

Todo sobre calentadores

Información
técnica
n° 04



Índice

<i>El motor diésel</i>	3
Funcionamiento	3
Arranque en frío	3
Sistema de inyección	4
<i>Calentadores tipo lápiz autorregulados</i>	5
Exigencias que debe cumplir un calentador actual	5
Diseño y funcionamiento	6
Calentadores de incandescencia posterior (GN)	7/8
<i>Sistema de encendido instantáneo (ISS)</i>	9
Concepto del sistema	9
Control electrónico	9
<i>BERU, el mayor innovador en calentadores con sensor de presión (PSG)</i>	10
<i>Calentador cerámico (CPG)</i>	10
<i>Calidad BERU</i>	11
<i>Diseños baratos: rechácelos</i>	12
<i>Causas de fallos de los calentadores</i>	13
<i>Consejos para el taller</i>	14
Comprobador de calentadores: comprobación sin desmontaje previo	14
Cómo arrancar el motor diésel con rapidez y seguridad	14
Pares de apriete	15
Escariador de BERU: para una limpieza rápida y segura de los taladros de la culata	15

El motor diésel

Funcionamiento

Los diésel son motores de encendido por compresión; es decir, el combustible inyectado se enciende sin que sea necesaria una chispa de encendido. El ciclo de combustión se efectúa en tres pasos:

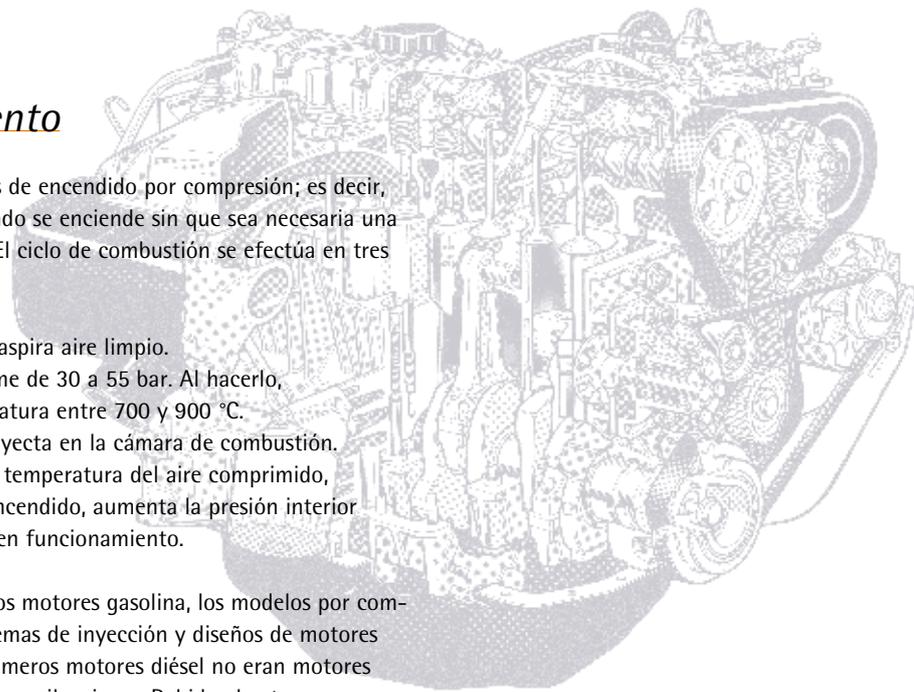
1. En primer lugar, se aspira aire limpio.
2. Este aire se comprime de 30 a 55 bar. Al hacerlo, alcanza una temperatura entre 700 y 900 °C.
3. El combustible se inyecta en la cámara de combustión. Debido a la elevada temperatura del aire comprimido, se acciona el autoencendido, aumenta la presión interior y el motor se pone en funcionamiento.

En comparación con los motores gasolina, los modelos por compresión requieren sistemas de inyección y diseños de motores más complejos. Los primeros motores diésel no eran motores especialmente cómodos y silenciosos. Debido al extremo proceso de la combustión, hacían mucho ruido en frío. Estaban caracterizados por una elevada relación peso-potencia, una potencia reducida por litro de cilindrada, así como por un peor comportamiento en la aceleración. Gracias al constante perfeccionamiento de la tecnología de inyección y de los calentadores, todos estos inconvenientes fueron desapareciendo. Actualmente, el motor diésel se considera una fuente de potencia equivalente e incluso mejor.

Arranque en frío

Por «arranque en frío» se entienden todos aquellos arranques en los que el motor y los medios relacionados no han alcanzado una temperatura de servicio. Cuanto más baja sea la temperatura, peores serán las condiciones para lograr un encendido rápido y una combustión completa y respetuosa con el medio ambiente. Para que, en caso de temperaturas muy bajas, el arranque no sea demasiado largo o incluso imposible, se aplican una serie de medidas auxiliares para ayudar al arranque en frío. Estas compensan las condiciones inapropiadas para el arranque e inician el encendido de forma sincronizada y uniforme para lograr una combustión estable.

Uno de los componentes que ayuda al arranque en frío es el calentador. Mediante la energía calorífica generada eléctricamente que se genera en la cámara de combustión, crea las condiciones necesarias para el encendido del combustible inyectado. El calentador resulta imprescindible como medida auxiliar de arranque en los motores con cámara de combustión dividida, para garantizar también el arranque dentro del rango de temperatura que suele ser habitual: de 10 a 30 °C. Asimismo, debido al notable empeoramiento de la calidad del arranque por debajo del punto de congelación, el calentador se emplea como medida auxiliar de arranque en frío en el caso de los motores diésel de inyección directa.



El motor diésel

Sistemas de inyección

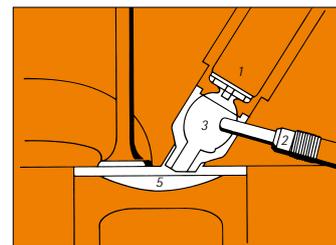
Según el diseño y la disposición de la cámara de combustión, en los motores diésel se diferencia entre los siguientes sistemas de inyección:

1. Sistema de antecámara
2. Proceso de cámara de turbulencia
3. Inyección directa

Para que se pueda evaporar el combustible inyectado y encender la mezcla de combustible y aire en la superficie caliente de la bujía, es necesario utilizar calentadores en todos los sistemas.

