

Control del motor de gasolina

Bujías de encendido

**Novedad con SUPER 4
y platino plus 4**

Edición 1999



Instrucción técnica



BOSCH

Editor:

© Robert Bosch GmbH, 1999
Postfach 30 02 20
D-70442 Stuttgart.
División Equipos para Automóviles,
Departamento KH/PDI2
Marketing Productos y Servicios,
Publicaciones técnicas.

Redactor jefe:

Ing. dipl. (FH) Horst Bauer.

Redacción:

Ing. dipl. (FH) Anton Beer,
Ing. (grad.) Arne Cypra,
Ing. dipl. Karl-Heinz Dietsche,
Ing. dipl. (BA) Jürgen Crepin.

Autores:

Dr. Andreas Niegel,
con el apoyo del departamento técnico competente
de nuestra casa.

Confección:

Ing. dipl. (FH) Ulrich Adler,
Berthold Gauder, Leinfelden-Echterdingen.

Composición gráfica técnica:

Bauer & Partner, Stuttgart.

Mientras no se indique otra cosa, las personas mencionadas son colaboradores de Robert Bosch GmbH, Stuttgart.

La reimpresión, reproducción y traducción total o parcial de este texto sólo está permitida con nuestra previa autorización por escrito y con mención de la fuente. Las ilustraciones, descripciones, esquemas y otros datos no tienen otra finalidad que explicar y representar los textos y no pueden utilizarse como base para diseños, instalaciones ni volumen de suministro. Declinamos toda responsabilidad por las posibles divergencias de contenido respecto a las disposiciones legales vigentes.
Reservado el derecho de introducir modificaciones.

Impreso en Alemania.

2ª. edición, septiembre de 1999.

Traducción al idioma español
de la edición alemana, de septiembre 1998.

Bujías de encendido

La bujía, en combinación con el sistema de encendido y con el de preparación de la mezcla, influye decisivamente en el funcionamiento del motor de gasolina. En el desempeño de su función, las bujías se ven enfrentadas a exigencias extremas:

Condiciones de funcionamiento muy variables, desde el tráfico en las grandes ciudades con frecuentes detenciones y arranques, hasta la circulación fluida por autopista, tanto en el calor del verano como con las bajas temperaturas invernales. Además, deben resistir tensiones superiores a 30 000 voltios, y están sometidas a múltiples influencias de la cámara de combustión, tales como presión, temperatura y corrosión.

En este cuaderno se explica cómo consigue la bujía superar todas estas dificultades, se mencionan las formas constructivas que encuentran aplicación en el automóvil, y se informa sobre muchas otras cosas que merecen la pena conocer.

Combustión en el motor de gasolina 2

El motor de gasolina

Motor de gasolina y encendido externo 4

Energía de encendido,
duración de la chispa,
tensión de encendido necesaria

Solicitud de la bujía de encendido 6

Misión, requisitos exigidos

Estructura de la bujía de encendido 9

Componentes, perno de conexión,
aislador, cuerpo, electrodos, distancia
disruptiva, posición de la chispa,
materiales de los electrodos

Grado térmico de la bujía de encendido 14

Temperatura de trabajo de la bujía,
grado térmico y motor, grado térmico
y bujía, grado térmico e índice del mismo

Adaptación de las bujías de encendido 17

Bujías para medición de temperatura,
método de medición por corriente iónica

Comportamiento de las bujías de encendido 20

Modificaciones en el servicio,
influencias debidas al motor,
desgaste de los electrodos,
estados de servicio anómalos

Formas constructivas 22

Aplicación, asiento de junta, bujía de
encendido SUPER, bujía de encendido
SUPER 4, bujía de encendido de platino
plus 4, bujías de encendido especiales,
fórmula de tipo

Práctica 30

Montaje de bujías de encendido,
errores y sus consecuencias,
aspectos de las bujías de encendido

Combustión en el motor de gasolina

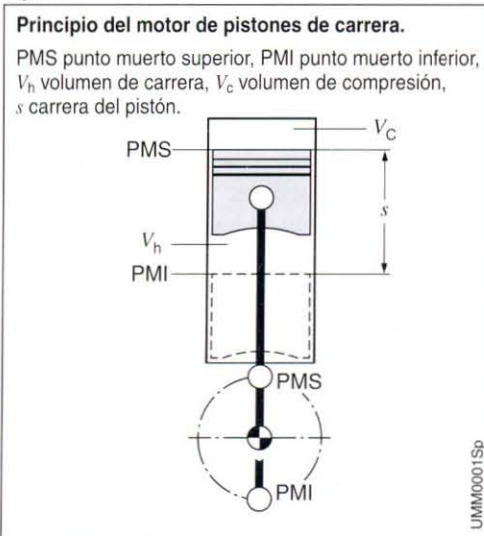
Motor de gasolina

Modo de actuación

El motor de gasolina de Otto¹⁾, es un motor de combustión por encendido externo que transforma la energía contenida en el combustible en energía cinética.

En el motor de Otto (de 4 tiempos y gasolina) los sistemas de preparación de la mezcla aire/combustible (sobre la base de gasolina o gas) forman ésta fuera de la cámara de combustión. La mezcla, aspirada por el pistón en su descenso, penetra en la cámara de combustión. Aquí es comprimida durante el movimiento ascendente del pistón. El sistema de encendido externo, temporizado, inflama la mezcla mediante la bujía. El calor liberado en la combustión aumenta la presión en el cilindro y el pistón se mueve otra vez hacia abajo entregando su esfuerzo al mecanismo cigüeñal. Después de cada combustión, los gases quemados son expulsados del cilindro y se aspira mezcla fresca de aire-combus-

Figura 1



tible. En los motores de automóvil, este intercambio gaseoso tiene lugar predominantemente según el principio de los 4 tiempos. Un ciclo de trabajo necesita para ello dos vueltas del cigüeñal.

Procesos de 4 tiempos

En el motor de gasolina de 4 tiempos, el intercambio gaseoso es controlado por las correspondientes válvulas. Estas abren o cierran los conductos de admisión y de escape del cilindro:

- 1er tiempo: admisión,
- 2do tiempo: compresión y encendido,
- 3er tiempo: combustión y trabajo,
- 4to tiempo: escape.

Admisión

Válvula de admisión: abierta,
Válvula de escape: cerrada,
Movimiento del pistón: descendente,
Combustión: ninguna.

Al descender el pistón aumenta el volumen del cilindro y se aspira mezcla de aire/combustible fresca por la válvula de admisión abierta.

Compresión

Válvula de admisión: cerrada,
Válvula de escape: cerrada,
Movimiento del pistón: ascendente,
Combustión: fase de inflamación (encendido).

¹⁾ En memoria de Nicolás Augusto Otto (1832 hasta 1891), quién en 1878 presentó por primera vez en la Exposición Mundial de París un motor de gas a compresión según el principio de trabajo de los 4 tiempos.

Al subir, el pistón reduce el volumen en el cilindro y comprime la mezcla de aire/combustible. Poco antes de alcanzar el punto muerto superior (PMS), la bujía de encendido inflama la mezcla comprimida de aire/combustible e inicia así la combustión.

A partir del volumen de carrera V_h y el volumen de compresión V_c resulta la relación de compresión $\epsilon = (V_h + V_c) / V_c$.

Según la ejecución del motor, la relación de compresión ϵ es de 7...13. Con el aumento de la relación de compresión en un motor de combustión asciende su grado de rendimiento térmico y el combustible puede aprovecharse más eficazmente. Un aumento de la relación de compresión de 6 a 8, origina p. ej. un aumento del grado de rendimiento térmico de un 12%. El límite de detonación establece el grado de compresión. La detonación consiste en una combustión incontrolada de la mezcla con gran aumento de la presión. Una combustión con detonación conduce a daños en el motor. Mediante combustibles apropiados y la configuración de la cámara de combustión puede desplazarse el límite de detonación hacia valores de compresión más elevados.

Explosión

Válvula de admisión: cerrada,
 Válvula de escape: cerrada,
 Movimiento del pistón: descendente,
 Combustión: fase de combustión.

Una vez que la chispa de la bujía ha inflamado la mezcla de aire/combustible comprimida, la temperatura aumenta debido a la combustión de la mezcla.

La presión en el cilindro aumenta y empuja hacia abajo el pistón. El pistón transmite el trabajo al cigüeñal a través de la biela, representando la potencia del motor disponible.

La potencia aumenta con el régimen y al crecer el par motor ($P = M \cdot \omega$).

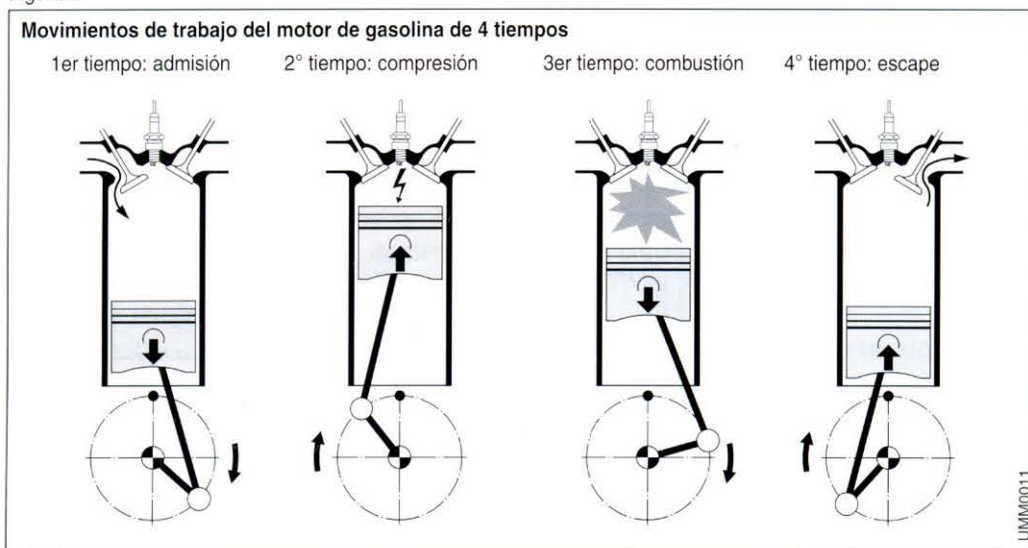
La característica de potencia y de par del motor de combustión condicionan un cambio de marchas para la adaptación a las exigencias del servicio de marcha.

Escape

Válvula de admisión: cerrada,
 Válvula de escape: abierta,
 Movimiento del pistón: ascendente,
 Combustión: ninguna.

El pistón asciende y expulsa los gases de la combustión (gases de escape) a través de la válvula de escape abierta. Después de ello, se repite el ciclo. Los tiempos de apertura de las válvulas se superponen ligeramente con el fin de aprovechar la admisión y el escape para un mejor llenado y vaciado del cilindro.

Figura 2



Bujías de encendido

Motor de gasolina y encendido externo

Energía de encendido

Generación de alta tensión

El encendido del motor de gasolina se realiza eléctricamente tomándose la energía de la batería. El sistema de encendido, mandado por el motor, genera periódicamente alta tensión. Esta alta tensión provoca el salto de la chispa entre los electrodos de la bujía de encendido en la cámara de combustión. La energía contenida en la chispa inflama la mezcla comprimida de aire y combustible. Para la generación periódica de alta tensión se acumula provisionalmente la energía tomada de la batería en la bobina de encendido.

A partir de esta energía acumulada se genera, en el momento oportuno, la alta tensión,

proceso que es controlado por el motor a través del sistema de encendido. La alta tensión se genera inductivamente en la bobina de encendido. La alta tensión y la energía de encendido están calculadas de forma que también queden cubiertas las crecientes necesidades de tensión de encendido debidas al desgaste (figura 1).

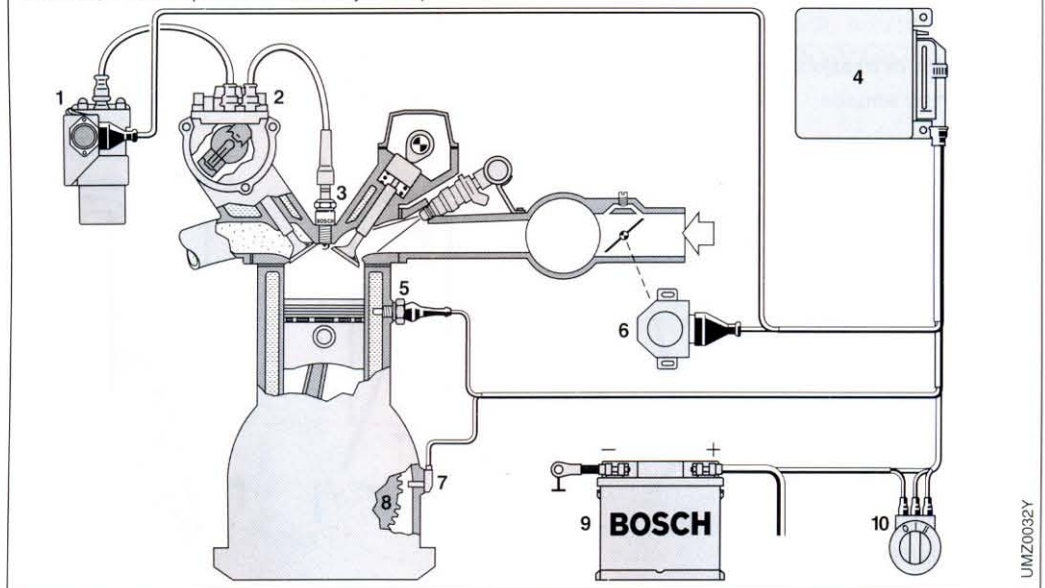
Formación de la chispa de encendido

Cuando la alta tensión es suficiente, la chispa salta entre los electrodos de la bujía de encendido. En el momento del encendido, es decir, al descargarse la bobina de encendido, la tensión aumenta en los electrodos de la bujía con gran rapidez, hasta que alcanza el valor de descarga (tensión de encendido). Una vez producida la chispa, la tensión de la bujía desciende hasta la de combustión, al mismo tiempo que circula una corriente por el espacio comprendido entre los electrodos, ahora conductor.

Figura 1

Sistema de encendido electrónico.

1 Bobina de encendido con paso final, 2 distribuidor de alta tensión, 3 bujía de encendido, 4 unidad de mando, 5 sensor de temperatura, 6 interruptor de mariposa, 7 sensor de número de revoluciones, 8 rueda dentada, 9 batería, 10 interruptor de encendido y arranque.



Durante el salto de la chispa de encendido (duración de la chispa), la mezcla de aire y combustible se inflama.

En cuanto dejan de cumplirse las condiciones necesarias para la descarga, se extingue la chispa y la tensión se atenúa (figura 2). El proceso descrito sólo tiene lugar, si el gas que se encuentra entre los electrodos está en reposo. Cuando las velocidades de flujo son mayores se produce una apreciable modificación en el recorrido de la chispa.

En el curso del llamado «tiempo de chispa», ésta puede extinguirse y encenderse de nuevo. Los procesos de este tipo se denominan chispa secuencial.

Duración de la chispa

Dentro del período de «duración de la chispa» es preciso conseguir una ignición segura de la mezcla inflamable de aire y combustible por medio de aquella.

El «tiempo de incandescencia» de la chispa que se forma tras la primera descarga entre electrodos, hasta el momento en que se extingue el resto de la energía acumulada, se denomina duración de la chispa. Ha de ser bastante largo, para que a pesar de faltas de homogeneidad de la mezcla (distribución no uniforme de la mezcla), la mezcla inflamable tenga las máximas probabilidades de alcanzar la zona de los electrodos.

Tensión de encendido necesaria

La tensión de encendido necesaria para la bujía es la alta tensión que se requiere para la descarga disruptiva.

