

Tutto sulle candele

Informazione
Tecnica
N° 04



Contents

<i>Il motore diesel</i>	3
Principio di funzionamento	3
Avviamento a freddo	3
Sistemi di iniezione	4
<i>Candelette autoregolanti</i>	5
I requisiti che deve soddisfare una moderna candele	5
Esecuzione costruttiva e principio di funzionamento	6
Candelette per postriscaldamento (GN)	7/8
<i>Il Sistema di Avviamento Rapido (ISS - Instant Start System)</i>	9
Il principio del sistema	9
Controllo elettronico	9
<i>BERU – I pionieri nell'uso di candele con sensore di pressione PSG</i>	10
<i>Candele in ceramica CPG01</i>	10
<i>Qualità BERU</i>	11
<i>Candele economiche - Meglio rinunciarvi</i>	12
<i>Le cause che possono provocare guasti alle candele</i>	13
<i>Consigli per l'autoriparatore</i>	14
Tester per candele: Controllo senza rimozione delle candele	14
Come avviare in maniera rapida e sicura un motore diesel	14
Coppie	15
L'alesatore BERU: per pulire rapidamente e in maniera sicura i fori di passaggio della testata	15

Il motore diesel

Principio di funzionamento

I motori diesel sono motori ad autoaccensione, vale a dire: il carburante iniettato si accende senza bisogno di scintilla. Il ciclo di combustione prevede tre fasi:

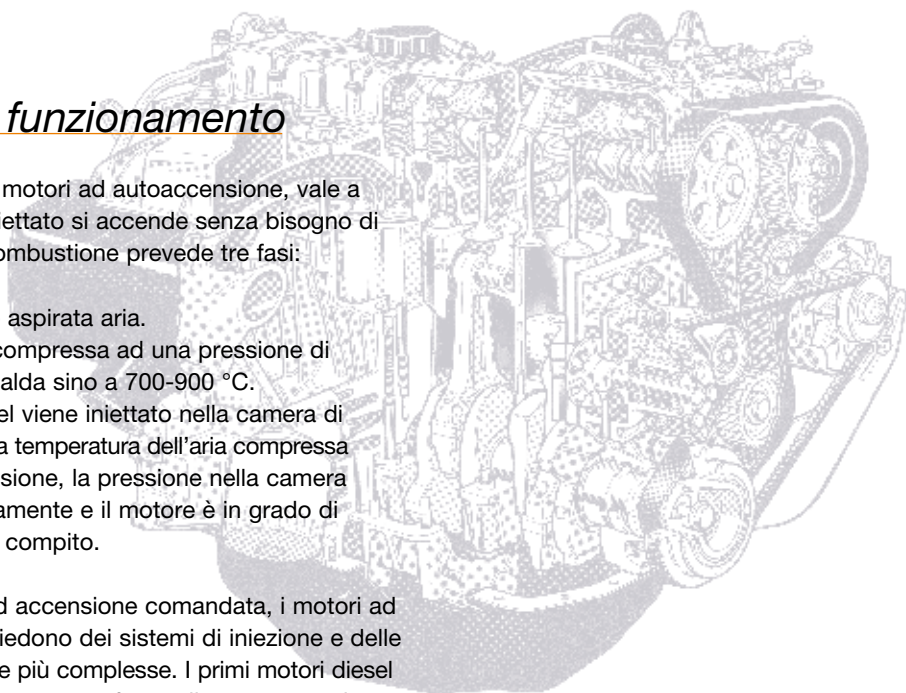
1. Inizialmente viene aspirata aria.
2. Quest'aria viene compressa ad una pressione di 30-55 bar e si riscalda sino a 700-900 °C.
3. Il carburante diesel viene iniettato nella camera di combustione. L'alta temperatura dell'aria compressa causa l'autoaccensione, la pressione nella camera aumenta repentinamente e il motore è in grado di svolgere il proprio compito.

Rispetto ai motori ad accensione comandata, i motori ad autoaccensione richiedono dei sistemi di iniezione e delle esecuzioni costruttive più complesse. I primi motori diesel non erano particolarmente confortevoli e non garantivano un'uniformità di funzionamento. A causa del difficile processo di combustione, a freddo erano anche molto rumorosi. Essi si distinguevano per un maggiore rapporto peso/potenza, per una minore potenza specifica e per le loro ridotte caratteristiche di accelerazione. Grazie al continuo sviluppo delle tecniche di iniezione e delle candele, tutti questi svantaggi sono stati risolti. Oggi, il motore diesel è riconosciuto come propulsore equivalente se non superiore rispetto al motore ad accensione comandata.