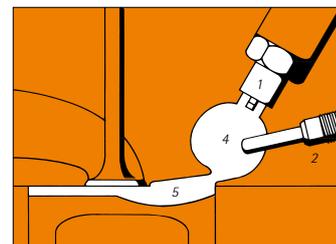
SISTEMA DE ANTECÁMARA

En este sistema, la cámara de combustión está dividida en dos: una antecámara y la cámara de combustión principal, unidas entre sí a través de varios taladros (canales de inyección). Durante la carrera de compresión, se mete una parte del aire comprimido en la antecámara. Poco antes de alcanzar el tiempo muerto superior, se inyecta combustible por medio de una tobera directamente en la antecámara del pistón correspondiente. Allí tiene lugar la combustión parcial del combustible inyectado. Las altas temperaturas generadas garantizan un aumento rápido de la presión. Por eso, se sopla todo el contenido de la antecámara a través de los canales de inyección en la cámara de combustión principal, donde tiene lugar la propia combustión.



PROCESO DE CÁMARA DE TURBULENCIA

La cámara de turbulencia de forma esférica está separada de la cámara de combustión principal en la culata. La cámara de combustión principal y la cámara de turbulencia están unidas entre sí por un canal de inyección de diámetro amplio. Durante la carrera de compresión, en la cámara de turbulencia el canal de inyección produce una rotación intensa del aire aspirado. En esta turbulencia de aire, se inyecta el combustible diésel. La combustión comienza en la cámara de turbulencia y pasa entonces a la cámara de combustión principal.

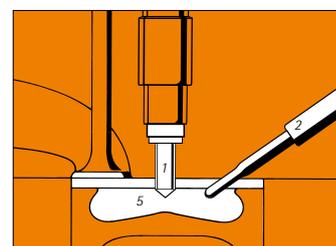


INYECCIÓN DIRECTA

En la inyección directa de combustible diésel (introducción de aire y combustible), dicho combustible se inyecta pulverizado a alta presión en el aire aspirado muy comprimido a través de una tobera de múltiples orificios; el diseño especial de la corona del pistón ayuda a la formación de la mezcla. Durante el arranque, el aire aspirado frío se calienta muy rápidamente por la elevada presión de compresión. El calentador se proyecta hacia la cámara de combustión principal. En principio, la función del calentador es la misma tanto en los motores de inyección directa como en los motores con cámara de combustión: supone una medida auxiliar de encendido para el arranque. En un calentador actual, el elemento que genera el calor alcanza una temperatura de más de 1.000 °C en pocos segundos.

En el arranque en frío, el proceso suele ser el siguiente: el aire frío aspirado produce temperaturas más bajas al final de la etapa de compresión. Durante la conducción, la temperatura del aire comprimido es adecuada para el autoencendido; sin embargo, durante el arranque no es suficiente, especialmente con temperaturas exteriores bajas. Aunque lo que produce unas consecuencias más graves es arrancar con revoluciones bajas. Debido a un punto muerto de la carga prolongado, las pérdidas de presión y temperatura son mucho más elevadas que, por ejemplo, al ralentí.

Por norma general, en el arranque en frío el aire aspirado genera unas temperaturas bajas al final de la compresión; aunque es peor arrancar con revoluciones bajas. Debido a un punto muerto de la carga prolongado, las pérdidas de presión y temperatura son mucho más elevadas que, por ejemplo, en el caso del régimen al ralentí.



- 1 | Tobera de inyección
- 2 | Calentador
- 3 | Antecámara
- 4 | Cámara de turbulencia
- 5 | Cámara de combustión

Calentadores tipo lápiz autorregulados

Exigencias que debe cumplir un calentador actual

TIEMPO DE CALENTAMIENTO CORTO

Para ayudar al encendido, los calentadores deben proporcionar una temperatura elevada en el menor tiempo posible y mantener dicha temperatura con independencia de cuáles sean las condiciones del entorno o incluso adaptar la temperatura en función de esas condiciones.

MENOR NECESIDAD DE ESPACIO

Los motores diésel de los turismos con las versiones de inyección directa, cámara de turbulencia o antecámara con dos válvulas ofrecen el espacio suficiente para las toberas de inyección y los calentadores. Sin embargo, en los motores diésel actuales con un sistema de common-rail o de inyección directa bomba-tobera y cuatro válvulas, el espacio es muy limitado. Como se debe minimizar al máximo el espacio utilizado por el calentador, tiene una forma muy fina y larga. En la actualidad, se utilizan calentadores BERU con un tubo incandescente cuyo diámetro se ha reducido a 3 mm.

ADAPTACIÓN EXACTA A LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

Lo ideal es que la varilla incandescente esté colocada justo al borde de la turbulencia de la mezcla (pero debe quedar lo suficientemente proyectada dentro de la cámara de combustión o la antecámara). Solo así la varilla logrará distribuir el calor donde sea necesario. La varilla no debe penetrar demasiado en la cámara de combustión ya que, de hacerlo, se obstaculizaría la preparación del combustible inyectado y, con ello, la formación de una mezcla inflamable de combustible y aire. Como consecuencia de esto, aumentarían las emisiones de gases de escape.

SUFICIENTE VOLUMEN DE INCANDESCENCIA

Además de los calentadores, el sistema de inyección también desempeña un papel especial en el arranque en frío del motor. Únicamente los sistemas que tienen un punto de inyección, un caudal de inyección y una formación de la mezcla optimizados, además de la correcta posición y generación de temperatura del calentador, permiten efectuar un buen arranque en frío. Después de arrancar el motor, con una circulación del aire más intensa en la cámara de combustión, no se puede producir un «soplado en frío» en el calentador. En particular, en el caso de los motores con antecámara y con cámara de turbulencia, predominan unas velocidades del aire muy altas en la punta del calentador. En estas circunstancias, el calentador solo funciona si posee suficientes reservas; es decir, si dispone de un volumen de incandescencia lo suficientemente grande como para poder transmitir el calor a la zona enfriada por la circulación del aire.

Los calentadores desarrollados por BERU cumplen óptimamente todas estas exigencias. Los ingenieros de BERU colaboran estrechamente con la industria automovilística, en especial durante el propio diseño de los motores. El resultado: un arranque en frío para diésel que dura entre dos y cinco segundos y que es respetuoso con el medio ambiente (en combinación con el sistema de encendido instantáneo, ISS, un máximo de dos segundos), un arranque seguro con hasta -30 °C, un arranque silencioso y preservador del motor, hasta un 40% menos de emisiones de carbonilla en la fase de calentamiento de los calentadores de incandescencia posterior (más información a partir de la página 7).



Calentadores tipo lápiz autorregulados

Diseño y funcionamiento

Esencialmente, el calentador BERU se compone del cuerpo de la bujía, la varilla de calentamiento, con un bobina calentadora y otra de regulación, y el perno de conexión. La varilla incandescente resistente a la corrosión está montada a presión en la carcasa de manera que sea impermeable a los gases. Además, la bujía está estanqueizada por medio de una junta tórica o una pieza de plástico colocada en el conector. El calentador extrae la energía eléctrica de la batería. Del control se hace cargo una unidad electrónica de control.