La tensión de encendido de la bujía es la que permite el salto de la chispa entre electrodos. Esta alta tensión provoca una elevada intensidad de campo entre electrodos, con lo que el espacio disruptivo se ioniza, haciéndose conductor. La alta tensión suministrada por el sistema de encendido, la «tensión de encendido disponible», puede superar los 30 000 V. La diferencia entre la tensión de encendido disponible y necesaria se denomina reserva de tensión de encendido. La tensión de encendido aumenta con el incremento de la separación entre los electrodos durante la vida útil de la bujía. Si se sobrepasa la tensión de

Curva de tensión entre los electrodos de la bujía.

K cabeza de la chispa, **S** cola de la chispa, t_F duración de la chispa.

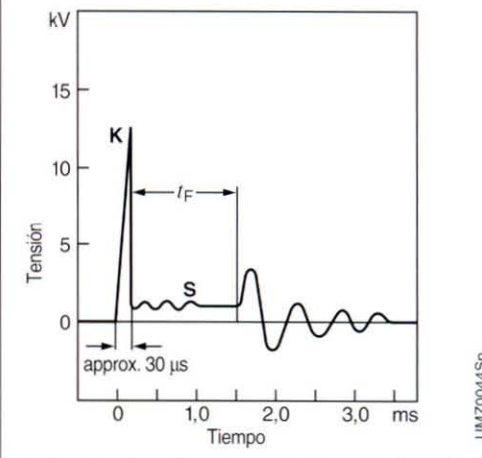


Figura 2

encendido disponible, se provocan fallos de encendido.

Influencias sobre la tensión de encendido necesaria no debidas al motor

Por lo que respecta a la bujía, la tensión de encendido necesaria depende de los siguientes factores:

Separación entre electrodos: La tensión de encendido aumenta con el incremento de la separación de los electrodos.

Geometría de los electrodos: Unos electrodos de dimensiones reducidas aumentan la intensidad del campo eléctrico. El incremento de este campo permite reducir la tensión necesaria.

Material de los electrodos: Puesto que el trabajo de salida de los electrones depende del material que forma los electrodos, aquel puede influir sobre las necesidades de tensión de encendido.

Superficie del aislador: Si el encendido entre los electrodos tiene lugar total o parcialmente sobre el aislador, la tensión de encendido se reduce gracias a los electrones puestos a disposición por la superficie.

Influencias del motor en la tensión de encendido necesaria

De las distintas influencias del motor, el factor determinante para la necesidad de tensión de encendido es ante todo la compresión (carga).

Solicitud de la bujía de encendido

Misión

La misión de la bujía es introducir energía de encendido en la cámara de combustión e iniciar la inflamación de la mezcla de aire y gasolina por medio de las chispas eléctricas que saltan entre los electrodos.

Junto con otros componentes del motor, como son los sistemas de encendido y de preparación de la mezcla, la bujía influye decisivamente en el funcionamiento del motor de gasolina. Esta tiene que posibilitar un arranque seguro en frío, garantizar siempre un servicio sin fallos y mantener en funcionamiento el motor durante horas a pleno rendimiento. Y estos requisitos se mantienen a todo lo largo de la vida útil de la bujía.

La bujía de encendido se sitúa en un lugar de la cámara de combustión del motor que, por su diseño constructivo, sea óptimo para la ignición de la mezcla comprimida de aire y combustible. Debe proporcionar energía de encendido a la cámara de combustión en todas las condiciones de funcionamiento posibles, sin pérdida de estanqueidad ni calentamientos excesivos.

Requisitos

Los requisitos exigidos a la bujía de encendido son extremos: La bujía está sometida tanto a los procesos periódicamente cambiantes de la cámara de combustión, como también a las condiciones ambientales reinantes fuera del motor (figuras 1 y 2).

Requisitos eléctricos

En los sistemas de encendido electrónicos con bujías pueden generarse tensiones superiores a 30 000 V, las cuales no deben conducir a perforaciones a través del aislador. Los residuos del proceso de combustión, tales como hollín, carbonilla de aceite y cenizas del combustible y los aditivos del aceite, pueden ser, en determinadas condiciones técnicas, eléctricamente conductores.

Sin embargo, en tales circunstancias, no deben producirse descargas disruptivas en el aislador, ni siquiera en caso de producirse altas tensiones.

La resistencia eléctrica del aislador debe ser suficiente incluso a 1000 °C y no debe variar a lo largo de la vida útil de la bujía.

Requisitos mecánicos

La bujía debe resistir las presiones (de hasta 100 bar) que se producen periódicamente en la cámara de combustión, sin que disminuya su estanqueidad a los gases. Además, ha de poseer una elevada resistencia mecánica, en especial en la parte cerámica, que durante el montaje y el funcionamiento está sometida a esfuerzos debidos al terminal de conexión y el cable de encendido. El cuerpo de la bujía debe ser capaz de absorber las fuerzas ejercidas al apretar la rosca, sin sufrir deformaciones permanentes.

Requisitos químicos

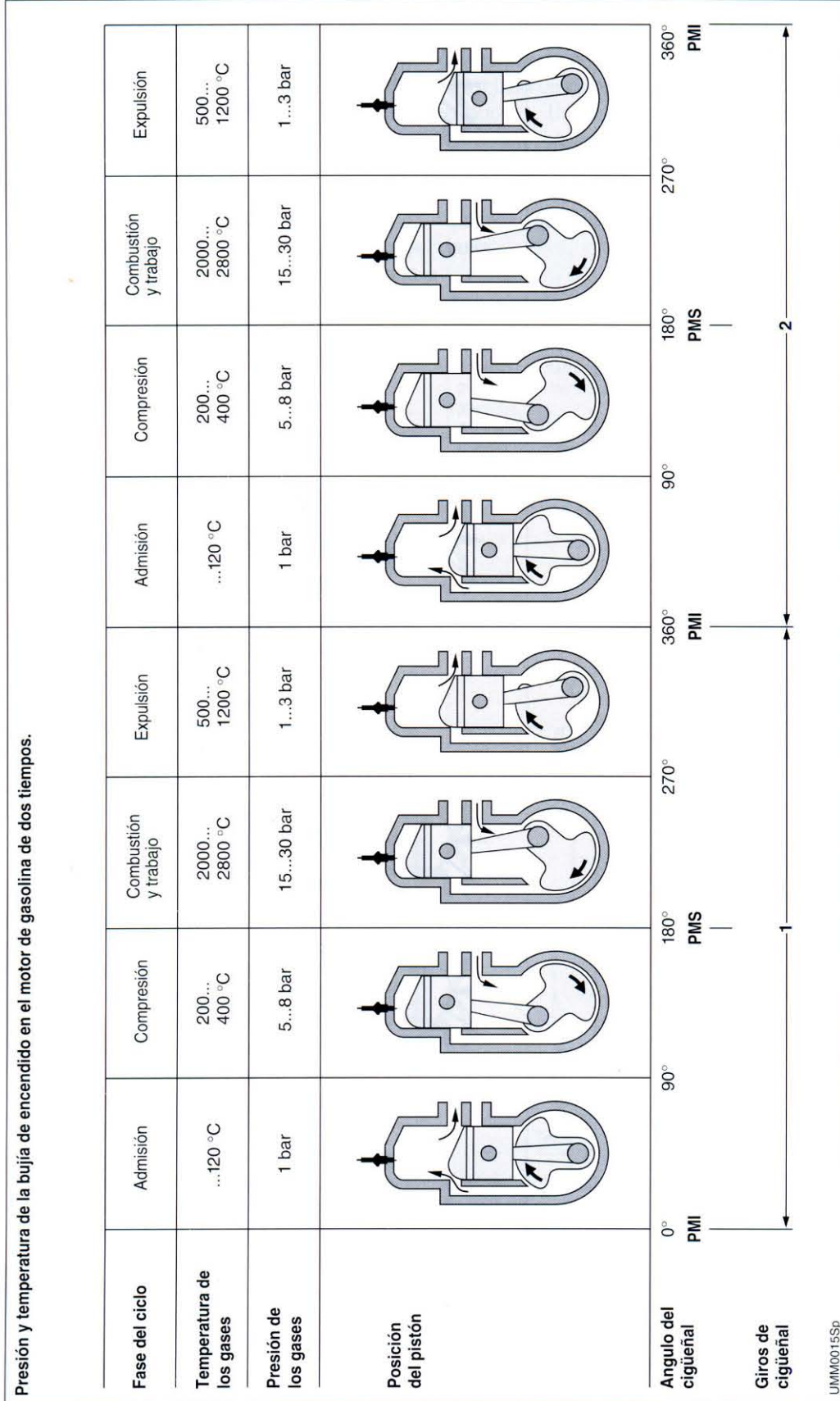
La parte de la bujía de encendido que penetra en la cámara de combustión puede llegar a calentarse hasta ponerse al rojo, quedando expuesta a los procesos químicos que tienen lugar a elevadas temperaturas. Determinados componentes contenidos en el combustible se pueden depositar sobre la bujía en forma de residuos agresivos, lo que puede alterar sus propiedades.

Requisitos térmicos

Durante el funcionamiento, la bujía toma calor de los gases calientes de la combustión y queda expuesta poco después, en rápida secuencia, a la mezcla fría de aire y combustible aspirada. Por ello deben plantearse grandes exigencias a la resistencia del aislador contra «choque térmico».

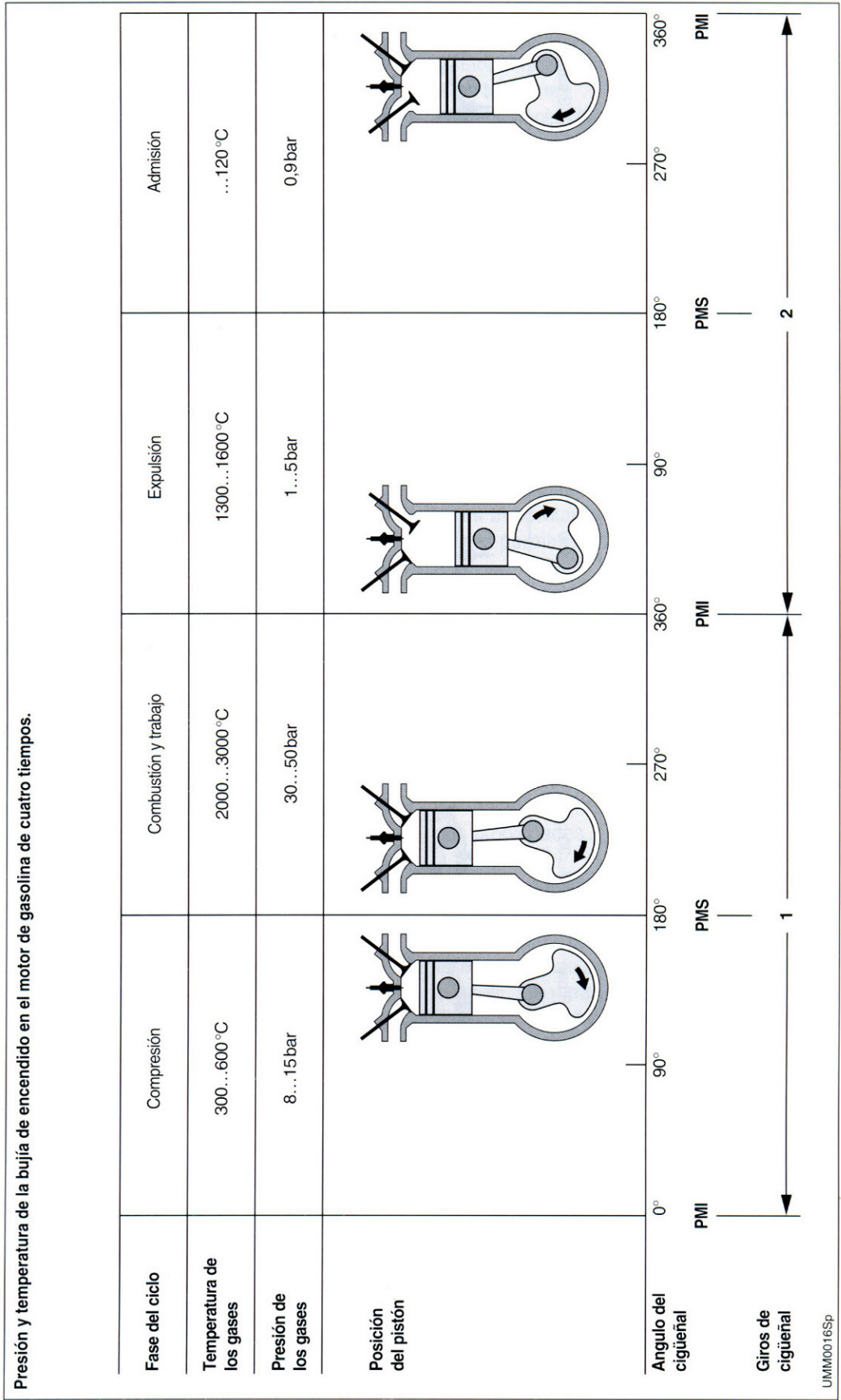
De igual modo, la bujía tiene que ceder a la culata la mayor cantidad posible del calor absorbido por ella en la cámara de combustión. El lado de conexión de la bujía debe calentarse lo menos posible.

Figura 1



Solicitud

Figura 2



Estructura de la bujía de encendido

Componentes

La bujía está formada por metal, cerámica y vidrio, materiales de distintas propiedades. Las cualidades de estos materiales se aprecian plenamente cuando en el diseño de la bujía se han tenido en cuenta las características del material. Los componentes más importantes de una bujía de encendido son el perno de conexión, el aislador, el cuerpo y los electrodos.

Una masa vítrea colada, eléctricamente conductora, une el electrodo central con el perno de conexión (figura 1).

Perno de conexión

El perno de conexión de acero va unido al aislador en forma estanca a los gases, por medio de una masa vítrea colada conductora, que establece también la conexión eléctrica con el electrodo central. Además, en el extremo que sobresale del aislador, lleva una rosca en la que se fija el conector (terminal de la bujía) del cable de encendido. Para los terminales según normas ISO/DIN, en la rosca del perno se atornilla una tuerca de conexión también según ISO/DIN.

Aislador

El aislador es un material cerámico especial y su función consiste en aislar el electrodo central y el perno de conexión del cuerpo de la bujía. Gracias a la densa estructura del material cerámico especial, se consigue una elevada seguridad contra perforaciones eléctricas. La superficie del lado de conexión del aislador está vitrificada. La humedad y la suciedad tienen menor adherencia sobre el esmalte liso, con lo que se evita en gran medida las corrientes de fuga. El aislador aloja tanto el electrodo central como el perno de conexión.

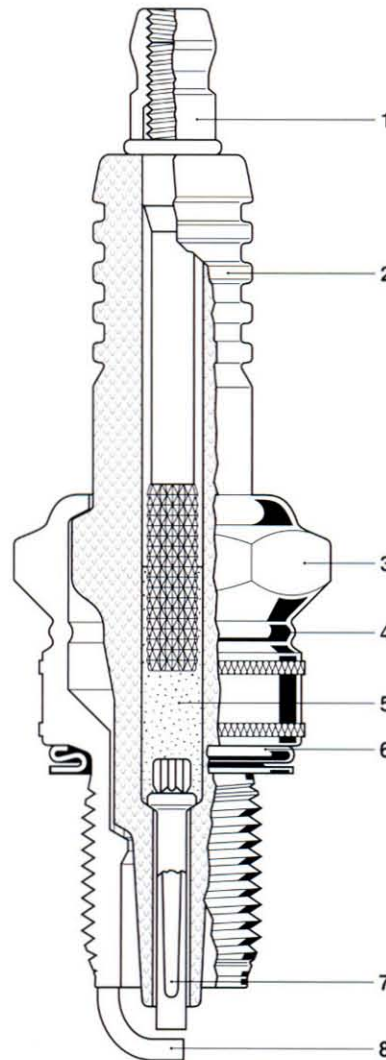
Las exigencias de buena conductibilidad térmica y una elevada capacidad aislante eléctrica que se plantean están en fuerte oposición con las propiedades de la mayoría

de los materiales aislantes. El material que emplea Bosch para los aisladores está integrado por óxido de aluminio, al que se han mezclado otras sustancias en pequeñas proporciones. Una vez cocida y vitrificada esta cerámica especial, satisface los requisitos de elevada capacidad aislante, buena conductibilidad térmica y resistencia mecánica y química, que se exigen del aislador de la bujía.