Avviamento a freddo

Con „avviamento a freddo“ si intende l'insieme delle procedure di avviamento in cui un motore e i relativi fluidi di esercizio non si trovano a temperatura di regime. Più la temperatura è bassa e peggiori sono le condizioni per una rapida accensione e per una combustione del carburante completa ed ecologica. Per fare in modo che in caso di temperature estremamente basse la partenza non duri eccessivamente a lungo o non sia per niente possibile, vengono usati degli strumenti per facilitare l'avviamento a freddo. Essi compensano le cattive condizioni di avviamento e preparano un'accensione puntuale e costante per consentire una combustione stabile.

Uno dei componenti che facilitano la partenza a freddo è la candele. Grazie all'energia termica generata elettricamente e convogliata nella camera di combustione vengono create delle condizioni ideali di accensione per il carburante iniettato. Per motori a precamera di combustione essa è assolutamente indispensabile per la partenza a freddo, al fine di garantire l'avviamento del motore anche in campi di temperatura compresi fra +10 e -30 °C. A causa del notevole peggioramento della qualità dell'avviamento al di sotto dello zero termico, la candele viene utilizzata anche per facilitare l'avviamento a freddo di motori diesel ad iniezione diretta.



Il motore diesel

Sistemi di iniezione

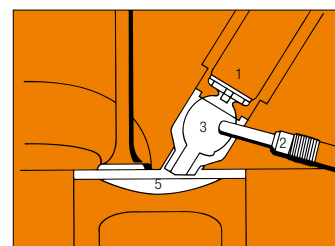
Nei motori diesel, a seconda dell'esecuzione costruttiva e della disposizione della camera di combustione, si distinguono i tre seguenti sistemi di iniezione:

1. Sistema a precamera
2. Sistema con precamera a turbolenza
3. Iniezione diretta

In tutti i sistemi sono necessarie candelette al fine di permettere l'evaporazione del carburante iniettato e l'autoaccensione della miscela aria-carburante sulla superficie calda della candeletta.

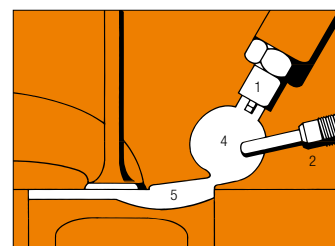
SISTEMA A PRECAMERA

In questo sistema la camera di combustione è suddivisa in due parti: una precamera ed una camera di combustione principale. Esse sono collegate fra di loro mediante numerosi fori (canali di iniezione). Durante la fase di compressione, una parte dell'aria compressa viene spinta nella precamera. Poco prima di raggiungere il punto morto superiore, attraverso un ugello viene iniettato del carburante direttamente nella precamera del relativo pistone. Qui avviene la combustione parziale del carburante iniettato. Le alte temperature generate da tale processo permettono alla pressione di aumentare repentinamente. A causa di tale pressione, l'intero contenuto della precamera viene fatto passare attraverso i canali di iniezione nella camera di combustione principale, dove avviene la combustione vera e propria.



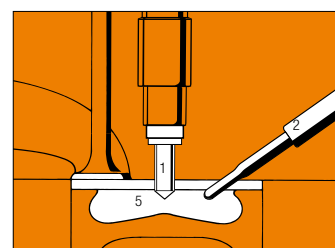
SISTEMA CON PRECAMERA A TURBOLENZA

La precamera a turbolenza, di forma sferica, è disposta nella testata dei cilindri in posizione separata rispetto alla camera di combustione principale. La camera di combustione principale e la precamera a turbolenza sono collegate l'una all'altra mediante un canale di iniezione di diametro considerevole. Nella fase di compressione, il canale di iniezione della precamera a turbolenza fa in modo che l'aria aspirata ottenga un forte effetto di rotazione. In questo turbine d'aria viene iniettato il carburante diesel. La combustione ha inizio nella precamera a turbolenza e si trasmette poi alla camera di combustione principale.



INIEZIONE DIRETTA

Nel caso dell'iniezione diretta del carburante diesel (introduzione di carburante e di aria) esso viene vaporizzato ad alta pressione attraverso un ugello multiforo nell'aria di aspirazione ad alta compressione, mentre la formazione della miscela aria-carburante viene ottimizzata grazie alla forma del cielo del pistone. Durante l'avviamento, l'aria fredda aspirata viene riscaldata molto velocemente grazie all'alta pressione di compressione. L'elemento riscaldante sporge all'interno della camera di combustione principale. Fondamentalmente, nei motori ad iniezione diretta la candeletta ha lo stesso compito che nei motori a precamera: essa fornisce il calore necessario all'avviamento. In una moderna candeletta l'elemento riscaldante raggiunge in pochi secondi una temperatura di oltre 1.000 °C.