BOBINA CALENTADORA Y DE REGULACIÓN

El principio básico de un calentador actual es la combinación de una bobina calentadora y una bobina de regulación conectadas a un elemento resistivo. La bobina calentadora está hecha de un material resistente a las temperaturas elevadas cuya resistencia eléctrica no depende prácticamente de la temperatura. Dicha bobina forma, junto con la parte anterior de la varilla incandescente, la zona de calentamiento. La bobina de regulación está fijada al perno de conexión conductor de corriente y su resistencia presenta un alto coeficiente de temperatura.

Toda la bobina está «envuelta» en un polvo cerámico compacto y aislante eléctrico que es un buen conductor del calor. Durante el proceso de compactación mecánico, este polvo se compacta hasta tal punto que la bobina queda fija, como si se le hubiera echado cemento. De esa manera, queda tan estable que los finos alambres de la bobina de calentamiento y la bobina de regulación resisten permanentemente a todas las vibraciones. Aunque los bobinados individuales estén dispuestos a tan solo una décima parte de un milímetro de distancia entre sí, no se pueden producir cortocircuitos entre ellos (y, por supuesto, tampoco cortocircuito con el tubo incandescente, cosa que estropearía el calentador).

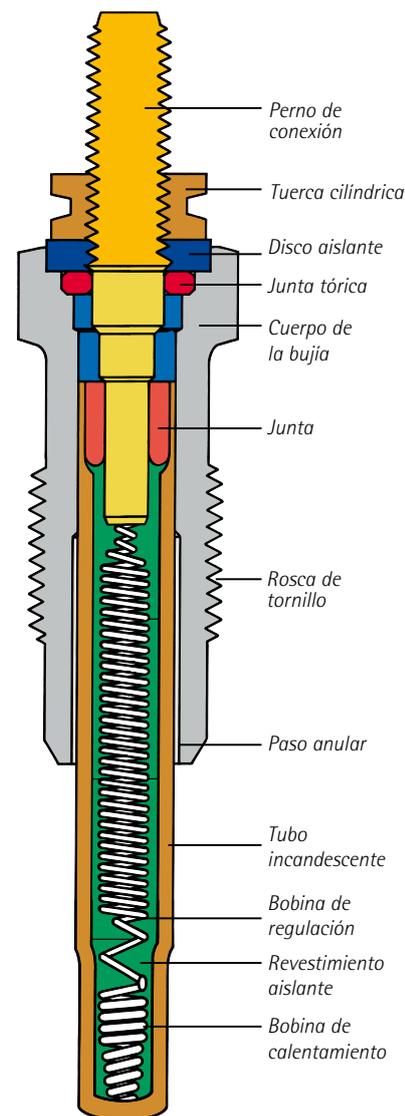
Gracias a los distintos materiales, longitudes, diámetros y espesores del alambre de las bobinas de calentamiento y regulación, se pueden modificar y adaptar los tiempos de calentamiento y las temperaturas de incandescencia a las exigencias del tipo de motor que corresponda.

FUNCIONAMIENTO

Durante la incandescencia previa, una corriente fuerte fluye a través del perno de conexión y de la bobina calentadora hasta la bobina de regulación. Esta se calienta rápidamente y produce la incandescencia en la zona de calentamiento. La incandescencia se expande velozmente; transcurridos entre 2 y 5 segundos, la varilla calefactora entra en incandescencia hasta prácticamente el cuerpo de la bujía. De ese modo, la temperatura de la bobina de regulación, que ya se había calentado por la corriente, aumenta todavía más. Como consecuencia, aumenta su resistencia eléctrica y la corriente se reduce de tal modo que la varilla incandescente no pueda resultar dañada. Así, queda excluida la posibilidad de un sobrecalentamiento del calentador.

Si no se arranque el motor, la unidad de control del tiempo de incandescencia apaga el calentador una vez transcurrido un determinado tiempo de espera.

En los calentadores BERU se utiliza una aleación cuya resistencia aumenta por encima de la temperatura. De esa manera, se puede disponer la bobina de regulación de forma que al principio permita que circule hacia la bobina calentadora una corriente mayor que al alcanzar la temperatura teórica. Así, la temperatura de arranque se alcanza más rápidamente y se mantiene en el rango admisible gracias al intenso efecto de regulación.



Diseño de un calentador tipo lápiz autorregulado de incandescencia rápida.

Calentadores tipo lápiz autorregulados

Calentadores tipo lápiz de incandescencia posterior (GN)

La mayoría de vehículos antiguos están dotados de calentadores que solo entran en incandescencia antes y durante la fase de arranque. Dichas bujías se conocen por la abreviatura «GV». Por lo general, los turismos con motores diésel salen de la cadena de montaje con calentadores GN, equipados con el innovador sistema de incandescencia trifásico. Es decir, entran en incandescencia:

- antes del arranque,
- durante la fase de arranque,
- después del arranque y
- durante el funcionamiento del motor (en modo de inercia).

FUNCIONAMIENTO

La incandescencia previa controlada electrónicamente comienza al accionar el interruptor de arranque de bloqueo del encendido y, con unas temperaturas ambiente normales, dura entre 2 y 5 segundos hasta que las condiciones son adecuadas para el arranque. Después del arranque del motor, el tiempo de incandescencia posterior es de hasta tres minutos para minimizar la emisión de sustancias nocivas y ruidos.

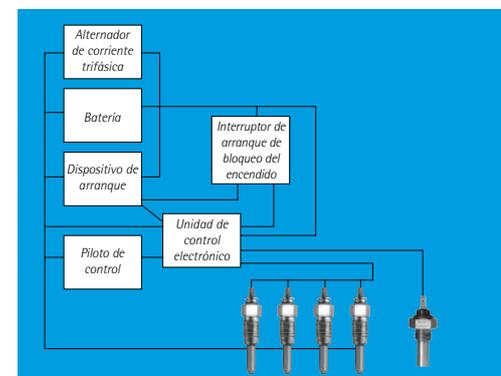
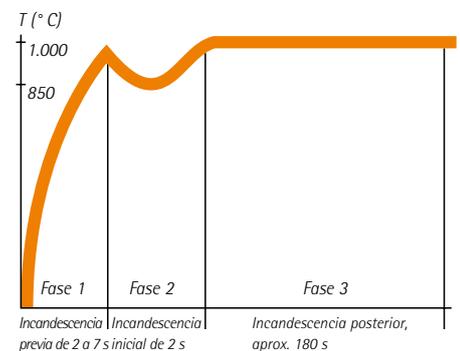
El estado de servicio del motor se registra, por ejemplo, a través de la medición de la temperatura del agua de refrigeración. El proceso de incandescencia posterior dura hasta que el refrigerante alcance los 70 °C, o bien, se detendrá tras un tiempo determinado que se establece en los datos de rendimiento. Si la temperatura del refrigerante ya era más elevada antes del arranque, en la mayoría de los casos no se realizará la incandescencia posterior.