Figura 1

Estructura de la bujía de encendido.

- 1 Perno con tuerca de conexión,
- 2 aislador de cerámica de Al_2O_3 ,
- 3 cuerpo,
- 4 zona de contracción térmica,
- 5 vidrio conductor,
- 6 junta anular,
- 7 electrodo central de Ni/Cu,
- 8 electrodo de masa.



UMZ0272Y

Cuerpo de la bujía

El cuerpo es de acero y sirve para fijar la bujía a la culata. Su parte superior es hexagonal para aplicar la llave de bujía y la inferior va roscada. En la superficie del cuerpo se ha aplicado galvánicamente una capa de níquel que evita la corrosión, mantiene la capacidad deslizante de la rosca y evita el agarrotamiento o gripado (especialmente en las culatas de aluminio). Según la configuración del cuerpo, la bujía puede estar equipada con una junta anular (anillo de reborde). Después de colocar el aislador en el cuerpo de la bujía, el engaste y la contracción, mediante calentamiento inductivo a alta presión, tiene lugar en una sola operación.

Electrodos

El desgaste de los electrodos se debe a la erosión (abrasión por las chispas de encendido) y la corrosión (ataques químico-térmicos). Estos dos factores no pueden ser considerados por separado en cuanto a sus efectos sobre el desgaste. El desgaste hace que aumente la tensión de encendido. De los electrodos se exige, además, una buena capacidad de disipación de calor.

Según las condiciones de servicio y la aplicación, estos requisitos pueden obligar a utilizar diversas formas (figura 2) y distintos materiales para los electrodos.

Electrodo de masa

El electrodo de masa va fijado al cuerpo de la bujía y su sujeción es predominantemente rectangular. Según su disposición, se distingue entre electrodos frontal y lateral (figura 3).

Para la duración del electrodo de masa es decisiva la conductibilidad térmica. Una mejor evacuación de calor se puede obtener mediante una integración de materiales como en el electrodo central (figura 3a). Además, la duración del electrodo es determinada por la relación entre la superficie expuesta al calor y la sección disipadora de éste.

Se puede influir favorablemente sobre la descarga disruptiva eligiendo las menores dimensiones posibles y determinadas formas del electrodo de masa, así como un recubrimiento sólo parcial del electrodo central, y una configuración adecuada de las superficies y perfiles dirigidos hacia dicho electrodo.

Existen bujías de encendido con

- distintos números de electrodos de masa y
- con electrodos de masa de diferentes dimensiones.

Un electrodo de masa de perfil más grueso o un mayor número de estos incrementan la vida útil de las bujías.

Electrodo central

El electrodo central de bujías de encendido convencionales (intersticio entre el orificio del pie del aislador y el electrodo central) están incrustados en el aislador, en forma totalmente estanca por medio de una masa vítrea eléctricamente conductora. El diámetro del electrodo es algo más reducido que el orificio del pie del aislador, lo que es necesario teniendo en cuenta que los coeficientes de dilatación del material del electrodo y de la cerámica del aislador son distintos. El intersticio así formado tiene estrictas tolerancias y es de gran importancia para el grado térmico.

Figura 2

Formas de electrodos.

a Electrodo frontal, b electrodo lateral, c bujía de chispa deslizante sin electrodo de masa (aplicaciones especiales).

a



b



c



El electrodo central, cilíndrico, sobresale del pie del aislador. Los electrodos centrales de metales nobles tienen menor diámetro que los compuestos por un núcleo de cobre con un revestimiento de una aleación de níquel.

Separación entre electrodos

La separación entre electrodos (EA) es la distancia más corta entre el electrodo central y el de masa (figura 5). Cuanto menor sea la separación entre electrodos, tanto menos tensión de encendido se precisará.

En el caso de una separación entre electrodos demasiado pequeña, la tensión de encendido será ciertamente pequeña, pero pueden producirse fallos de inflamación, ya que por causa de la chispa corta se transmite insuficiente energía a la mezcla. Una separación entre electrodos demasiado grande exige una elevada tensión de encendido. Así, la energía se transmite en forma muy favorable a la mezcla, sin embargo la disminución de la reserva de tensión aumenta el riesgo de fallos de encendido.

Normalmente, la separación entre electrodos es de 0,7... 1,2 mm (figura 4). El valor de separación exacto, óptimo para cada motor, lo prescribe el fabricante de éste y puede consultarse en las instrucciones de manejo o bien en la documentación de ventas de bujías de encendido Bosch.

Formas de los electrodos

La forma de los electrodos influye en la capacidad disipadora de calor, la formación del núcleo de la llama, la resistencia al desgaste y la tensión de encendido necesaria.

La forma del electrodo depende del tipo de intersticio de salto y de la posición de la chispa.

Bujías de encendido con electrodos compuestos.

a Con electrodo frontal, b con electrodos laterales.
 1 Vidrio conductor, 2 intersticio, 3 pie del aislador, 4 electrodo central compuesto, 5 electrodo de masa compuesto, 6 electrodos de masa.

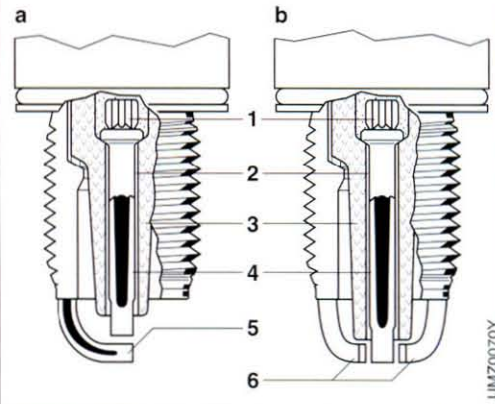


Figura 4

Figura 3

Relación entre la separación de electrodos y la tensión de encendido.

U_0 Tensión de encendido disponible,
 U_z tensión de encendido,
 ΔU reserva de tensión de encendido.

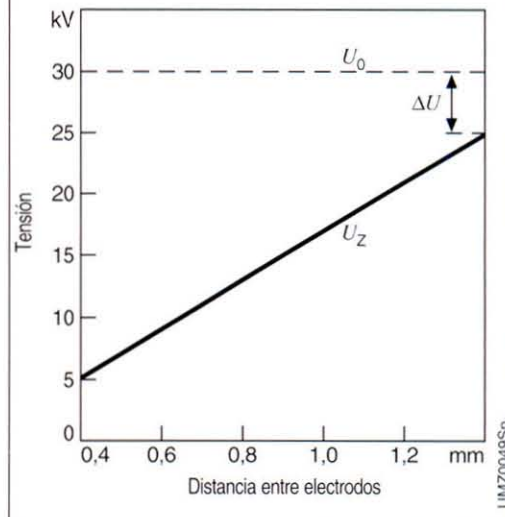
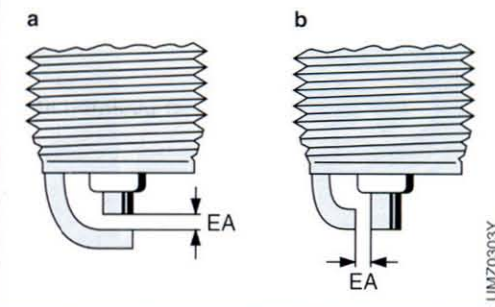


Figura 5

Separación de electrodos (EA).

a En electrodo frontal, b en electrodo lateral.



Distancia disruptiva

La posición relativa de los electrodos determina el tipo de intersticio de salto de chispa (figura 6).

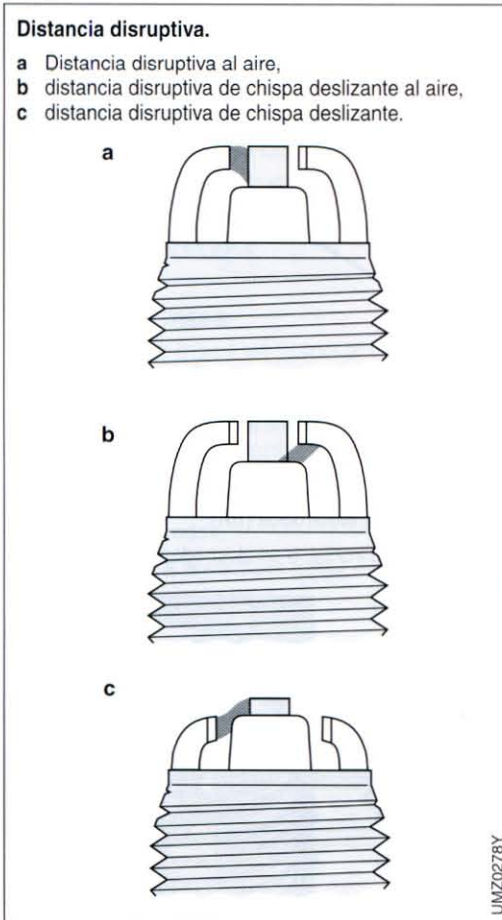
Distancia disruptiva al aire

En su recorrido directo entre el electrodo central y el de masa, la chispa de encendido atraviesa la mezcla de aire y combustible que se encuentra entre ambos electrodos.

Distancia disruptiva de chispa deslizante al aire

En ciertas condiciones, la chispa se desliza primero desde el electrodo central sobre la superficie de la punta del pie del aislador y salta luego a través de un intersticio de gas al electrodo de masa. Con la misma tensión de encendido disponible, la chispa deslizante al aire puede puentear separaciones de electrodos más grandes que la chispa al aire, lo que permite mejorar las condiciones de inflamación.

Figura 6



Distancia disruptiva de chispa deslizante

La función del intersticio de salto de la chispa deslizante es comparable con la distancia disruptiva de chispa deslizante al aire. En este caso, la chispa desliza primero desde el electrodo central sobre la superficie de la punta del pie del aislador y salta luego a través de un intersticio de gas al electrodo de masa.

Los electrodos de masa están dispuestos en forma lateral a la cerámica, de manera que la chispa no puede saltar en forma alternativa sobre una distancia disruptiva al aire.

Posición de la chispa

Se entiende por posición de la chispa la situación del intersticio entre electrodos en la cámara de combustión.

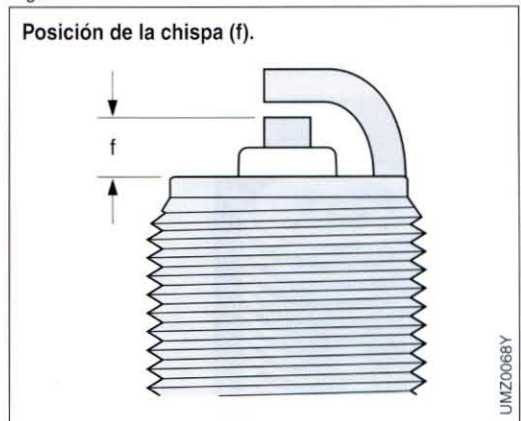
Las chispas eléctricas deben saltar donde las condiciones de flujo sean más favorables. Según la disposición de los electrodos y del aislador, la chispa eléctrica inflama la mezcla de aire y combustible desde una posición más o menos saliente.

La posición de la chispa *f* se refiere a la parte frontal del cuerpo de la bujía (figura 7).

La posición de la chispa normal asciende a 3...5 mm y para aplicaciones especiales existen bujías de encendido con posición de la chispa extrema. Como ejemplo, las bujías con posición de chispa retraída se emplean en motores de carreras y especiales. El intersticio de salto está en el interior del cuerpo.

De esta forma se limita en gran medida la absorción del calor de la cámara de combustión. La ventaja estriba en que estas bujías no se recalientan durante las carreras de competición.

Figura 7



Materiales de los electrodos

Electrodos compuestos

Gracias al desarrollo del electrodo central compuesto con núcleo de cobre, se han mejorado considerablemente aspectos tales como la sensibilidad frente a derivaciones y la resistencia a la corrosión en comparación con las bujías estándar de electrodo central a base de aleación de níquel (figura 8a).

En general, los metales puros son mejores conductores del calor que las aleaciones. Por otra parte, dichos metales, por ejemplo el níquel, reaccionan con mayor sensibilidad al ataque químico de los gases de la combustión y a los residuos sólidos de ésta que las aleaciones.

Por esta razón, el material que recubre el electrodo compuesto está constituido fundamentalmente a base de níquel aleado con cromo, manganeso y silicio.

Cada metal añadido a la aleación tiene una misión especial. Los aditivos de manganeso y silicio incrementan por ejemplo la resistencia química, sobre todo frente al dióxido sulfuroso, muy agresivo (el azufre procede preponderantemente del aceite lubricante).

Las aleaciones en base a níquel con aditivos de silicio, aluminio e itrio mejoran además la resistencia a la corrosión y oxidación.

El electrodo de masa, que debe ser flexible para poder ajustar la separación entre electrodos, también puede ser de una aleación de níquel y cromo o un material compuesto.

La estructura compuesta satisface de esta manera los requisitos de elevada capacidad termoconductora y gran resistencia a la corrosión.

Electrodo central de plata

La plata tiene la más alta conductibilidad eléctrica y térmica de todos los materiales. Además, presenta una extraordinaria resistencia química siempre que se utilice combustible sin plomo. Un considerable aumento de la resistencia al calor se obtiene por medio de materiales compuestos de partículas en base a plata. Las propiedades mencionadas de la plata son decisivas para la aplicación como material de electrodos.

El electrodo central de plata macizo se realiza con un pequeño diámetro (figura 8b).

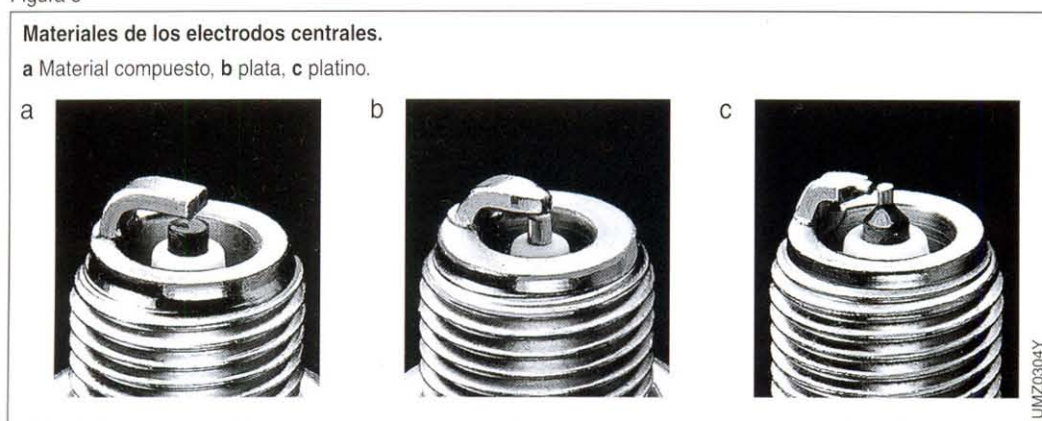
A pesar de su pequeño diámetro, el electrodo central de plata evacúa más calor que los comparables electrodos en base a níquel.

Electrodo central de platino

El platino resp. las aleaciones de platino poseen una excelente resistencia a la corrosión y oxidación así como una alta resistencia a la erosión eléctrica. Por esta razón, se utilizan como materiales de electrodos para bujías de encendido «Longlife».

En comparación con un electrodo a base de níquel, el de platino satisface las mismas exigencias con un menor tamaño (figura 8c).

Figura 8



Grado térmico de la bujía de encendido

Temperatura de trabajo de la bujía

Margen de funcionamiento

A fin de que la bujía se autolimpie, las partes de la punta del pie del aislador que se encuentran en la cámara de combustión al utilizar combustible sin plomo, no deben estar a una temperatura inferior a 500 °C y en el servicio permanente tampoco superior a los 850 °C, aproximadamente, para evitar el autoencendido (figura 1).

