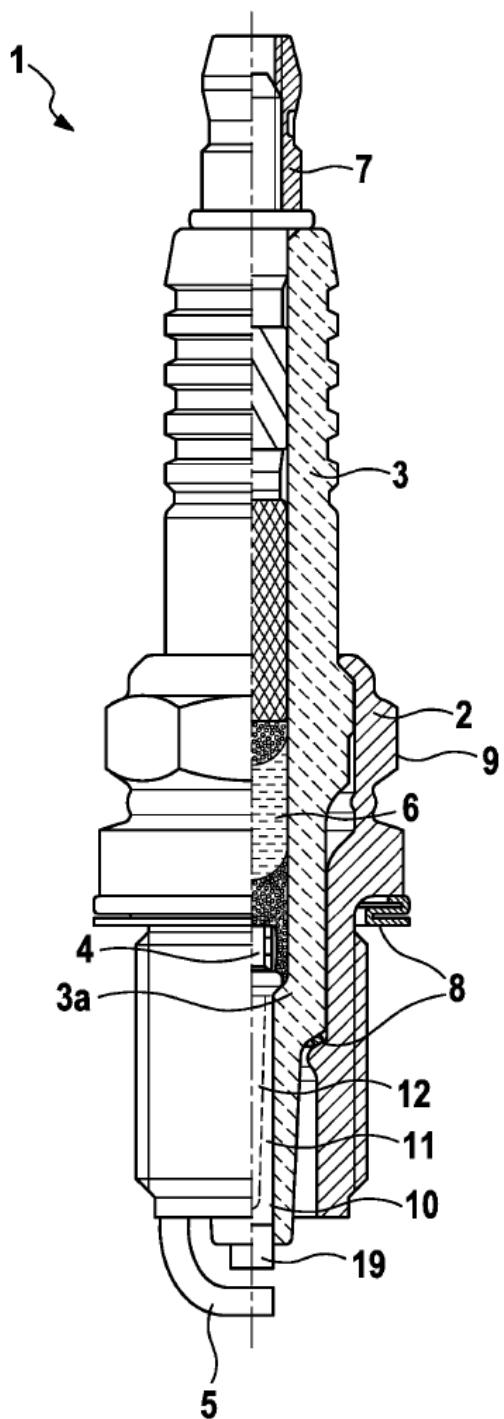
## REIVINDICACIONES

1. Bujía de encendido (1), que presenta una carcasa (2), un aislador (3) dispuesto en la carcasa (2), un electrodo central (10) dispuesto en el aislador (3), y un electrodo de masa (5) dispuesto en la carcasa (2), donde el electrodo de masa (5) y el electrodo central (10) están dispuestos uno con respecto a otro, de manera que el electrodo de masa (5) y el electrodo central (10) conforman un espacio de ignición, y donde el electrodo central (10), con una cabeza del electrodo (4), se apoya sobre un asiento (3a) realizado sobre un lado interno del aislador (3), y donde el electrodo central (10) presenta un cuerpo base del electrodo (11) y un núcleo (12) dispuesto en el cuerpo base del electrodo (11), donde el núcleo (12) se compone de un material que posee una conductividad térmica más elevada que el material del cuerpo base del electrodo (11), donde el cuerpo base del electrodo (11) presenta un diámetro ( $d_E$ ) no superior a 1,7 mm, donde el cuerpo base del electrodo (11) presenta una primer área (15), del lado de la cámara de combustión de la misma una segunda área (14), y a su vez, del lado de la cámara de combustión de la misma, una tercera área (13), donde en la primer área (15), el cuerpo base del electrodo (11) presenta un diámetro constante  $d_{E1}$  y el núcleo (12) un diámetro constante ( $d_k$ ), donde en la segunda área (14a), el cuerpo base del electrodo (11) presenta un núcleo (12) con un diámetro ( $d_k$ ) que se reduce de forma continua, y en la tercera área (13) el cuerpo base del electrodo (11) no presenta ningún núcleo, donde el diámetro ( $d_{E2}$ ) del cuerpo base del electrodo (11) se reduce igualmente en la segunda área (14), caracterizada porque el cuerpo base del electrodo (11), en la tercera área (13), presenta un diámetro ( $d_{E3}$ ) constante, que corresponde al diámetro ( $d_{E2}$ ) del cuerpo base del electrodo (11) en la segunda área (14), en la transición hacia la tercera área (13).
2. Bujía de encendido (1) según la reivindicación 1, caracterizada porque el aislador (3), en el área del asiento (3a) conformado sobre su lado interno, presenta un grosor de la pared no inferior a 2 mm.
3. Bujía de encendido (1) según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizada porque en al menos una primer área (15), la superficie de la sección transversal del núcleo (12) corresponde al menos a 20% de la superficie de la sección transversal total del electrodo (10).
4. Bujía de encendido (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque en al menos una primer área (15), la superficie de la sección transversal del núcleo (12) corresponde como máximo a 65% de la superficie de la sección transversal total del electrodo (10).
5. Bujía de encendido (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el cuerpo base del electrodo (11) presenta un grosor del revestimiento c de al menos 0,15 mm, y en particular de como máximo 0,35 mm, en particular en al menos una primer área (15).
6. Bujía de encendido (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque en un extremo (16), del lado de la cámara de combustión, del cuerpo base del electrodo (11), la distancia b entre el extremo (16) del cuerpo base del electrodo (11) y un extremo (17), orientado hacia la cámara de combustión, del núcleo (12), no es más grande que 3,5 mm, y en particular no es menor que 0,2 mm.
7. Bujía de encendido (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada porque al menos una primer área (15) es más larga que el diámetro del cuerpo base del electrodo (11).
8. Bujía de encendido (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la superficie de la sección transversal del núcleo (12) y la superficie de la sección transversal del cuerpo base del electrodo (11) presentan la misma forma.
9. Bujía de encendido (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el cuerpo base del electrodo (11) presenta una aleación que contiene níquel, en particular porque la aleación presenta al menos 20 % en peso de cromo.

**FIG. 1**

**FIG. 2**





**FIG. 3**