PROTECCIÓN CONTRA EL SOBRECALENTAMIENTO

Para limitar la corriente a medida que aumenta la temperatura, los calentadores autorregulados se autoprotegen frente a sobrecalentamientos; sin embargo, cuando el motor está en marcha la tensión aumenta hasta tal punto que se pueden llegar a fundir los calentadores que no hayan sido concebidas para adaptarse a la tecnología más moderna. Además, las bujías que consumen corriente después del arranque están sometidas a elevadas temperaturas de combustión y, por tanto, se calientan por dentro y por fuera. Los calentadores de BERU que admiten la incandescencia posterior siguen funcionando correctamente cuando el generador alcanza la tensión plena. Aunque su temperatura aumenta rápidamente, una nueva bobina de regulación se encarga de regularla a una temperatura de calentamiento inferior a la de las bujías que no admiten la incandescencia a posteriori.

Importante: en un sistema de incandescencia concebido para calentadores tipo GN, solo se puede instalar ese tipo de calentadores; mientras que los calentadores tipo GV se podrían deteriorar al cabo de un periodo de tiempo breve.

Tecnología de incandescencia trifásica.



Principio de diseño de circuitos de un sistema de incandescencia posterior dotado de cuatro calentadores de incandescencia rápida conectados en paralelo y un sensor de temperatura.

Calentadores tipo lápiz autorregulados

ARRANQUE RÁPIDO EN 2 SEGUNDOS

Con el calentador GN de BERU, que admite incandescencia posterior, se ha logrado acortar el tiempo de incandescencia entre 2 y 5 segundos. Para conseguirlo, los constructores han reducido el diámetro del extremo delantero de la varilla de calentamiento. De ese modo, en esa zona la varilla de calentamiento comienza la incandescencia muy rápidamente. Con una temperatura de 0 °C, solo se tardan dos segundos hasta que se produce el arranque. Con temperaturas más bajas, el sistema se adapta mediante el dispositivo de regulación del tiempo de incandescencia y aumenta dicho tiempo: a -5 °C unos 5 segundos, y a -10 °C alrededor de 7 segundos.

DISMINUCIÓN DEL HUMO BLANCO O AZUL

Hasta que se alcanza la temperatura ideal de encendido, sale por el tubo de escape el denominado humo blanco o azul. Esta formación de humo se debe a la combustión incompleta del combustible como consecuencia de una temperatura de encendido demasiado baja. La incandescencia posterior permite completar la combustión del combustible diésel en la fase de calentamiento. Con ello, se reduce de la emisión a la atmósfera de gases de combustión en hasta un 40%.

ELIMINACIÓN DE LOS GOLPETEOS EN EL ARRANQUE EN FRÍO

El golpeteo de arranque en frío con carburante diésel se debe al gran retardo que el encendido presenta cuando el motor está frío. El combustible se enciende bruscamente y el motor da golpes. Los calentadores GN hacen que el motor alcance la temperatura de servicio con más rapidez mediante la incandescencia previa y posterior. Esto protege al motor, permite que este funcione más silenciosamente y evita los ruidosos golpeteos. Además, el combustible se quema de manera uniforme y completa. De ese modo, se libera más energía y la temperatura de la cámara de combustión aumenta más rápidamente.



Depósitos de carbonilla en el papel filtrante tres minutos después del arranque en frío. Con la incandescencia posterior (derecha), los depósitos de carbonilla son aproximadamente un 40% menores que sin esta tecnología.

Características técnicas del calentador GN

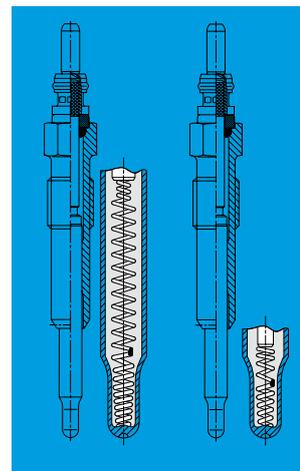
- Calentador de arranque rápido con una nueva forma más estilizada
- Tiempo breve de incandescencia previa: solo alrededor de 2 a 7 segundos
- Arranque seguro (incluso a -30 °C)
- Respetuoso con el medio ambiente: un 40% menos de emisiones de sustancias nocivas durante el calentamiento
- No hay golpeteo
- Funcionamiento del motor más silencioso
- Arranque suave del motor
- Para vehículos con una tensión de servicio de hasta 14,5 V

El sistema de encendido instantáneo (ISS) de BERU

El gran desafío fue conseguir para los vehículos diésel un arranque tan rápido como en los de gasolina. La solución de los ingenieros de BERU: el sistema de encendido instantáneo (ISS).

Concepto del sistema

El sistema ISS de BERU consta de una unidad electrónica de control para calentadores y de calentadores optimizados con un tiempo de calentamiento reducido de 2 segundos, como máximo, frente a los 5 segundos de un calentador estándar (SR). Es notable el descenso en el consumo de energía que los calentadores presentan tanto en la fase de calentamiento como en la fase de régimen constante. En la unidad de control, para controlar los calentadores se utilizan unos semiconductores de potencia como conmutadores que sustituyen a los relés electromecánicos que se empleaban antes. En comparación con el calentador convencional autorregulado, la combinación de bobinados en el caso del calentador optimizado del ISS se ha reducido notablemente y la zona de incandescencia ha disminuido a aproximadamente un tercio. En el caso de los motores de inyección directa, esto corresponde a la parte de la varilla de calefacción que sobresale en la cámara de combustión.



Estructura interna del calentador estándar autorregulado SR (izquierda) y calentador optimizado del ISS (derecha).

Control electrónico

Este calentador se enfría estando el motor en marcha a través del cambio de carga y de la circulación de aire en la fase de compresión. La temperatura del calentador se reduce a medida que aumenta el número de revoluciones siendo la tensión del calentador y el caudal de inyección constantes, y crece a medida que el caudal de inyección aumenta siendo la tensión del calentador y el número de revoluciones constante. Estos efectos se pueden compensar a través de la unidad electrónica de control: los calentadores siempre reciben la tensión efectiva óptima para cada punto de funcionamiento. De ese modo, la temperatura de los calentadores se puede controlar según las condiciones de funcionamiento. Además, el uso combinado de un calentador de bajo voltaje y la unidad electrónica de control sirve para calentar el calentador de manera excepcionalmente rápida. Esto se debe a que la tensión de a bordo íntegra se transmite al calentador durante un espacio de tiempo previamente definido y solo entonces puede funcionar sincronizada con la tensión efectiva necesaria. El tiempo previo de incandescencia se reduce así para alcanzar las temperaturas más altas en un máximo de 2 segundos. El grado de eficiencia del sistema es tan elevado que apenas se toma de la red de a bordo más potencia de la que precisa el calentador. Puesto que con el ISS cada uno de los calentadores se controla por medio de un semiconductor de potencia independiente, se puede supervisar la corriente de cada circuito de incandescencia por separado. De esa manera, es posible obtener un diagnóstico individualizado en cada calentador.