Durante la combustión se genera hollín en el arranque en frío con combustión incompleta. Ciertamente, estos residuos abandonan, en su mayor parte, el motor junto con los gases de escape, pero una pequeña parte se deposita, con el paso del tiempo, en la cámara de combustión y, por lo tanto, también en la bujía de encendido. Los residuos ensucian el pie del aislador, estableciéndose así una unión más o menos conductora entre el electrodo central y el cuerpo de la bujía. Esta «derivación» desvía una parte de la energía de encendido como «corriente de derivación», lo

que hace que se debiliten las chispas de encendido. Si la suciedad aumenta, es posible que se dejen de producir chispas (figura 2).

Los residuos de la combustión depositados sobre el pie del aislador dependen en gran medida de la temperatura de éste, y tienen lugar preponderantemente por debajo de aprox. 500 °C. A temperaturas superiores, los residuos hidrocarbonados se queman sobre el pie del aislador, y dejan de producirse pérdidas por derivación, es decir, la bujía se «autolimpia». Por esta razón, se procura que la temperatura de servicio del pie del aislador se sitúe por encima del «límite de autolimpieza» que es de aprox. 500 °C. El límite de autolimpieza debe alcanzarse lo antes posible tras el arranque.

Como límite superior de temperatura deben fijarse unos 900 °C, ya que por encima de esta temperatura la mezcla de aire y combustible sin inflama prematuramente al contacto con las partes calientes e incandescentes de la bujía (autoencendido). Los encendidos incontrolados de este tipo son muy perjudiciales para el motor, y lo pueden destruir en poco tiempo, por lo que la temperatura de funcionamiento de la bujía de encendido debe mantenerse entre los límites mencionados.

Figura 1

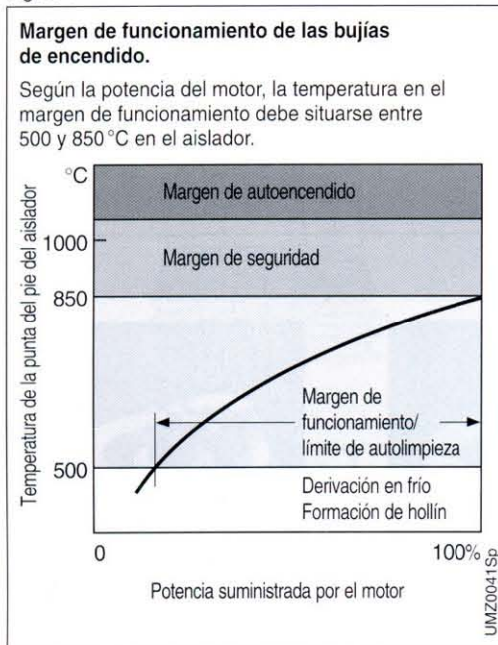
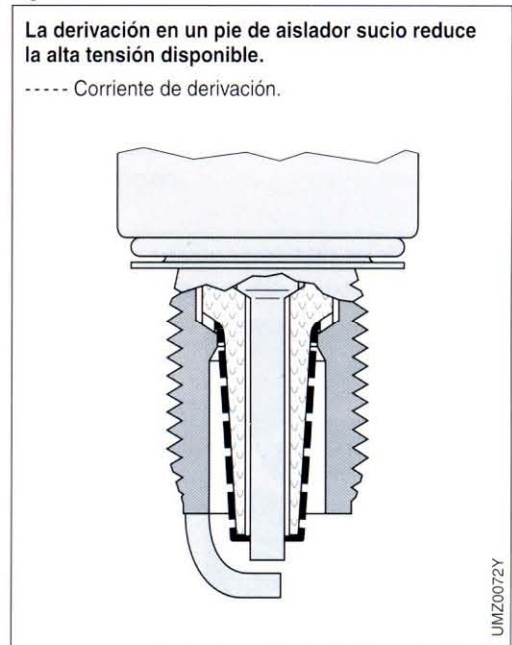


Figura 2



Capacidad de carga térmica

Como temperatura de trabajo se ajusta la de equilibrio entre la absorción y la evacuación de calor.

La bujía de encendido se calienta durante el funcionamiento en la cámara de combustión del motor. El cuerpo de la bujía adopta aproximadamente la temperatura de la culata; la que alcanza el aislador es considerablemente más alta.

Una parte del calor absorbido se transmite a los gases frescos que entran en la cámara. La mayor parte es transmitida al cuerpo de la bujía a través del electrodo central y del aislador, desde donde se deriva a la culata del motor (figura 3). El acceso de calor a la bujía depende del motor. Por lo general, en los motores con potencia específica elevada las temperaturas de la cámara de combustión son superiores a las de los motores con una potencia específica más baja. Por ello, la bujía de encendido debe estar, en lo que a la capacidad de absorción de calor se refiere, perfectamente adaptada al tipo de motor.

La capacidad de carga térmica de la bujía se caracteriza por el grado térmico.

Grado térmico y motor

El grado térmico es una medida para la capacidad de carga térmica de la bujía de encendido. Este debe estar adaptado a la característica del motor.

Las diversas características de los motores de automóvil: carga admisible, método de funcionamiento, compresión, régimen de revoluciones, refrigeración y clase de combustible, impiden aplicar un tipo único de bujía a todos ellos. Una misma bujía se calentaría en exceso en un determinado motor, y por el contrario, alcanzaría en otro una temperatura media relativamente baja.

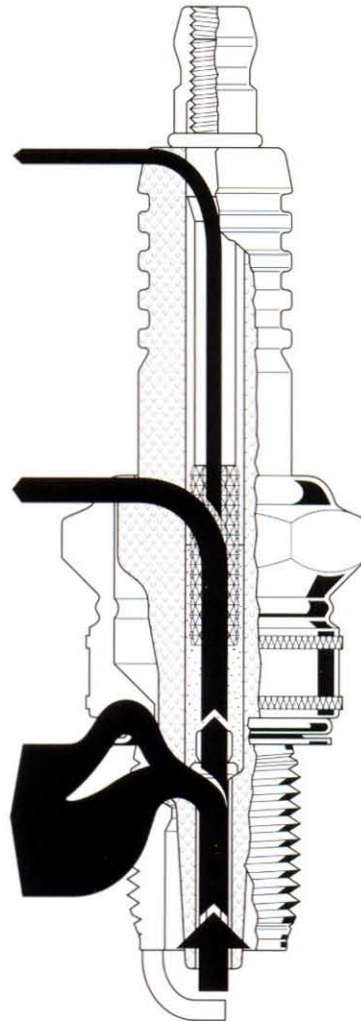
En el primer caso, la mezcla de aire y combustible se inflamaría al contacto con las partes incandescentes de la bujía, que penetran en la cámara de combustión (autoencendido). En el otro, los residuos de la combustión no tardarían en ensuciar la punta del pie del aislador, hasta el punto de provocar fallos de encendido debido a la derivación de energía. Por tanto, un mismo tipo de bujía no resulta adecuado para todos los motores.

Para evitar que en un determinado motor la bujía esté demasiado «caliente», o excesivamente «fría», se han diseñado bujías de encendido con diversas capacidades de carga, caracterizadas mediante el concepto «grado térmico», que se asigna a cada bujía. De esta forma, el grado térmico se convierte en la magnitud característica para elegir correctamente una bujía de encendido.

Figura 3

Vías de derivación del calor en la bujía de encendido.

Gran parte del calor recibido de la cámara de combustión se evacúa por conducción térmica (no se ha tenido en cuenta la ligera proporción de refrigeración, de aprox. el 20 %, debida a la corriente de mezcla fresca).



UMZ0082Y

Grado térmico y bujía

Adaptación de grado térmico

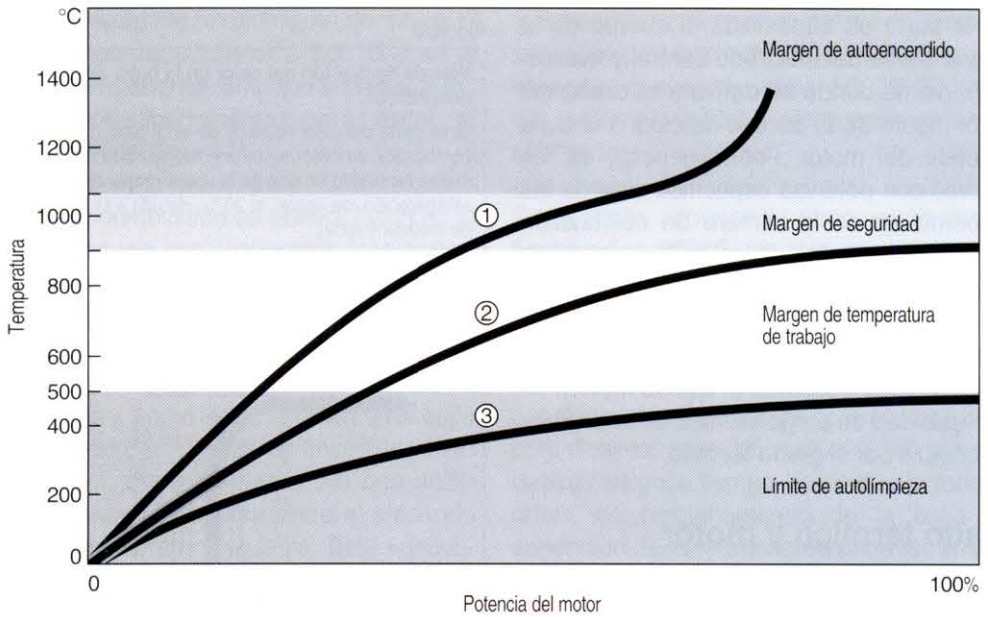
Ha quedado demostrado que la temperatura de la bujía de encendido no debe situarse ni por encima ni por debajo de un determinado intervalo. Esto significa que la bujía destinada a un motor «caliente», ha de tener capacidad

para evacuar mejor el calor que recibe, mientras que una bujía destinada a un motor «frío», debe absorber más calor, para permanecer dentro del margen de su temperatura de funcionamiento. Con el fin de adaptar la bujía a los diversos tipos de motores, se puede influir el grado térmico de la bujía especialmente por la configuración del pie del aislador.

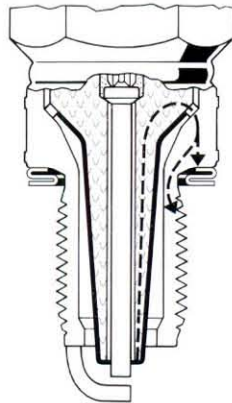
Figura 4

Curvas de temperatura en bujías con diversos índices de grado térmico.

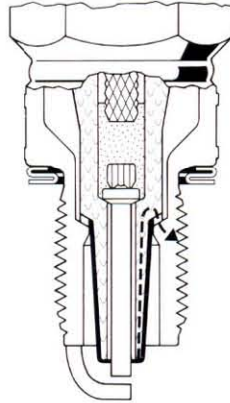
A plena carga en el mismo motor.



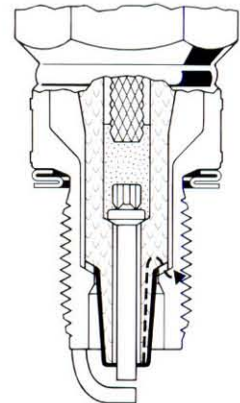
① Bujía con elevado índice de grado térmico («bujía caliente»). La gran superficie del pie del aislador absorbe mucho calor. Escasa evacuación.



② Bujía con índice de grado térmico medio. La superficie del pie del aislador es menor que en la «bujía caliente». Menor absorción de calor, mejor evacuación.



③ Bujía con bajo índice de grado térmico («bujía fría»). La pequeña superficie del pie del aislador absorbe poco calor. Muy buena evacuación de calor.



— Superficie absorbente de calor
 - - - - Vía de conducción de calor

Influencia del pie del aislador

El tamaño de la superficie del pie del aislador determina la absorción de calor. Si se expone a los gases de la combustión una amplia superficie, el pie del aislador se calentará considerablemente. Esto se consigue utilizando un pie de aislador largo. Por el contrario, en el pie de aislador corto, la superficie es pequeña, y el calentamiento menor.

La evacuación de calor desde el pie del aislador hacia el cuerpo de la bujía se produce a través del electrodo central y de la junta anular interior. En el pie del aislador largo, el punto de transición de calor constituido por la junta anular está más alejado de la zona más caliente del pie del aislador que en el aislador corto, de donde se deduce que las bujías con pie de aislador largo absorben más calor y pueden evacuar menos (siendo por tanto «más caliente») que las bujías con pie de aislador corto («bujía fría»).

Las distintas longitudes de pie de aislador determinan, por lo tanto, una característica diferencial resp. distintos grados térmicos.

Grado térmico e índice del mismo

El grado térmico de una bujía se caracteriza mediante el índice correspondiente.

Los índices de grado térmico bajos significan «bujía fría» con escasa absorción de calor por tener el pie de aislador corto.

Un índice elevado de grado térmico significa «bujía caliente», con pie de aislador largo y, por lo tanto, gran absorción de calor (figura 4). A fin de permitir diferenciar fácilmente las bujías de distinto grado térmico y poder asignarlas a los motores correspondientes, se han establecido unos índices de grado térmico para su designación que forman parte de la fórmula del tipo de bujía.

Índices bajos (p. ej. 2...4) significan «bujías frías»; índices altos (p. ej. 7...10), «bujías calientes».

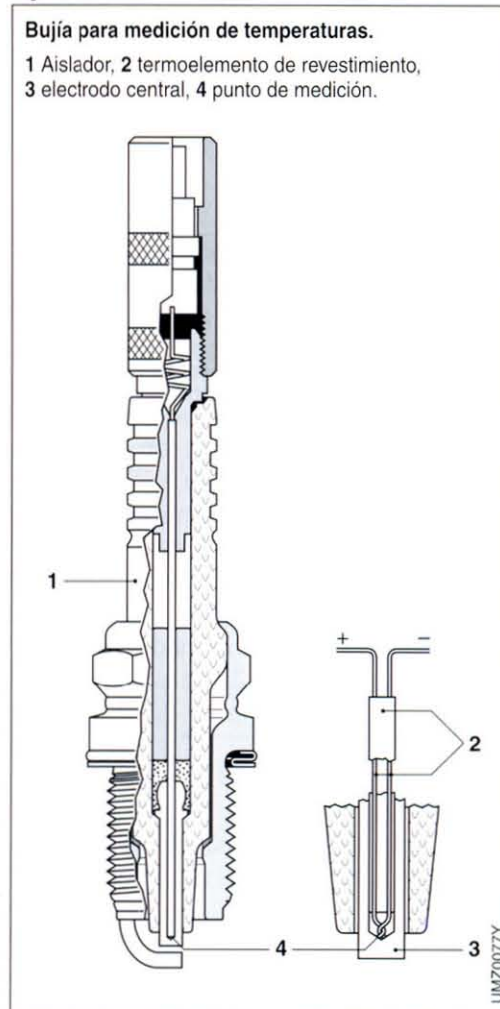
Adaptación de las bujías de encendido

Bujías para medición de temperaturas

El fabricante del motor y Bosch deciden conjuntamente qué bujía de encendido es la más adecuada.

La bujía para medición de temperatura proporciona el primer dato para una elección correcta. Mediante un termoelemento dispuesto en el electrodo central de una bujía se pueden medir las temperaturas de los distintos cilindros, en función del régimen de revoluciones y de la carga. Así se puede determinar con facilidad el cilindro más caliente y se garantiza una segura adaptación de bujías de encendido (figura 1).

Figura 1



Método de medición por corriente iónica

El método Bosch de medición por corriente iónica utiliza el proceso de combustión para determinar el grado térmico necesario para el motor. Mediante la medición de la conductibilidad en el espacio de descarga disruptiva, el efecto ionizante de las llamas permite valorar la evolución del inicio de la combustión de la mezcla de aire y combustible. Este proceso presenta características variables según la carga térmica de la bujía (figura 2).

La ventaja de este método en comparación con la simple medición de la temperatura en la cámara de combustión, reside en determinar la probabilidad de inflamación, que no depende sólo de la temperatura sino también de parámetros constructivos del motor y de la bujía de encendido.