Sistema de incandescencia ISS controlado electrónicamente: unidad de control y calentadores.



El sistema de encendido instantáneo de BERU permite un arranque para motores de encendido por compresión tan rápido como los modelos de encendido por chispa.



Características técnicas del ISS

- Arranque seguro incluso a temperaturas de -30 °C
- Tiempo de calentamiento extremadamente rápido: en 2 segundos se alcanzan los 1.000 °C
- Menor demanda de potencia (especialmente importante en motores con 6 o más cilindros)
- Mayor fiabilidad
- Temperatura controlable para incandescencia previa, posterior e intermedia
- Numerosas funciones de diagnóstico
- Ralentí estable inmediato y fijación de la carga bien controlada
- Mínima emisión de sustancias nocivas
- Concebido especialmente para motores con inyección directa
- Apto para diagnóstico de a bordo

BERU, el mayor innovador en calentadores con sensor de presión (PSG)

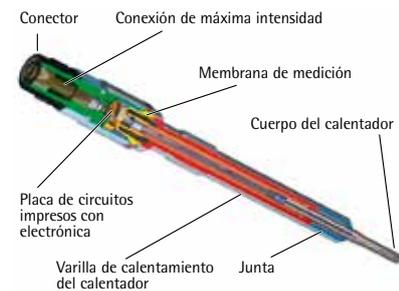
CALENTADOR CON SENSOR DE PRESIÓN INTELIGENTE

Las nuevas leyes sobre gases de escape más estrictas de Europa y EE. UU. reducirán los valores admisibles de emisiones de gases de escape de los motores diésel. En el futuro, los valores límite de las emisiones de NOx y partículas relacionadas con el motor diésel estarán hasta un 90% por debajo del nivel actual. Para alcanzar estos estándares de emisiones, no se puede confiar únicamente en las soluciones convencionales.

Los ingenieros de BERU han integrado un sensor de presión piezoresistivo en el calentador. Un factor de éxito importante es el diseño mecánico del calentador desde el punto de vista de las temperaturas extremadamente elevadas, vibraciones y relaciones de presión en la culata. La varilla de calefacción no está apretada en el cuerpo del calentador como hasta ahora, sino que está sujeta elásticamente como pieza móvil, y transmite la presión sobre una membrana en la zona posterior del calentador. Por ello, el sensor de presión actual se encuentra lejos de la cámara de combustión en una zona con unas condiciones ambientales más favorables. La carga térmica está controlada por su excelente diseño ya que se utiliza una varilla de calefacción del sistema de encendido instantáneo (ISS) para diésel de BERU, que solo entra en incandescencia en la punta.

El calentador inteligente con sensor de presión (PSG) ya se ha testado como Equipo Original en el grupo Volkswagen y GM/Opel y, a corto plazo, se espera poder utilizarlos en los últimos motores diésel.

Consiga más información sobre BERU PSG – Calentadores con sensor de presión en el catálogo BERU PSG.



Calentador inteligente con sensor de presión (PSG).

Calentador cerámico (CPG)

SÓLIDOS VALORES INTERNOS

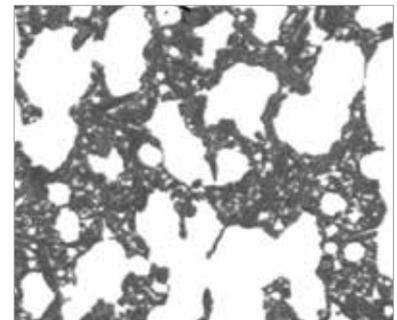
La composición de los materiales es fundamental para el rendimiento de los calentadores cerámicos de BERU: se componen de cerámica de nitruro de silicio de alta resistencia que recubre el disiliciuro molibdeno conductor eléctricamente dentro de una estructura de interpenetración. Este material resiste presiones de hasta 200 bar y temperaturas de hasta 1.300 °C, todas en las diferentes atmósferas gaseosas que se encuentran en la cámara de combustión (aire ambiente, diésel, oxígeno y agua).

RENDIMIENTO CENTRADO EN LA PUNTA

Además de los tiempos de calentamiento cortos, el diseño de la varilla de calentamiento colocada externamente y, por supuesto, patentada, también proporciona una regulación optimizada. La capacidad de calentamiento del calentador concentrada en la punta del elemento cerámico, requiere menos energía para generar la temperatura necesaria para arrancar el motor y, por tanto, utiliza menos combustible en comparación con los calentadores convencionales. A parte de aumentar la fiabilidad de funcionamiento, la resistencia del sistema de regulación garantiza que la bujía cerámica BERU tiene el mejor equilibrio de energía posible en todos los puntos de servicio del motor. Esto también contribuye a una reducción en el consumo y las emisiones.

UN PROCESO EXCLUSIVO

Los calentadores cerámicos de BERU se fabrican en plantas de fabricación patentadas. El elemento cerámico de calentamiento se fabrica mediante un proceso de moldeo por extrusión e inyección. A continuación, se somete a procesos de descarga, aglutinación y endurecimiento para producir las estrechas tolerancias necesarias antes de montarlo en el cuerpo metálico. Esto requiere diferentes procedimientos de pulido y, debido a la dureza y a la resistencia extremas de los materiales, el pulido se debe llevar a cabo con herramientas de diamante. El contacto de la varilla de calentamiento cerámica se produce en procedimientos especiales a altas temperaturas sobre toda la superficie. De esta forma se consigue una resistencia de alta capacidad frente a las oscilaciones y los cambios de temperatura. Gracias a la combinación de materiales de alta resistencia, un diseño innovador y los últimos procesos de fabricación, los calentadores cerámicos BERU ofrecen características excepcionales.



Microestructura de la cerámica del calentador BERU con pequeñas varillas de nitruro de silicio de refuerzo y granos de disiliciuro molibdeno blanco, que conforman la estructura conductora de electricidad tridimensional.

Estructura de la varilla cerámica de calentamiento del calentador BERU



El elemento de calentamiento se compone de cerámica sólida conductora de electricidad. Debido a que tiene una resistencia específica más alta en la superficie que el material conductor de alimentación y de retorno, la varilla incandescente solo se enciende en la punta (la tapa); esta es la razón por la que alcanza altas temperaturas más rápidamente. El contacto del calentador se compone de un conductor interno y externo con un aislante colocado entre ellos.

Calentadores BERU: cinco medidas de seguridad para conseguir la máxima calidad

1. DESARROLLADOS EN ESTRECHA COLABORACIÓN CON LOS CONSTRUCTORES DE AUTOMÓVILES

Como especialista en sistemas de arranque en frío y proveedores de desarrollo para la industria automovilística, BERU no solo está integrado desde el principio en el diseño de los calentadores, sino incluso desde el desarrollo de nuevos motores. Por tanto, se puede establecer la situación concreta de montaje del calentador en el motor, y los ingenieros de BERU saben exactamente a qué parámetros dar especial importancia o qué premisas de rendimiento debe tener el calentador que se está desarrollando.

2. FABRICADOS SEGÚN NORMAS ISO

Los calentadores de BERU están diseñados de acuerdo con las exigencias de las normas ISO 7578 y 6550, en las que se especifican las dimensiones y tolerancias de la estructura, así como el ángulo de estanqueidad, el ancho de llave, el diámetro de la varilla de calentamiento, entre otros elementos.

3. DESARROLLADOS SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO DE LA INDUSTRIA AUTOMOVILÍSTICA

Los calentadores de BERU cumplen las especificaciones de producto de la industria automovilística, diferentes según el constructor de vehículos. Por ejemplo, se requieren entre 10.000 y 25.000 ciclos de funcionamiento continuo.

Además, los calentadores de BERU se someten a procesos de prueba en la cámara de frío y, adicionalmente, se comprueba la resistencia frente a influencias medioambientales, tejidos de contacto, aditivos y limpiadores de motores.

4. SOMETIDOS A TESTS ESPECIALES DE BERU

Los calentadores de BERU se someten a tests especiales adaptados a las exigencias prácticas del día a día y del taller, por ejemplo, mediante la simulación de fuerzas de separación del conector o tests rápidos de sobrecarga. En estos tests rápidos de sobrecarga, los probadores son inflexibles: incluso después de 3.000 ciclos, las piezas testadas deben seguir funcionando correctamente.

5. FABRICADOS CON LOS ÚLTIMOS MÉTODOS DE FABRICACIÓN

La fabricación de las modernas calentadores extremadamente largas y delgadas para motores diésel con inyección directa plantea especiales exigencias. El diámetro del tubo incandescente se debe adaptar exactamente en la cámara de combustión. La varilla incandescente tendrá que penetrar en la longitud dimensionada exactamente en la cámara de combustión; solo de esta forma se garantiza que la turbulencia no generará más gases de escape nocivos. El comportamiento de la temperatura del calentador también se debe adaptar exactamente al diseño de la cámara de combustión, y el consumo de corriente de los calentadores a la fuente de alimentación de a bordo existente. Estos delgados calentadores con la calidad exigida solo se pueden fabricar en las instalaciones de fabricación más modernas, como las que explota BERU.

Diseños baratos: rechácelos

AUNQUE PARECE DOBLE BOBINA, SOLO LLEVA UNA

Aunque para conseguir el tiempo reducido de calentamiento y la resistencia a los choques térmicos que necesitan los constructores de vehículos, es necesario utilizar calentadores de doble bobina, como visualmente la segunda bobina no se detecta desde el exterior, algunos constructores no montan la denominada «bobina de regulación». Al faltar la limitación del flujo de incandescencia, la batería soporta una carga excesiva durante el arranque y, como no se alcanza la incandescencia necesaria en el tiempo predeterminado, el vehículo no arranca o le cuesta mucho hacerlo (consulte la ilustración 3).

RELLENO DE LA VARILLA DE CALENTAMIENTO CON POLVO AISLANTE DE BAJA CALIDAD

En lugar del polvo de magnesita empleado por BERU, que se compacta y se seca antes del relleno, en los calentadores baratos se suele emplear simplemente un polvo aislante poco compacto, sucio en algunos casos y sin haberlo secado previamente.

Consecuencia grave: con la primera incandescencia, el polvo se expande con fuerza y el tubo incandescente se hincha. En este caso, solo se podrán quitar los calentadores si se desmonta también la culata (consulte la ilustración 9).

BOBINA DE CALENTAMIENTO NO CENTRADA Y ENGARZADA EN LA ESPIGA DE CONEXIÓN

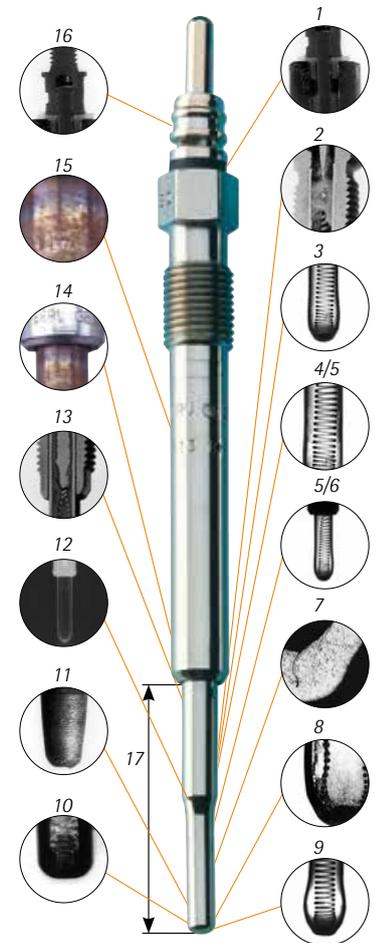
También aquí se muestra la calidad en la fabricación: solo se puede centrar con precisión y apretar la espiga de conexión con la maquinaria más moderna. Los constructores dudosos únicamente presionan la bobina de calentamiento sobre la espiga de conexión; sin embargo, de esa manera es imposible garantizar la seguridad necesaria frente a posibles cortocircuitos (consulte las ilustraciones 5 y 13).

CONTACTO DEFECTUOSO

En los calentadores de baja calidad, la posición de las pestañas de conexión eléctrica no cumple las normas de los constructores de Equipo Original. Aunque la conexión sí que se asemeja a la de los calentadores originales, el contacto no se realiza correctamente. Como consecuencia, no queda garantizada la conexión eléctrica al calentador. También se ahorra en el material de las piezas de conexión, y se hace a costa de los contactos eléctricos (consulte la ilustración 16).

TUBO INCANDESCENTE NO SOLDADO CON PRECISIÓN

Muchos fabricantes baratos no poseen la tecnología de fabricación necesaria para efectuar un termosoldado preciso de los tubos incandescentes. El resultado: finas grietas en el tubo incandescente que provocan fugas y, a su vez, pueden producir cortocircuitos.