Mediante un convenio internacional (ISO 2542-1972, figura 3), se establecieron unos conceptos y definiciones relativos al encendido incontrolado de mezclas de aire y combustible para la adaptación del grado térmico de las bujías.

Por «autoencendido» se entienden los encendidos que se producen con independencia de las chispas.

Si, antes del momento del encendido eléctrico, se producen inflamaciones se dice que hay «preencendido». Si las inflamaciones tienen lugar después del momento de encendido, se habla de «postencendido». Este último no supone ningún problema para el funcionamiento del motor; por contra, el preencendido puede causar graves daños. La adaptación de la bujía debe realizarse de forma que no se produzca preencendido.

La medición por corriente iónica permite adaptar el grado térmico de las bujías de encendido a cada motor, además de la medición del grado térmico en motores de pruebas. Adicionalmente, mediante la supresión de la chispa de encendido a determinados intervalos, el método de medición por corriente iónica permite seguir la evolución de los postencendidos y sus proporciones respecto al índice de supresión en función del aumento de la temperatura de la cámara de combustión (variación del ángulo de encendido en el sentido de «avance») (figura 4).

Figura 2

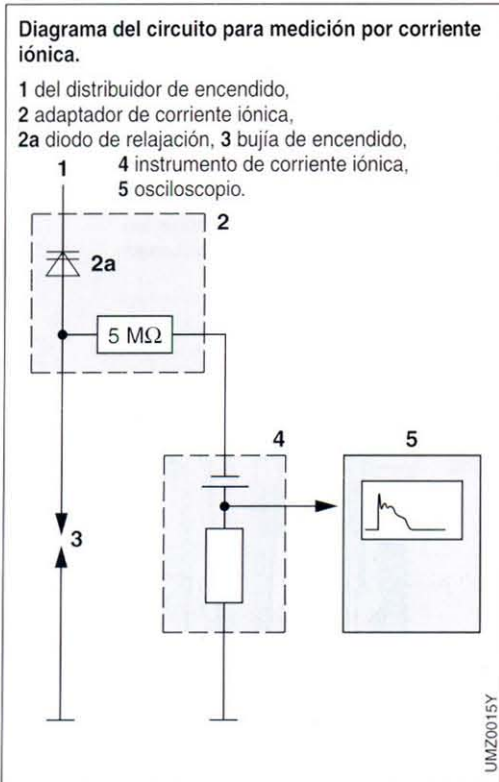
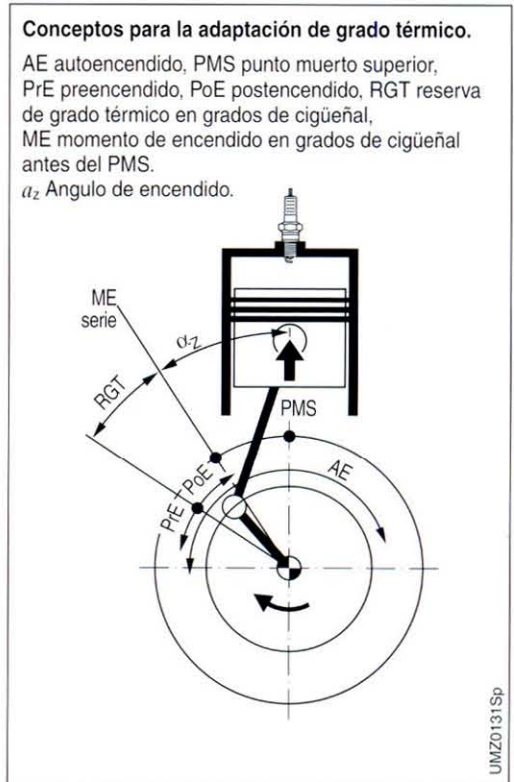


Figura 3



Una modificación del desarrollo de la corriente iónica, permite determinar con exactitud la transición del postencendido al preencendido incipiente. Con esto, el método de medición se puede utilizar también para evaluar la tendencia de diversos parámetros del diseño a provocar encendido por incandescencia.

La selección del grado térmico correcto para el motor se describe en base a un ejemplo: medición por corriente iónica en tres bujías Bosch de distintos grados térmicos con ajuste de ángulo de encendido de serie, $n = 5000 \text{ min}^{-1}$ (funcionamiento a plena carga).

Medición de corriente iónica (ejemplo).

Series de bujías de encendido con índices de grado térmico	% NE ¹⁾	VE ²⁾
WR9DC	100	sí
WR8DC	50	0
WR7DC	0	0

1) NE postencendido

2) VE preencendido

La bujía con mayor índice de grado térmico, presenta en este punto de trabajo el 100% de postencendido, lo que significa que por cada supresión de chispa tiene lugar una ignición de la mezcla comprimida de aire y combustible debido a la superficie demasiado caliente del pie del aislador. En casos individuales se pueden presentar incluso preencendidos. La bujía de encendido con índice de grado térmico medio indica aún en cada segunda supresión una inflamación, lo que significa que también en este caso es insuficiente la reserva de seguridad.

En el caso de la bujía con el índice de grado térmico más bajo, no se presentan ni preencendidos ni postencendidos. La temperatura de la superficie del pie del aislador permanece tan baja, de manera que no se producen inflamaciones. Así, en este caso se recomienda la utilización de esta bujía de encendido.

La reserva de grado térmico es lo suficientemente alta, ya que además los preencendidos se presentan recién con una bujía de encendido más caliente – en dos escalones de grado térmico.

Con lo expuesto queda claro que no es posible elegir y utilizar las bujías simplemente por catálogo.

Oscilogramas característicos de la corriente iónica.

- a Estado normal,
- b encendido suprimido sin postencendido,
- c encendido suprimido con postencendido,
- d preencendido.

ZZP Punto de momento de encendido

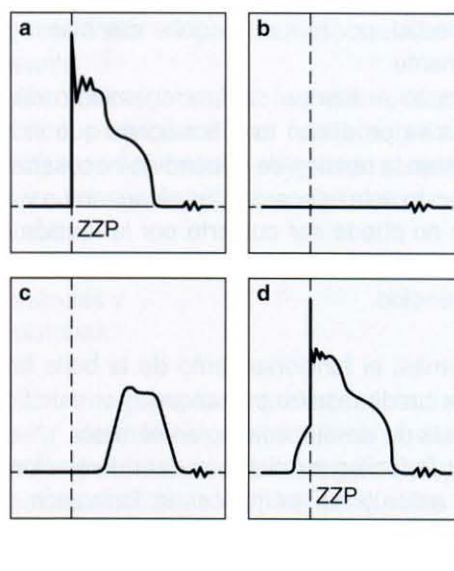


Figura 4

Para seleccionar la bujía adecuada, es usual una estrecha colaboración entre los fabricantes de motores y bujías de encendido. El automovilista deben observar en forma obligatoria las prescripciones del fabricante del motor o las recomendaciones en la documentación de venta de Bosch. En dicha documentación se incluyen también los datos relativos a diferencias regionales en las recomendaciones acerca del grado térmico. Las mediciones de adaptación de las bujías de encendido deben realizarse preferentemente en un banco de pruebas para motores o en el vehículo sobre el banco de pruebas de rodillos.

La circulación por las vías públicas, para la averiguación del punto de trabajo más caliente a plena carga durante un período prolongado, desde luego no son posibles.

Comportamiento de las bujías de encendido

Modificaciones durante el funcionamiento

Durante el funcionamiento del motor, la bujía está sometida tanto al desgaste como a la suciedad, por lo que se debe cambiar regularmente.

Durante el tiempo de funcionamiento de la bujía se producen modificaciones que incrementan la tensión de encendido necesaria. Cuando estas necesidades alcanzan un valor que no puede ser cubierto por la tensión de encendido disponible, se producen fallos de encendido.

Además, el funcionamiento de la bujía también puede resultar perjudicado por modificaciones de envejecimiento en el motor.

Los depósitos pueden provocar derivaciones por calor y así perjudicar la formación del núcleo de la llama. La consecuencia son fallos en la combustión, que están vinculados con un considerable aumento de las emisiones de sustancias nocivas y que pueden conducir al daño del catalizador.

Influencias debidas al motor

El envejecimiento del motor puede tener como consecuencia pérdidas de estanqueidad, que a su vez dan lugar a una mayor presencia de aceite en la cámara de combustión. Esto tiene como consecuencia la formación de unos depósitos más abundantes de hollín, ceniza y carbonilla en la bujía, que pueden provocar derivaciones con los consiguientes fallos de encendido.

Desgaste de los electrodos

Características

Por desgaste de electrodos se entiende el arranque de material en los electrodos.

Un signo evidente del desgaste es el aumento de la separación entre electrodos que se produce a lo largo del funcionamiento. Eligiendo adecuadamente los electrodos (material, geometría) y el concepto de bujía de encendido (chispa deslizante al aire) el desgaste se reduce al mínimo.

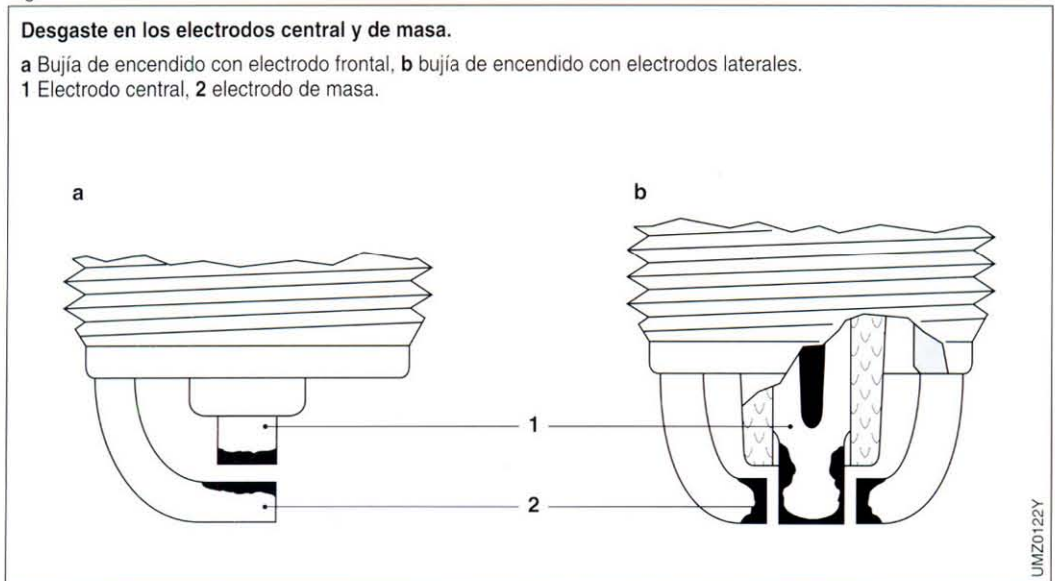
En el desgaste de los electrodos intervienen dos fenómenos:

- erosión por las chispas y
- corrosión en la cámara de combustión.

Erosión por chispas y corrosión

El salto de la chispa eléctrica provoca un aumento de la temperatura de los electrodos, lo que, en combinación con los gases agresivos

Figura 1



de la combustión, produce necesariamente un desgaste a temperaturas elevadas. Zonas microscópicamente pequeñas de la superficie se funden y oxidan, o reaccionan con los restantes componentes de los gases de la combustión. La consecuencia es un arranque de material que se manifiesta en el redondeo de los bordes y el aumento de la separación entre electrodos (figura 1).

A fin de minimizar el desgaste de electrodos, se utilizan materiales con una alta resistencia a las variaciones de temperatura como p. ej. el metal noble platino.

Estados de funcionamiento anómalos

Los estados de funcionamiento anómalos pueden destruir el motor y las bujías.

Entre ellos se cuentan:

- autoencendido,
- combustión detonante y
- consumo elevado de aceite (formación de ceniza y carbonilla).

El motor y las bujías pueden resultar dañados, además, si los sistemas de encendido están incorrectamente ajustados, así como por el empleo de bujías con un grado térmico inapropiado para el motor en cuestión, o por el uso de combustibles inadecuados.

Autoencendido

El encendido debido al sobrecalentamiento local durante el funcionamiento a plena carga, puede producirse en los siguientes puntos:

- en la punta del pie del aislador de la bujía,
- en la válvula de escape,
- en puntas salientes de la junta de la culata y
- en depósitos de residuos desprendidos.

El autoencendido es un proceso de inflamación incontrolado en el que la temperatura de la cámara de combustión puede elevarse hasta el extremo de causar graves daños en el motor y las bujías.

Combustión detonante

Por detonación o picado se entiende la combustión incontrolada con un aumento de pre-

sión muy pronunciado. Se produce por autoencendido de partes de la mezcla delante del frente de llamas iniciado por las chispas eléctricas. La combustión tiene lugar con una rapidez sensiblemente mayor que la normal («suave»), y da lugar a oscilaciones de presión con elevados valores-punta y altas frecuencias, que se superponen a la curva normal de presión (figura 2).

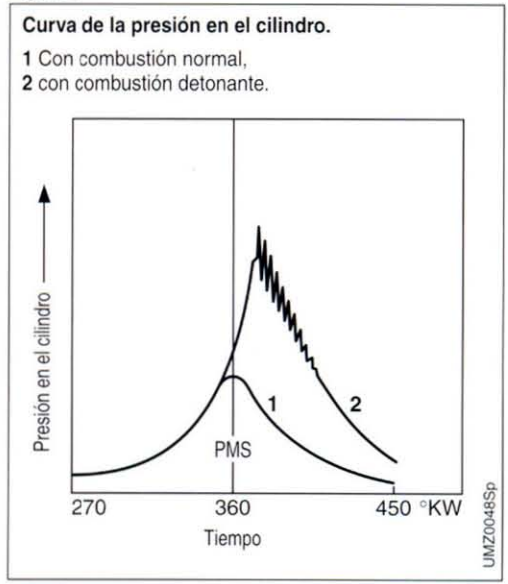
El impacto de las ondas de presión de alta frecuencia sobre las paredes de la cámara de combustión origina un ruido metálico tintineante.

Como consecuencia de las altas ondas de presión se produce una fuerte sobrecarga mecánica del motor, peligrando especialmente las siguientes piezas del motor:

- culata,
- bujía de encendido,
- válvulas y
- pistones.

Si la detonación pasa inadvertida, o no se le presta atención, el motor sufrirá inevitablemente graves daños. La imagen del daño muestra similitudes con los producidos por cavitación causados por corrientes de velocidad ultrasónica. Los efectos de la combustión detonante sobre las bujías pueden apreciarse, primero, por la formación de picaduras en la parte superior del electrodo de masa.

Figura 2



Formas constructivas

Aplicación

En virtud de los múltiples campos de aplicación existen diferentes formas constructivas de bujías de encendido con más de 1400 variantes individuales para:

- vehículos de turismo e industriales,
- motocicletas,
- botes y embarcaciones,
- máquinas agrícolas y de construcción,
- motosierras,
- aparatos de jardinería u horticultura, etc.

Asiento estanco

Según el tipo de motor, la estanqueidad entre la bujía de encendido y la culata se logra por medio de un asiento estanco plano o cónico (figura 1).

En el caso del asiento estanco plano, como elemento obturador se utiliza una junta que va instalada de manera «imperdible» en el cuerpo de la bujía. Este tiene una forma especial, y si su montaje es correcto, la obturación y la elasticidad se mantienen de modo permanente.

La estanqueidad del asiento estanco cónico se consigue sin emplear ninguna junta, por contacto directo de la superficie cónica del cuerpo de la bujía con la correspondiente superficie de la culata.

Figura 1

Asiento estanco plano con junta (izquierda) y cónico sin junta (derecha).



Bujías de encendido SUPER

Las bujías de encendido SUPER (figura 2) representan la mayor parte del programa de bujías de encendido de Bosch. Al respecto, para casi cada vehículo existe una variante apropiada, que está adaptada al respectivo motor con su margen específico de grado térmico. Las características esenciales de la bujía de encendido SUPER son:

- un electrodo central compuesto de una aleación de níquel y cromo, con núcleo de cobre incluido y
- una separación de los electrodos ya ajustada de fábrica para el respectivo motor.