Cómo reconocer los calentadores de baja calidad

Síntoma	Peligro	Síntoma	Peligro
1 Estanqueización sencilla	No impermeable al agua	11 Punta del tubo incandescente girada, varilla de calefacción demasiado fina	Formación de cascarilla; reducción de la vida útil
2/9 Llenado del tubo incandescente con polvo de magnesio de baja calidad	Aislamiento deficiente; hinchazón del tubo incandescente	12 Bobina incandescente no diseñada correctamente	Sobrecarga de la batería por un consumo de corriente demasiado elevado, por lo que puede quemar los contactos de la unidad de control del tiempo de incandescencia; así se reduce la vida útil o se impide el funcionamiento
3 Es necesaria la tecnología de dos bobinas, pero solo se monta una	Perfil de características no correspondiente a las especificaciones del constructor	5/13 Bobina incandescente inclinada	Cortocircuito
4 Grosor de las paredes no continuo	Fusión del calentador	14 El cono no es adecuado para la rotura de la culata	Problemas de estanqueidad; culata
5 Bobina inclinada en el tubo incandescente	Cortocircuito	15 Superficie sin revestimiento	Reducción del taladro
6 Tubo incandescente no centrado por lo que no existe concentricidad: inclinado en la antecámara o la cámara de turbulencia	Rotura del calentador por el chorro de inyección y fusión el calentador está	16 Camisa solo presionada	Desenroscado e interrupción de la alimentación de corriente; contacto suelto
7 Varilla de calentamiento con finas grietas	Fusión	17 Longitud de lápiz no de acuerdo con las especificaciones del fabricante	Si la longitud de lápiz es excesivamente larga; rotura del calentador por el chorro y fusión. Si es demasiado corta: problemas de arranque
8/9 Punta de la varilla de calefacción rellena de polvo de magnesio sin compactar o húmeda	Cortocircuito, hinchazón de la varilla incandescente; reducción de la vida útil		
10 Caperuza taladrada, no soldada correctamente	Fusión		

Causas de fallos de los calentadores tipo lápiz

En caso de tiempo caluroso y seco, los motores diésel arrancan aunque uno de los calentadores no funcione correctamente. Sin embargo, aun cuando el arranque se produzca la mayoría de las veces con una emisión elevada de emisiones nocivas y se puedan oír golpeteos, el conductor no percibe conscientemente estos signos o no sabe cómo interpretarlos. En cambio, cuando el tiempo es frío y húmedo y ocurre la primera helada nocturna, se puede llevar una ingrata sorpresa: la «distribución de calor» del motor diésel deja de funcionar y, en el mejor de los casos, arranca con dificultades y emite humo; es muy probable que ya no funcione. A continuación, se muestran los daños típicos y se listan sus posibles causas. En la mayoría de los casos, esta ayuda de diagnóstico suele permitir subsanar el fallo con rapidez.

VARILLA DE CALEFACCIÓN CON PLIEGUES Y ABOLLADURAS



Causas:

- Interrupción de la bobina debido a
- a) Funcionamiento con una tensión excesivamente alta, por ejemplo, debido a un dispositivo auxiliar de arranque.
- b) Fuente de alimentación demasiado prolongada por un relé atascado.
- c) Incandescencia posterior inadmisibles estando el motor en marcha.
- d) Uso de un calentador que no admite incandescencia posterior.

Solución:

- a) Arranque con pinzas solo con la tensión de la fuente de alimentación de a bordo.
- b)/c) Compruebe el sistema de incandescencia previa y cambie el relé temporizador de incandescencia.
- d) Monte calentadores con incandescencia posterior.

VARILLA DE CALENTAMIENTO FUNDIDA, REQUEMADA O PARTIDA



Causas:

- Sobrecalentamiento de la varilla de calentamiento debido a
- a) Inicio prematuro de la inyección.
- b) Toberas de inyección carbonizadas o desgastadas.
- c) Daños en el motor, por ejemplo, por pistón gripado o rotura de válvulas.
- d) Toberas que gotean.
- e) Segmentos de pistón bloqueados.

Solución:

- a) Ajuste exactamente el punto de inyección.
- b) Limpie o cambie las toberas de inyección.
- c) Compruebe la calidad del chorro.
- d) Revise o cambie la tobera de inyección.
- e) Asegúrese de que los segmentos del pistón se pueden mover libremente.



PUNTA DE LA VARILLA DE CALENTAMIENTO DAÑADA



Causas:

- a) Inicio prematuro de la inyección. Se sobrecalienta la varilla y la bobina de calentamiento; la bobina de calentamiento se vuelve quebradiza y se rompe.
- b) Paso anular entre la carcasa del calentador y la varilla de calentamiento cerrado; como consecuencia, la varilla de calentamiento desprende demasiado calor,

Solución:

- a) Compruebe el sistema de inyección y ajuste con precisión el punto de inyección.
- b) Al enroscar un calentador, respete siempre los pares de apriete indicados por el constructor.

PERNO DE CONEXIÓN RASGADO, LLAVE MACHO HEXAGONAL DAÑADA



Causas:

- a) Rotura del perno de conexión: la tuerca de conexión a la corriente se ha apretado con un par demasiado elevado.
- b) Llave macho hexagonal dañada: uso de una herramienta incorrecta; la bujía está deformada y produce un cortocircuito de la carcasa con la tuerca cilíndrica.

Solución:

- a) Apriete la tuerca de conexión a la corriente con la llave dinamométrica. Respete en todo momento el par de apriete especificado. No lubrique ni engrase la rosca.
- b) Apriete el calentador con la llave de tubo de apriete adecuada. Para ello, respete con precisión el par de apriete especificado (lo puede consultar en las especificaciones del constructor del vehículo). No lubrique ni engrase la rosca.



Consejos para el taller

Comprobador de calentadores: comprobación sin necesidad de desmontar el calentador

Con el comprobador de calentadores BERU, ya puede testar de forma sencilla, rápida y fiable los calentadores de cerámica o acero en vehículos con una tensión de a bordo de 12 voltios (por separado y sin necesidad de desmontarlos o arrancar el motor).

El nuevo comprobador rápido de calentadores BERU ofrece muchas ventajas para el día a día del taller:

- Tests fiables, rápidos y económicos al no ser necesario quitar los calentadores ni arrancar el motor.
- No es necesario preseleccionar el tipo de calentador (de acero o cerámica).
- Reconocimiento automático de la tensión nominal de los calentadores (de 3,3 a 15 voltios).
- Tests teniendo en cuenta las condiciones actuales.
- Fácil de utilizar.
- Posibilidad de testar cada calentador por separado.
- Indicador analógico para la regulación de corriente y de calentamiento (posibilidad de comparar los calentadores individuales en función del rendimiento de regulación y el consumo de corriente).
- Protección frente a cortocircuitos y errores de polaridad.
- Protección frente a sobrecargas (supervisión de los calentadores, también a través del circuito independiente).
- Procedimiento de tests controlados por curvas características como en el equipo de control electrónico.
- Detección de contactos sueltos por procesador y una segunda comprobación posterior.
- Software microcontrolador especial integrado en el comprobador.