El núcleo de cobre del electrodo central evacúa el calor, evitando así el sobrecalentamiento. La aleación de níquel y cromo protegen el núcleo de cobre ante la corrosión y garantizan así una alta resistencia de desgaste contra electroerosión.

Figura 2

La bujía de encendido SUPER de Bosch.

1 Electrodo central compuesto con núcleo de cobre.



Según la geometría del electrodo de masa y la aplicación, se forman diferentes espacios disruptivos. Al respecto, las bujías de encendido SUPER se dejan subdividir en tres categorías:

- bujías de encendido, en las cuales se forman exclusivamente chispas al aire,
- bujías de encendido, en las cuales se forman exclusivamente chispas deslizantes y
- bujías de encendido, en las cuales son posibles ambas distancias disruptivas (chispas deslizantes al aire).

Las últimas dos encuentran cada vez más aceptación, ya que en estos casos la chispa de encendido puede elegir el camino óptimo desde el electrodo central hacia el electrodo de masa, resp. se pueden realizar separaciones de los electrodos más grandes, aumentando así la seguridad de encendido.

Bujía de encendido SUPER 4

Estructura

La bujía de encendido SUPER 4 de Bosch (figuras 3 y 4) se diferencia de las bujías convencionales por

- cuatro electrodos de masa dispuestos en forma simétrica,
- un electrodo central plateado de una aleación de cromo y níquel con un núcleo de cobre incluido y
- una separación de los electrodos ajustada para toda la vida útil.

Figura 3

La bujía SUPER 4 de Bosch.



UMZ0282Y

Funcionamiento

Distancia disruptiva

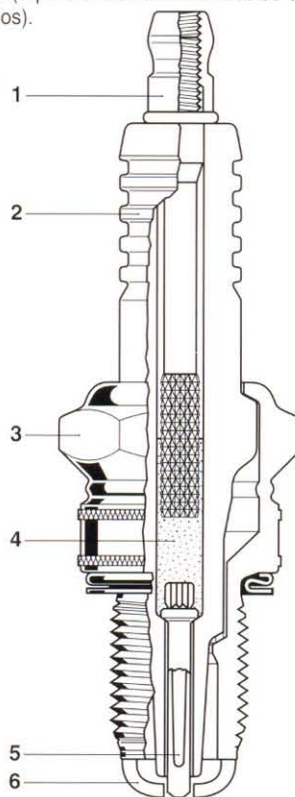
En la bujía de encendido con cuatro electrodos de masa, la chispa inflama la mezcla de aire y combustible en principio justamente como en las con dos electrodos de masa, es decir, ya sea como chispa al aire o deslizante al aire. En el caso de los cuatro electrodos de masa de la bujía de encendido SUPER 4, existen por ende ocho posibles intersticios de salto de chispa.

El intersticio de salto de chispa seleccionado es normalmente puramente casual (figura 5). Las chispas se reparten uniformemente alrededor del pie del aislador.

Figura 4

Estructura de la bujía de encendido SUPER 4 de Bosch.

1 Perno de conexión, 2 aislador, 3 cuerpo, 4 masa vítrea, 5 electrodo central, 6 electrodos de masa (representación de sólo dos de cuatro electrodos).



UMZ0281Y

Si el pie del aislador está sucio en un lugar (p. ej. con hollín), entonces la chispa se desliza preferentemente a través de esta suciedad y salta de este lugar al electrodo de masa más cercano (figura 6). En este caso, la chispa quema simultáneamente la suciedad.

Desgaste uniforme de electrodos

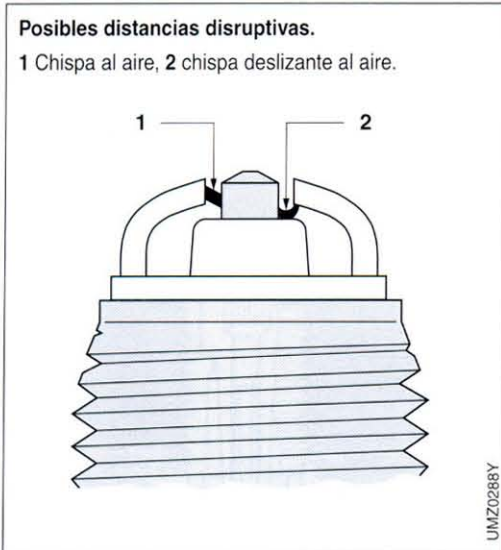
Como la probabilidad de la propagación de las chispas es igual para todos los electrodos, el desgaste de los electrodos de masa se reparte uniformemente en los cuatro electrodos. La resistencia óhmica de la masa vítrea disminuye la abrasión y contribuye así a una reducción del desgaste de electrodos.

Margen térmico

El electrodo central plateado evacúa el calor. El peligro de autoencendidos por sobrecalentamiento se reduce y se amplía el margen de funcionamiento seguro a temperaturas más elevadas. Gracias a la formación de chispas deslizantes tiene lugar la autolimpieza también a bajas temperaturas.

La bujía de encendido SUPER 4 cubre así como mínimo dos márgenes de grados térmicos de las bujías de encendido convencionales. Así, en el entretenimiento se pueden reequipar muchos vehículos con relativamente pocos tipos de bujías de encendido (también aquellos con técnica de bujías de encendido convencional).

Figura 5



Rendimiento de bujía de encendido

En virtud de los electrodos de masa delgados de la bujía de encendido SUPER 4, a la chispa de encendido se le extrae menos energía, que en el caso de las bujías de encendido convencionales. El rendimiento de la bujía de encendido aumenta, ya que para la mezcla de aire y combustible se tienen a disposición para cada encendido una energía correspondiente superior en hasta un 40% (figura 7).

Probabilidad de inflamación

Con el aumento del coeficiente de aire (mezcla pobre, $\lambda > 1$) disminuye la probabilidad de una inflamación segura de la mezcla ¹⁾.

Figura 6

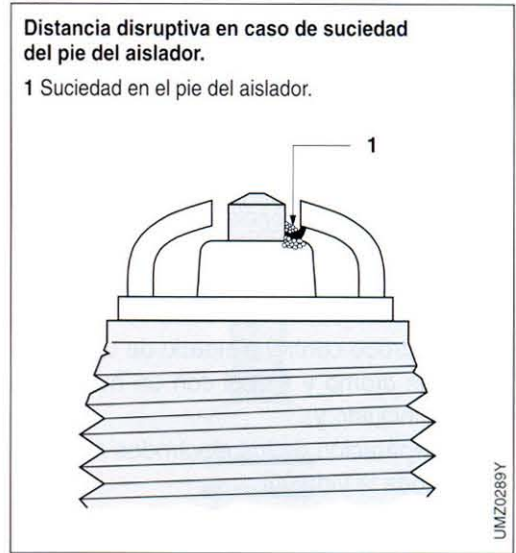
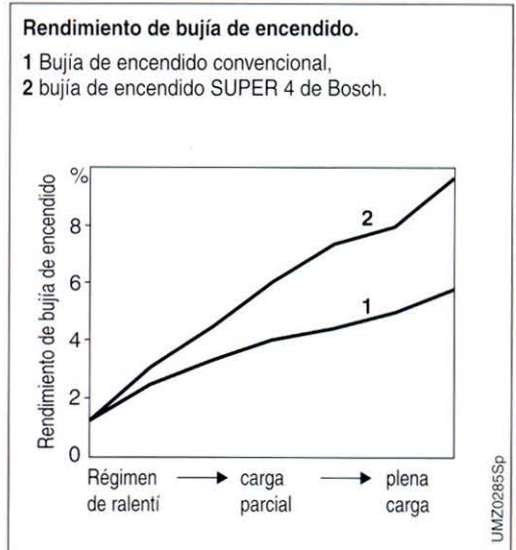


Figura 7



En pruebas de laboratorio, la bujía SUPER 4 garantiza hasta $\lambda = 1,55$ una inflamación segura de la mezcla, mientras que en bujías de encendido standard más de la mitad de todos los encendidos en este margen ya no inflaman la mezcla (figura 8).

Ventajas

En comparación a las bujías de encendido convencionales, la bujía de encendido SUPER 4 tiene las siguientes características mejoradas:

- mayor seguridad de inflamación mediante ocho posibles intersticios de salto de chispa,
- autolimpieza mediante técnica de chispa deslizante y
- margen ampliado de grado térmico.

La gran variedad de tipos se ha podido disminuir de tal manera. Actualmente, sólo 15 diferentes tipos cubren la mayor parte de las necesidades de Europa. Al respecto, en el caso de bujías de encendido convencionales se necesitan casi 80 diferentes tipos. La bujía de encendido SUPER 4 se puede utilizar también en vehículos más antiguos, de manera que también éstos pueden aprovechar las

ventajas de la técnica moderna de bujías de encendido.

Comportamiento en arranques en frío

Gracias al mejor comportamiento a bajas temperaturas y a la autolimpieza, se pueden realizar hasta tres veces más arranques en frío (arranques sin calentamiento del motor) que en las bujías de encendido convencionales.

Protección de ambiente y catalizador

El mejor comportamiento de arranque en frío y la mayor seguridad de inflamación también en la fase de calentamiento, disminuyen la proporción de combustible no quemado y reducen así las emisiones de HC. Además, de este modo se prolonga la vida útil del catalizador.

Aceleración mejorada

Un empobrecimiento de la mezcla durante la marcha se presenta sobre todo al acelerar en forma pronunciada. La bujía de encendido SUPER 4 de Bosch, con mayor probabilidad de inflamación evita posibles fallos de encendido y garantiza así una aceleración continua. En el ensayo se ha obtenido respectivamente un valor mejorado en 0,4 s durante la aceleración de 30 a 120 km/h en la tercera resp. cuarta marcha. El recorrido de aceleración (figura 9) se reduce así en cinco metros; la seguridad para el conductor y los ocupantes aumenta al adelantar.

¹⁾ El coeficiente de aire resp. la relación de aire y combustible λ (Lambda) indica la divergencia de la mezcla de aire y combustible efectivamente existente de la teórica necesaria:

$$\lambda = \frac{\text{masa de aire suministrada}}{\text{necesidad de aire teórica}}$$

Figura 8

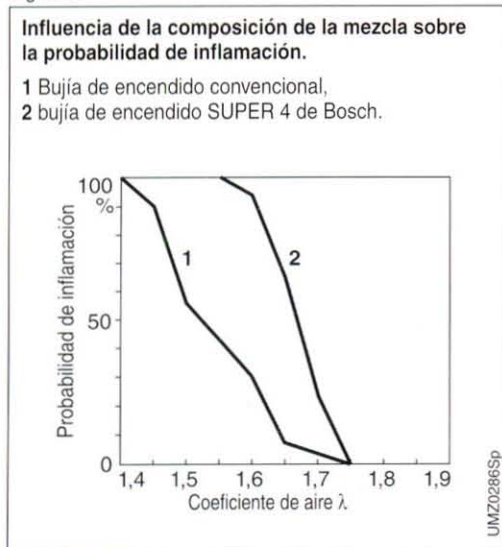
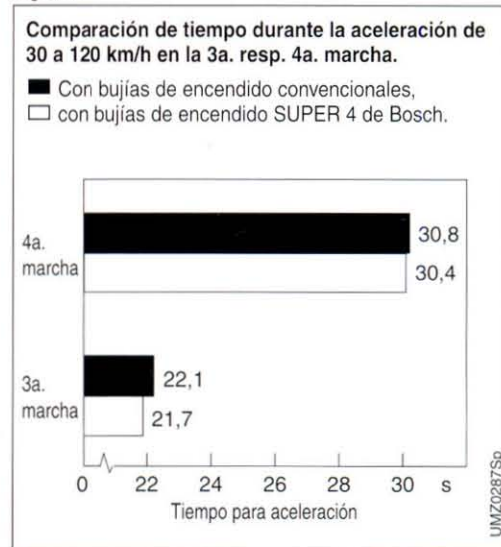


Figura 9



Bujía de encendido de platino plus 4

Estructura

La bujía de encendido de platino plus 4 de Bosch (figura 10) es el último desarrollo de las bujías de encendido anteriormente descritas. La estructura de esta bujía de encendido de chispa deslizante se diferencia de las bujías convencionales por

- cuatro electrodos de masa dispuestos simétricamente con curvado doble,
- un electrodo central delgado de platino,
- una espiga de contacto de una aleación especial con geometría mejorada,
- una cerámica de aislador recientemente desarrollada con alta resistencia a perforaciones eléctricas y
- una forma funcionalmente mejorada del pie del aislador.

Funcionamiento

Distancia disruptiva

En principio, la chispa de encendido se genera como en todas las demás bujías de encendido: Gracias a la alta tensión existente, en la superficie del electrodo central se generan sobreaumentos de campo, los cuales conducen a una perforación de chispa en el punto con la mayor intensidad de campo. Al contrario a las bujías de encendido con distancia disruptiva al aire, la chispa de la bujía de encendido de platino plus 4 se desliza primero sobre la superficie del pie del aislador y salta luego a través del intersticio hacia el electrodo de masa (distancia disruptiva de chispa deslizante).

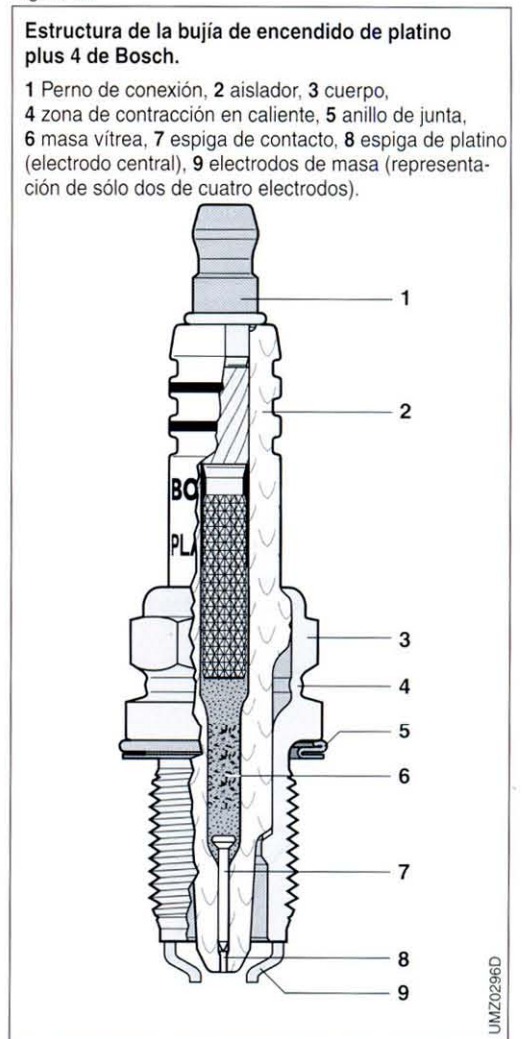
Desgaste uniforme de electrodos

La chispa elige el camino con la menor resistencia al saltar y por ende el electrodo de masa, que se encuentra más cercano al punto de origen. No obstante, el desgaste se presenta uniformemente distribuido en los cuatro electrodos durante el funcionamiento del motor, de manera que se obtienen intervalos largos para el cambio de bujías de encendido. Tanto la espiga de platino del electrodo central resistente a la electroerosión, como también el material mejorado de los cuatro electrodos de masa contribuyen a una alta duración. La resistencia óhmica realizada

en la masa vítrea reduce la descarga capacitiva, de manera que también se reduce la erosión de chispa.

La comparación en la figura 11 muestra, que el reducido desgaste de electrodo de las bujías de encendido de platino plus 4 durante un funcionamiento del motor de 800 h sobre un banco de pruebas de motores (corresponde a más de 100 000 km de marcha real), conduce a un aumento mucho menor de la tensión de encendido necesaria que en las bujías de encendido con distancia disruptiva al aire. Las figuras 12 y 13 muestran además los «aspectos de bujías» de una bujía de encendido de platino plus 4 en estado nuevo y tras un funcionamiento de 800 h, en lo cual se puede ver claramente el pequeño desgaste de electrodo al final del funcionamiento continuo.

Figura 10



Seguridad de inflamación

La separación de los electrodos (EA) extremadamente grande de 1,6 mm le otorga a la bujía de encendido de platino plus 4 una excelente seguridad de inflamación. Además, los cuatro electrodos de masa están dispuestos en una forma tan favorable con respecto a la cámara de combustión del cilindro del motor, de manera que no tiene lugar un «recubrimiento» de la chispa de encendido y por ello se puede inflamar libremente la mezcla de aire y combustible.

Características del arranque en frío

Las buenas características de arranque en frío de la bujía de encendido de platino plus 4 se basan en el principio de chispa deslizante. Las chispas deslizantes se encargan de una permanente autolimpieza: estas queman el hollín depositado sobre la superficie del aislador. Gracias a ello, con las bujías de encendido de platino plus 4 se puede alcanzar un mejor comportamiento en los arranques repetidos en frío en comparación a las bujías de encendido con chispa al aire.

Ventajas

La bujía de encendido de platino plus 4 se caracteriza por diferentes propiedades, las cuales la hacen especialmente apropiada para aplicaciones de larga duración:

- alta duración de electrodos y cerámica prolongan los intervalos de cambio de bujías de encendido hasta 100 000 km,
- elevado número de posibles repeticiones de arranque en frío,
- muy buenas características de inflamación y por ello un decisivo mejoramiento de la suavidad de marcha del motor,
- desarrollo continuo de fuerza resp. potencia durante la fase de aceleración.

Figura 12



Figura 11

Aumento de la tensión de encendido necesaria durante el funcionamiento del motor.

1 Bujía de encendido con chispa al aire (EA = 0,7 mm),
2 Bujía de encendido de platino plus 4 con chispa deslizante (EA = 1,6 mm).

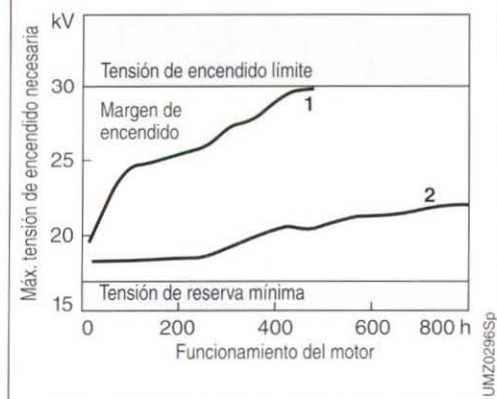


Figura 13



Bujías especiales

Aplicación

En determinados casos se utilizan bujías especiales. Estas se diferencian en su estructura constructiva, la cual se establece en base a las condiciones de aplicación y montaje en el motor.

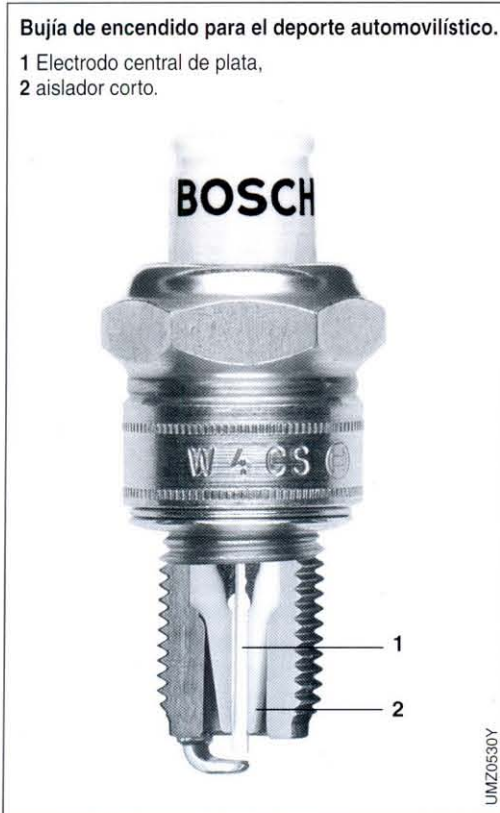
Bujías de encendido para el deporte automovilístico

Los motores de los vehículos deportivos se ven sometidos a elevados esfuerzos térmicos por el hecho de funcionar permanentemente a plena carga. Las bujías especiales para estos casos tienen, por lo general, los electrodos de metales nobles (plata, platino) y un pie de aislador corto. Su absorción de calor es muy baja, debido a la corta longitud del pie del aislador, y en cambio el grado de disipación es muy elevado, gracias al electrodo central (figura 14).

Bujías de encendido con resistencia

Mediante la incorporación de una resistencia en el camino hacia el espacio disruptivo de la

Figura 14



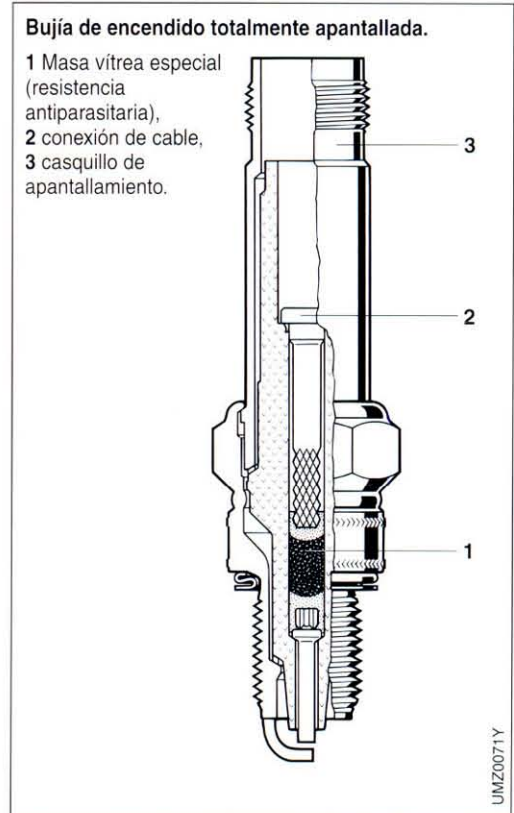
bujía pueden derivarse los impulsos parasitarios a los cables de encendido, con lo que se reduce la irradiación de perturbaciones. En virtud de la pequeña corriente en la fase del arco de la chispa de encendido se reduce también la erosión de los electrodos. La resistencia la constituye la masa vítrea colada especial existente entre el electrodo central y el perno de conexión. Con los correspondientes aditivos se consigue que esta masa vítrea tenga la capacidad de resistencia necesaria.

Bujías de encendido totalmente apantalladas

Si se plantean grandes exigencias al anti-parasitaje (radiotransmisores, autoteléfono), puede ser necesario el apantallamiento de la bujía.

En las bujías totalmente apantalladas, el aislador va rodeado por un casquillo metálico. La conexión se encuentra en el interior del aislador. El cable de encendido apantallado se fija en el casquillo mediante una tuerca de racor. Las bujías totalmente apantalladas son estancas al agua (figura 15).

Figura 15



Fórmula de tipo

La designación de los tipos de bujías se realiza mediante una fórmula de tipo (figura 16). En la fórmula de tipo se incluyen todas las ca-

racterísticas de la bujía – excepto la separación de los electrodos. Esta se indica adicionalmente en el envase. El tipo de bujía adecuado para cada motor lo prescribe o recomienda el fabricante de dicho motor y Bosch.

Formas constructivas

Figura 16

Clave de la fórmula de tipo para bujías de encendido Bosch (dimensiones en mm).

Forma de asiento y rosca	Ejecución	Índice de grado térmico	Longitud de rosca Posición de la chispa	Versiones de electrodos	Material de electrodos	Tipo de ejecución	
W	R	7	D	T	C	X	
D M18x1,5		13	A			R Resistencia contra electro-erosión	
F M14x1,25		12	B			D	S
H M14x1,25		11	C			T	T
M M18x1,5		10	D			Q	U
U M10x1		9	E				V
W M14x1,25		8	F				W
X M12x1,25		7	G				X
Y M12x1,25		6	H			C Cobre	Y
Z M12x1,25		5	K			E Niquel-itorio	Z
B		4	L			P Platino	0
C		3	M			S Plata	1
E		2	N				2
G		09	S				4
L	08	T		9			
M	07						
R	06						
S							

B	apantallada, estanca al agua, para cable de encendido de Ø7mm con resistencia
C	apantallada, estanca al agua, para cable de encendido de Ø 5mm con resistencia
E	Bujía de encendido de chispa deslizante sin electrodo de masa
G	Bujía de encendido de chispa deslizante con electrodo(s) de masa
L	Bujías de encendido de chispa deslizante al aire
M	para el deporte automovilístico
R	con resistencia antiparasitaria
S	para motores pequeños

Longitud de rosca corta
Bujías de encendido D: 10,9 mm

UMZ0081Sp

Práctica

Montaje de las bujías de encendido

Cuando el montaje y el tipo elegido son correctos, la bujía constituye un componente fiable del sistema de encendido.

Un reajuste de la separación de los electrodos se recomienda sólo en bujías de encendido con electrodos frontales. En el caso de bujías de encendido con distancia disruptiva de chispa deslizante al aire no se debe reajustar el electrodo de masa.

Desmontaje

Para desmontar la bujía, primero se afloja ésta algunos hilos de rosca. A continuación se limpia el alojamiento de la bujía con aire comprimido o con un pincel, para que no entren partículas de suciedad en la rosca de la culata ni en la cámara de combustión. Sólo entonces se desenrosca la bujía por completo.

La bujía de encendido fija con dificultad de movimiento se desenrosca sólo un poco, para evitar que sufra daño la rosca de la culata. Seguidamente se aplican a la rosca unas gotas de aceite o un disolvente en base a aceite, se vuelve a enroscar la bujía y, pasado un breve tiempo de efecto, se intenta desenroscarla por completo.

Montaje

Para montar la bujía en el motor deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- Las superficies de contacto, tanto de la bujía como del motor, tienen que estar limpias.
- Las bujías Bosch han sido tratadas con un aceite anticorrosión, de manera que no es necesario aplicar un lubricante adicional. Los hilos de rosca están niquelados, por lo que no pueden griparse.

A ser posible, las bujías deberán apretarse con una llave dinamométrica respetando el par de apriete indicado en la tabla 1. Al apretar la bujía, el par se transmite desde el hexágono al asiento estanco y a la rosca.

Si el cuerpo de la bujía se deforma a causa de haber aplicado un par excesivo o por la colocación incorrecta de la llave de bujías, existe el riesgo de que se afloje el aislador. Así, se perturba el intercambio de calor de la bujía de encendido y se pueden producir daños en el motor, por lo que el par de apriete no debe superar un valor determinado.

Los pares prescritos son válidos para bujías nuevas, es decir, para las ligeramente aceitadas.

En la práctica se trabaja frecuentemente sin llave dinamométrica, lo que da lugar a que las bujías se aprieten excesivamente. Bosch recomienda las siguientes reglas:

1. Roscar la bujía a mano todo lo posible en la rosca limpia, y luego colocar la llave de bujías en lo cual se debe diferenciar entre:
 - las bujías nuevas con asiento estanco plano, se deben enroscar aprox. 90° más a partir de que se observe la primera resistencia al giro (figura 1),

Tabla 1

Pares de apriete.			
Asiento estanco de bujía de encendido	Rosca	Material de la culata	
		Fundición Par de apriete (N · m)	Metal ligero Par de apriete (N · m)
Bujía con asiento estanco plano	M 10x1	10 ... 15	10 ... 15
	M 12x1,25	15 ... 25	15 ... 25
	M 14x1,25	20 ... 40	20 ... 30
	M 18x1,5	30 ... 45	20 ... 35
Bujía con asiento estanco cónico	M 14x1,25	20 ... 25	15 ... 25
	M 18x1,5	20 ... 30	15 ... 23

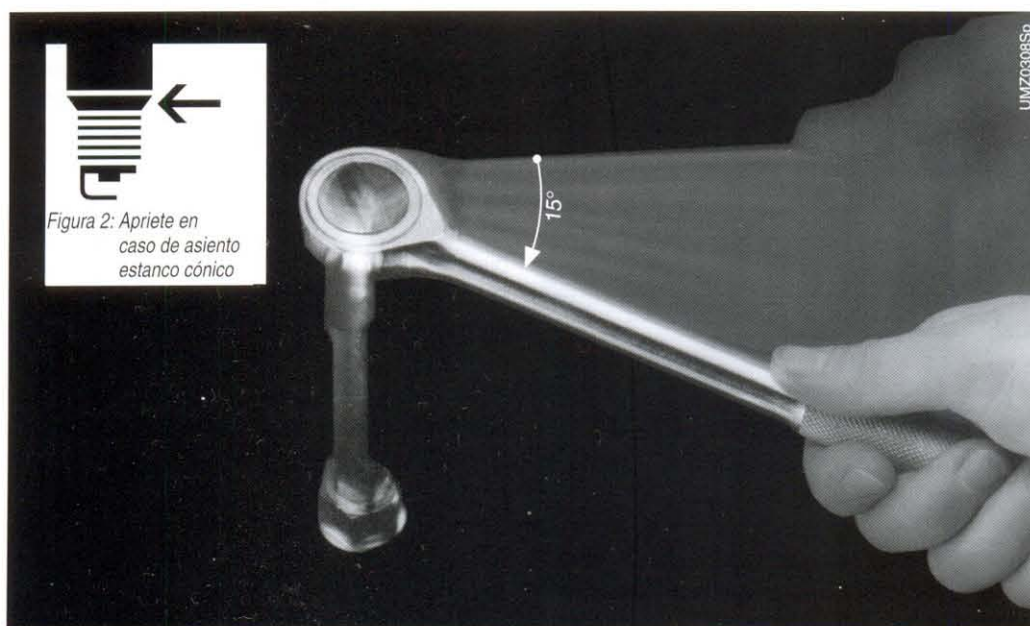
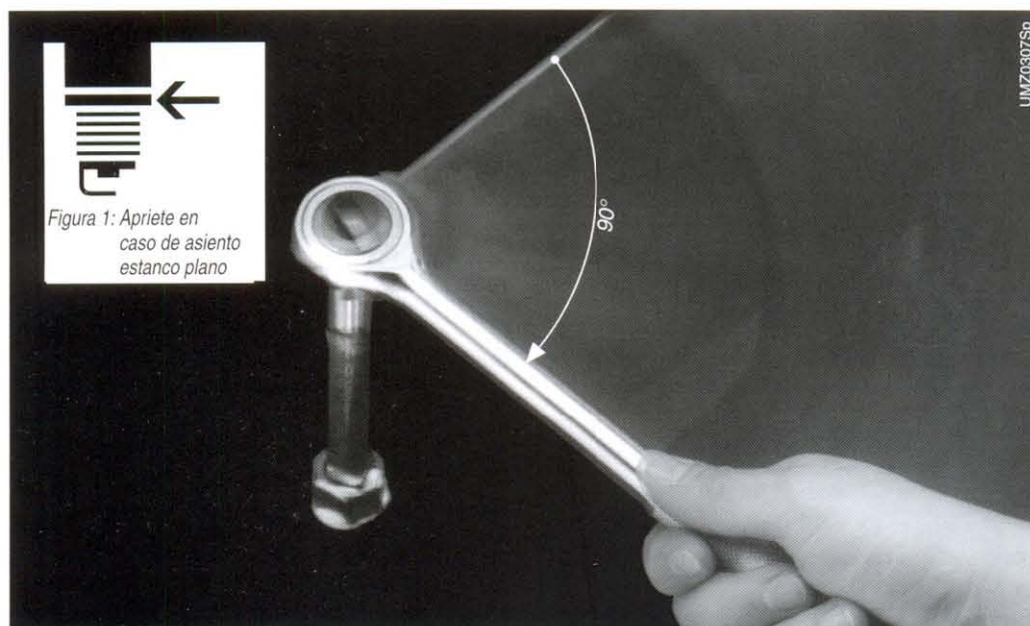
- las bujías usadas con asiento estanco plano, que se deben seguir enroscando el número de grados equivalente a unos 5 minutos de reloj, o bien en un ángulo de aprox. 30° y
- las bujías con asiento estanco cónico, que se deben seguir enroscando el número de grados equivalente a unos 2 a 3 minutos de reloj, o bien en un ángulo de aprox. 15° (figura 2).