En todos los talleres deberían tener un comprobador de calentadores BERU.



Nuestro consejo:

Compruebe los calentadores con el comprobador rápido de calentadores. En caso de averías o capacidad limitada de funcionamiento, lo mejor es cambiar inmediatamente el juego de calentadores completo.

La experiencia demuestra que todos los calentadores llegan a su límite de desgaste con poco tiempo de diferencia, y una vez que se han quitado los cables de conexión y los carriles conductores, es más barato cambiar todo el conjunto, que tener que sustituir el resto de calentadores poco tiempo

Cómo arrancar un motor diésel con rapidez y seguridad

El problema:	La causa	La solución de BERU
Arranque con humo, formación de humo	Calentador con una sola bobina, temperatura demasiado baja	Utilice calentadores BERU con tecnología de doble bobina (las bobinas de calentamiento y de regulación garantizan que se alcance una temperatura mayor durante menos tiempo de calentamiento).
Fase de arranque con golpeteo	Calentador sin regulador y sin reserva de calor	Monte calentadores BERU de incandescencia posterior para una disipación del calor mejor y más rápida.
Fase de arranque prolongada que agota la batería	Al calentador le cuesta mucho alcanzar la temperatura necesaria; tiempo de calentamiento excesivo	
El motor funciona con dificultades e irregularmente	Calentador con temperatura final demasiado baja	
El motor consigue arrancar después de varios intentos	Calentador defectuoso	Coloque calentadores GN de BERU adaptados exactamente al motor y al sistema de incandescencia trifásico (incandescencia previa, inicial y posterior).
El motor consigue arrancar, pero emite malos olores	Los valores eléctricos del calentador no están dimensionados correctamente	
La varilla incandescente está a punto de fundirse o presenta cascarilla	El grosor de las paredes de la varilla de calentamiento es demasiado pequeño (suele suceder con los calentadores baratos)	
La varilla incandescente está completamente fundida	La tobera de inyección está averiada	Cambie el portatoberas por el conjunto portatoberas de reposición de BERU.

Consejos para el taller

Pares de apriete

Importante en lo que respecta al cambio de los calentadores: ¡Respete los pares de apriete!

Rosca del calentador	Par de rotura
M 8	20 N·m
M 9	22 N·m
M 10	35 N·m
M 12	45 N·m

PAR DE ROTURA

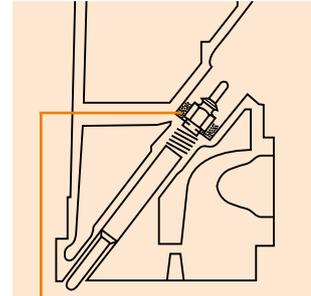
Para desmontar los calentadores, es necesario respetar el par de rotura.

QUÉ HACER CUANDO SE ALCANZA EL PAR DE ROTURA

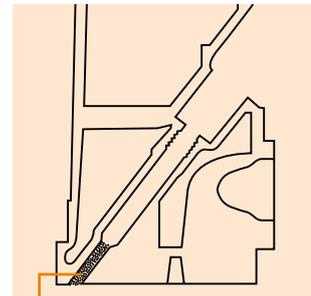
En ningún caso continúe enroscando; de lo contrario, podría romperse el calentador. En cambio, realice las tres acciones que se explican a continuación: aflojar ligeramente, calentar y desenroscar.

1. Aflojar ligeramente: aplique una buena cantidad de aceite sintético en la rosca del calentador y, si es posible, déjelo actuar al menos durante la noche.
2. Calentar: arranque el motor hasta que esté caliente o utilice un cable independiente para suministrar corriente a los calentadores funcionales durante 4 a 5 minutos (solo para calentadores con una tensión de servicio de 11 a 12 V); de esta forma, el calentador se calentará y se soltará por calentamiento.
3. Desenroscar: a continuación, con cuidado, trate de desenroscar y soltar el calentador de la culata con la herramienta apropiada. No sobrepase el par de rotura máximo (consulte la tabla anterior). Deténgase antes de alcanzar el par de rotura y, si es necesario, vuelva a intentar calentarlo.

Después de retirar el calentador antiguo, limpie la rosca, el asiento cónico y el canal del calentador en la culata con la herramienta adecuada (consulte el siguiente apartado).



Inyecte aquí aceite sintético.



Estos residuos de combustión se pueden eliminar con el escariador de BERU.



El desmontaje y el montaje de los calentadores se deben realizar exclusivamente con una llave dinamoétrica.

Rosca del calentador	Par de apriete
M 8	10 N·m
M 9	12 N·m
M 10	15 N·m
M 12	22 N·m

PAR DE APRIETE

Al enroscar los nuevos calentadores, respete el par de apriete especificado por el constructor de vehículos.

Nota: En calentadores con conexión roscada también hay que tener en cuenta el par de apriete de la tuerca de conexión. Especialmente, tras la fusión (carbonización) entre la varilla incandescente y la culata, el taladro de la culata presenta frecuentemente residuos de la combustión o partículas de suciedad. En culatas con rosca de 10 mm, se pueden eliminar estas carbonizaciones de forma sencilla y segura con el escariador BERU (RA003 - 0 890 100 003).

Rosca de tuerca de conexión	Par de apriete
M 4	2 N·m
M 5	3 N·m

Escariador BERU: para una limpieza rápida y segura del taladro de la culata

Y ASÍ FUNCIONA:

- Limpie previamente el taladro del calentador con un trapo.
- Unte el escariador BERU con grasa en la zona de corte y enrósquelo en la culata. Los residuos de la combustión se adherirán a la grasa y se eliminarán al desenroscar la herramienta.
- A continuación, puede montar el nuevo calentador sin problemas (de nuevo, tenga en cuenta el par de apriete).
- Antes de montar los calentadores, aplique grasa GK (GFK01 - 0 890 300 034) en la zona del vástago y de la rosca.

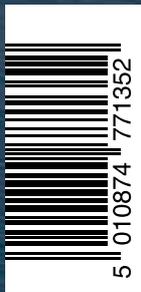


GFK01 - 0 890 300 034



El escariador BERU: (RA003 - 0 890 100 003) suelta la carbonización que se pueda producir tras el calentamiento entre el calentador y la culata.

BERU® es una marca comercial registrada de BorgWarner Ludwigsburg GmbH
PRMBU1435-ES



Global Aftermarket EMEA
Prins Boudewijnlaan 5
2550 Kontich • Belgium

www.federalmogul.com
www.beru.federalmogul.com

beru@federalmogul.com

 www.fmecat.eu

Perfección
integrada