2. Al aflojar o apretar las bujías, la llave de tubo no debe mantenerse oblicua; de lo

contrario se oprimiría o empujaría el aislador hacia un lado, quedando la bujía inutilizada.

3. En las llaves de tubo con maneral suelto, el orificio para este debe encontrarse por encima de la bujía de encendido, a fin de que el maneral pueda pasar por completo a través de la llave.

Si el orificio se encuentra más bajo y el maneral sólo se introduce un poco, se estropeará la bujía.



Errores y sus consecuencias

Como norma general, para un determinado tipo de motor deben utilizarse exclusivamente las bujías autorizadas por el fabricante de aquél o recomendadas por Bosch. Para evitar una elección incorrecta, el automovilista deberá solicitar el asesoramiento de un especialista del Servicio Bosch. Además, las ayudas para orientación y compra, tales como catálogos, estanterías con paneles informativos o tablas de aplicaciones, proporcionan las informaciones deseadas.

El uso de tipos de bujías inadecuados puede provocar graves daños en el motor. Los errores que se pueden cometer con mayor frecuencia son:

- índice de grado térmico incorrecto,
- longitud de rosca inadecuada o
- manipulaciones en el asiento estanco.

Índice de grado térmico incorrecto

El índice de grado térmico ha de coincidir necesariamente con el correspondiente a la bujía prescrita por el fabricante del vehículo o recomendada por Bosch.

Cuando se utilizan bujías con un índice de grado térmico distinto al prescrito para el motor, puede producirse autoencendido.

Longitud de rosca inadecuada

La longitud de la rosca de la bujía debe corresponder a la longitud de la rosca de la culata.

Si la rosca es demasiado larga, la bujía se introducirá en exceso en la cámara de combustión. Consecuencias:

- posibles daños en el pistón,
- imposibilidad de desenroscar la bujía por coquización de los hilos de rosca o
- sobrecalentamiento de la bujía.

Si la rosca es demasiado corta, la bujía no se introducirá lo suficiente en la cámara de combustión. Consecuencias:

- inflamación deficiente de la mezcla,
- la bujía no alcanza la temperatura de autolimpieza y
- se coquizan los hilos de rosca inferiores de la culata.

Manipulaciones en el asiento estanco

En el caso de bujías con asiento estanco cónico, no debe utilizarse arandela ni junta. En las bujías con asiento estanco plano se utilizará únicamente la junta «imperdible» que lleva instalada. Esta junta no se debe quitar ni sustituir por una arandela.

Sin la junta, la bujía penetra demasiado en la cámara de combustión con lo que se perturba el paso de calor desde el cuerpo de la bujía a la culata, y el asiento deja de ser estanco.

Si se utiliza una junta adicional, la bujía no penetra lo suficiente en el taladro roscado, y el paso de calor desde el cuerpo de aquella a la culata también se menoscaba.

Aspectos de las bujías de encendido

Los aspectos de las bujías de encendido permiten conocer su funcionamiento y el del motor.

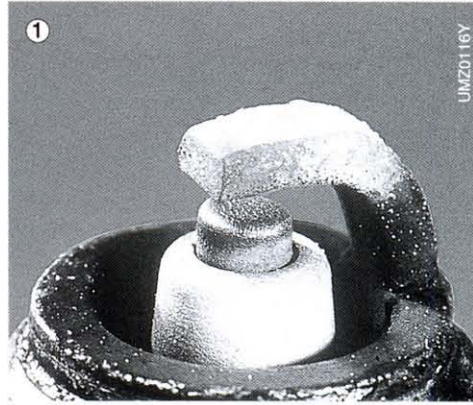
El aspecto exterior de los electrodos y los aisladores de la bujía – el «aspecto de la bujía» – permite conocer su funcionamiento, así como la composición de la mezcla y el proceso de combustión en el motor (figuras 3 hasta 5).

La valoración del aspecto de la bujía es, por tanto, un factor esencial en el diagnóstico del motor. Sin embargo, la información sólo se podrá considerar fidedigna si se cumple la siguiente condición: Antes de evaluar el aspecto de la bujía, es necesario que el vehículo haya circulado. Un funcionamiento previo prolongado en ralentí y, en especial, cuando se ha arrancado el motor en frío, puede hacer que se deposite hollín enmascarando el «auténtico aspecto de la bujía». El vehículo debe recorrer previamente una distancia aproximada de 10 km. Durante este recorrido, el motor debe funcionar a regímenes cambiantes en el margen medio de potencia, y deberá evitarse un funcionamiento prolongado del motor en ralentí antes de pararlo.

Aspectos de las bujías de encendido, parte 1.

① Normal.

Pie del aislador, de color blanco grisáceo o gris amarillento hasta pardo corzo. El motor está a punto. Grado térmico correctamente elegido. El ajuste de la mezcla y del encendido son perfectos, no hay fallos de encendido y el sistema de arranque en frío funciona bien. No hay residuos de aditivos de plomo del combustible ni de componentes de aleación del aceite del motor. No existe sobrecarga térmica.

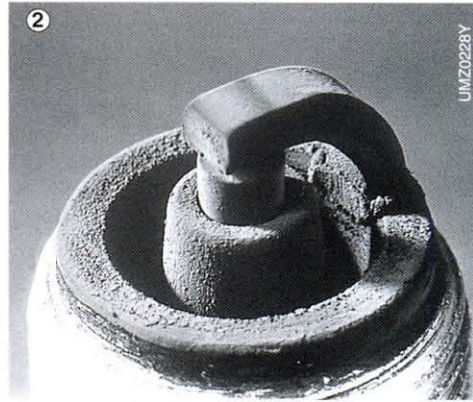


② Bujía cubierta de hollín.

Pie del aislador, electrodos y cuerpo de bujía cubiertos de hollín de color negro mate y aspecto aterciopelado. **Causa:** Ajuste incorrecto de la mezcla (carburador, inyección): mezcla demasiado rica, filtro de aire muy sucio, dispositivo automático de control del caudal de arranque defectuoso o cable de mando del estrangulador de arranque se ha mantenido sacado demasiado tiempo, recorridos predominantemente cortos, bujía demasiado «fría», valor característico de grado térmico demasiado bajo.

Repercusión: Fallos de encendido, dificultades al arrancar en frío.

Remedio: Ajustar correctamente la mezcla y el dispositivo de control automático del caudal de arranque, revisar el filtro de aire.



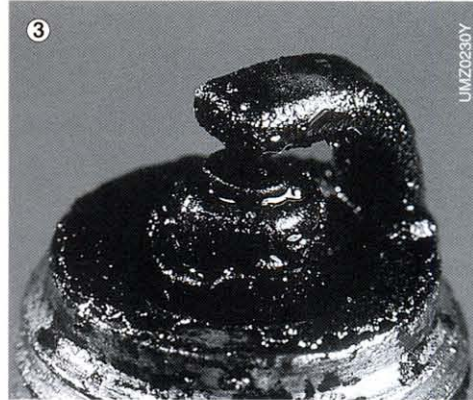
③ Bujía engrasada.

Pie del aislador, electrodos y cuerpo de bujía cubiertos de hollín aceitoso brillante o de carbonilla de aceite.

Causa: Demasiado aceite en la cámara de combustión. Excesivo nivel de aceite, segmentos de pistón, cilindros y guías de válvula muy desgastados. En motores de dos tiempos, demasiado aceite en la mezcla.

Repercusión: Fallos del encendido, dificultades al arrancar.

Remedio: Reparar el motor, mezcla correcta de combustible y aceite, bujías nuevas.



④ Depósito de plomo.

El pie del aislador presenta en algunos puntos una vitrificación pardo-amarillenta, que puede alcanzar una coloración verde.

Causa: Aditivos de plomo en el combustible. La vitrificación se forma al ser sometido el motor a una elevada carga después de haber funcionado largo tiempo a carga parcial.

Repercusión: Con cargas elevadas, la capa se vuelve electroconductora y ocasiona fallos de encendido.

Remedio: Bujías nuevas. Limpiarlas resulta inútil.



Figura 4

Aspectos de las bujías de encendido, parte 2.

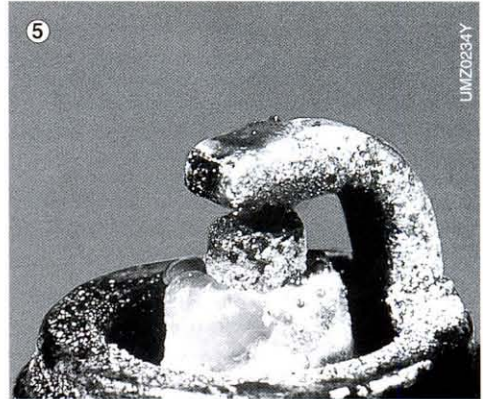
⑤ Fuertes depósitos de plomo.

El pie del aislador presenta en algunos puntos una gruesa vitrificación pardo-amarillenta, que en algunos casos puede ser verde.

Causa: Aditivos de plomo en el combustible. La vitrificación se forma al someter el motor a una elevada carga después de haber funcionado largo tiempo a carga parcial.

Repercusión: Con cargas elevadas, la capa se vuelve electroconductora y ocasiona fallos del encendido.

Remedio: Bujías nuevas. Limpiarlas resulta inútil.



⑥ Formación de ceniza.

Gruesa capa de ceniza proveniente de aditivos del aceite y del combustible, depositada sobre el pie del aislador, en el espacio de ventilación (intersticio anular) y sobre el electrodo de masa. Estructura deforme, incluso semejante a escoria.

Causa: Los componentes de aleación procedentes principalmente del aceite, pueden depositar esta ceniza en la cámara de combustión y sobre la bujía.

Repercusión: Puede ocasionar autoencendido con pérdida de potencia y daños en el motor.

Remedio: Reparar el motor. Usar bujías nuevas y, eventualmente, otra clase de aceite.



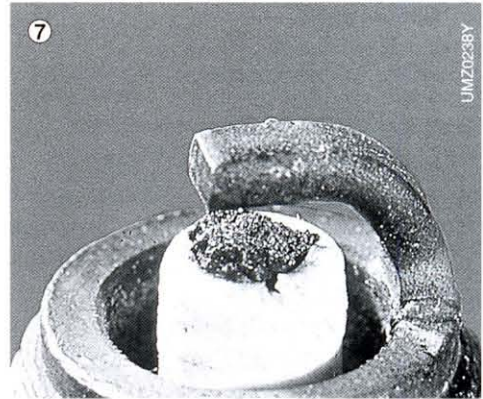
⑦ Electrodo central parcialmente fundido.

Electrodo central parcialmente fundido, junta de pie del aislador cubierta de burbujas, esponjosa y reblandecida.

Causa: Sobrecarga térmica por autoencendido debido, por ejemplo, a un ajuste inicial demasiado avanzado del punto de encendido, residuos de combustión en la cámara, válvulas defectuosas, distribuidor de encendido deteriorado, combustible de calidad insuficiente y, eventualmente, grado térmico demasiado bajo.

Repercusión: Fallos de encendido, pérdida de potencia (daños en el motor).

Remedio: Revisar el motor, el encendido y la preparación de la mezcla. Bujías nuevas de grado térmico correcto.



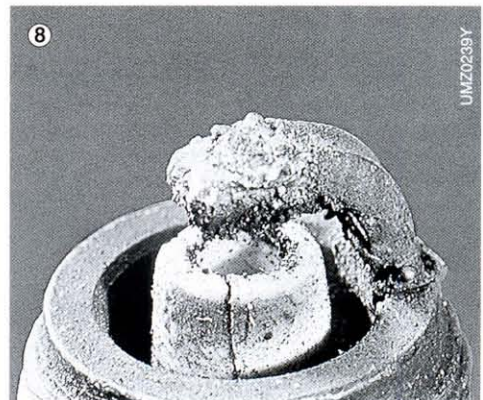
⑧ Electrodo central completamente fundido.

Electrodo central completamente fundido, al mismo tiempo, electrodo de masa muy dañado.

Causa: Sobrecarga térmica por autoencendido, debido, por ejemplo, a un ajuste inicial demasiado avanzado del punto de encendido, residuos de combustión en la cámara, válvulas defectuosas, distribuidor de encendido deteriorado y combustible de calidad insuficiente.

Repercusión: Fallos del encendido, pérdida de potencia, tal vez daños en el motor. El electrodo central sobrecalentado puede ocasionar una grieta en el pie del aislador.

Remedio: Revisar el motor, el encendido y la preparación de la mezcla. Bujías nuevas.



Aspectos de las bujías de encendido, parte 3.

⑨ Electrodo soldados por fusión.

Porosidad esponjosa de los electrodos. Eventualmente, incrustación de materiales ajenos a la bujía.

Causa: Sobrecarga térmica por autoencendido, debido por ejemplo a un ajuste inicial demasiado avanzado del punto de encendido, residuos de combustión en la cámara, válvulas defectuosas, distribuidor de encendido deteriorado y combustible de calidad insuficiente.

Repercusión: Antes del fallo total (daños en el motor) se produce pérdida de potencia.

Remedio: Revisar el motor, el encendido y la preparación de la mezcla. Bujías nuevas.

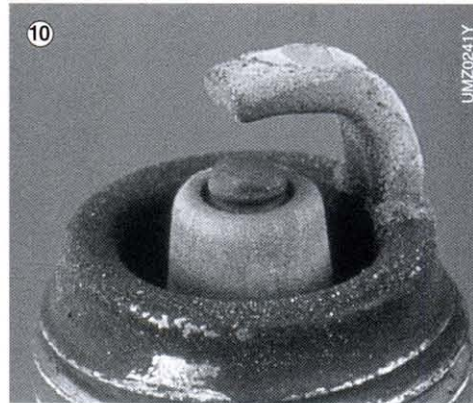


⑩ Considerable desgaste del electrodo central.

Causa: Las bujías no se han cambiado en el intervalo previsto.

Repercusión: Fallos del encendido, especialmente al acelerar (la tensión de encendido es insuficiente para compensar la gran separación de los electrodos). Dificultades al arrancar.

Remedio: Bujías nuevas.

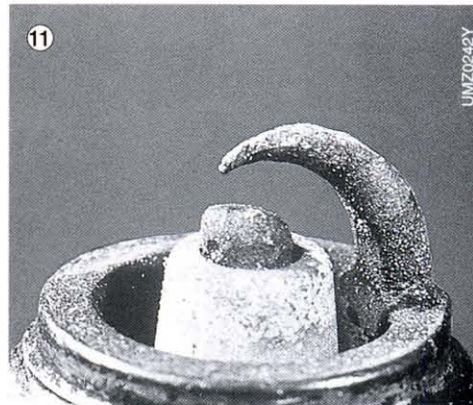


⑪ Considerable desgaste del electrodo de masa.

Causa: Aditivos agresivos en el combustible y el aceite. Influencias desfavorables al flujo dentro de la cámara de combustión, posiblemente debidas a depósitos. Picado del motor. No hay sobrecarga térmica.

Repercusión: Fallos del encendido, especialmente al acelerar (la tensión de encendido es insuficiente para compensar la gran separación de los electrodos). Dificultad de arranque.

Remedio: Bujías nuevas.



⑫ Rotura del pie del aislador.

Causa: Deterioro mecánico (p. ej. por golpe, caída o presión ejercida sobre el electrodo central al efectuar una manipulación inadecuada). En casos extremos, debido a depósitos, entre el electrodo central y el pie del aislador, y a corrosión del electrodo central, se puede romper el pie del aislador (especialmente en caso de funcionamiento excesivamente prolongado).

Repercusión: Fallos del encendido. La chispa de encendido salta a puntos a los que la mezcla recién entrada no llega con seguridad.

Remedio: Bujías nuevas.