- 1 | Ugello di iniezione
- 2 | -Candeledda
- 3 | -Preamera
- 4 | -Preamera a turbolenza
- 5 | -Camera di combustione

Generalmente, durante l'avviamento a freddo si può dire che l'aria fredda aspirata provoca basse temperature al termine della compressione. Durante la guida, la temperatura dell'aria compressa è adeguata per l'autoaccensione. Ciononostante, non è sufficiente all'avviamento, in particolar modo in presenza di temperature rigide. Un effetto maggiormente negativo lo ha però il basso numero di giri durante l'avviamento. A causa del prolungato periodo di compressione, la perdita di pressione e di temperatura è molto maggiore rispetto per esempio alle velocità al minimo.

Generalmente, durante l'avviamento a freddo si può dire che l'aria fredda aspirata provoca basse temperature al termine della compressione. Un effetto maggiormente negativo lo ha però il basso numero di giri all'avviamento. A causa del prolungato periodo di compressione, la perdita di pressione e di temperatura è molto maggiore rispetto per esempio alle velocità al minimo.

Candelette autoregolanti

I requisiti che deve soddisfare una moderna candele

TEMPI BREVI DI RISCALDAMENTO

Le candele devono fornire nel tempo più breve possibile un'alta temperatura, in grado di permettere l'avviamento, e mantenere questa temperatura indipendentemente dalle condizioni esterne, sino a doverla adattare in funzione di tali condizioni.

INGOMBRI RIDOTTI

I motori diesel per autoveicoli nelle versioni con precamera o precamera a turbolenza e ad iniezione diretta a 2 valvole generalmente offrono spazio sufficiente per gli iniettori e le candele.

Tuttavia, nei motori diesel più moderni con sistemi di iniezione di tipo Common-Rail o Pompa-Iniettore e tecnologia a 4 valvole, lo spazio disponibile è molto limitato. Ciò significa che lo spazio necessario per la candela deve essere minimizzato, il che ne giustifica la forma lunga e sottile. Oggi sono in uso già candele BERU con una guaina incandescente di diametro inferiore ai 3 mm.

CORRETTO ADATTAMENTO ESATTO ALLA CAMERA DI COMBUSTIONE

Idealmente, la guaina incandescente si deve trovare al limite del cono di iniezione del carburante, ma deve sporgere ancora in maniera sufficiente all'interno della camera di combustione o della precamera. Solo in tale maniera essa può convogliare il calore in correttamente. Essa non deve inoltre sporgere troppo nella camera di combustione, in quanto andrebbe ad interferire con la miscelazione dell'aria e del carburante iniettato, con grande svantaggio per il processo di combustione. Ciò causerebbe eccessive emissioni di gas di scarico.

VOLUME INCANDESCENTE SUFFICIENTE

Oltre che dall'uso della candela, l'avviamento a freddo del motore dipende dal sistema di iniezione di cui esso dispone. Solo un sistema per l'avviamento a freddo ottimizzato nella quantità iniettata, nella formazione della miscela, nella corretta posizione della candela e nel suo corretto dimensionamento termico offre un buon comportamento nell'avviamento a freddo. Anche dopo l'avviamento, il forte spostamento di masse d'aria che avviene nella camera di combustione non deve andare a "raffreddare" la candela. Soprattutto in motori a precamera o a precamera a turbolenza, in corrispondenza dell'estremità della candela l'aria raggiunge alte velocità. In queste condizioni, la candela funziona solamente se essa dispone di sufficienti riserve, se cioè è disponibile un volume di incandescenza sufficiente, al fine di poter convogliare immediatamente calore nella zona raffreddata.

Le candele sviluppate da BERU soddisfano in maniera ottimale tutti questi requisiti. Gli ingegneri BERU collaborano con i costruttori di automobili già durante la fase di sviluppo dei motori. Il risultato di tale collaborazione: un avviamento a freddo rapido ed ecologico in 2-5 secondi (in abbinamento con il Sistema di Avviamento Rapido ISS anche in massimo 2 secondi), avviamento sicuro sino a -30 °C, avviamento costante e sicuro del motore, riduzione delle emissioni di particolato sino al 40 % durante la fase di riscaldamento e nel caso di uso di candele a postriscaldamento (ulteriori informazioni da pagina 7).



Candelette autoregolanti

Esecuzione costruttiva e principio di funzionamento

La candeletta BERU è composta fondamentalmente dal corpo della candeletta stessa, dalla guaina incandescente con spirali di riscaldamento e di regolazione e dal perno di collegamento. La guaina incandescente in materiale anticorrosivo è pressata in maniera ermetica nell'alloggiamento del corpo candeletta. Inoltre, la sigillatura della candeletta viene migliorata anche per mezzo di un anello di tenuta o componente in plastica posizionato sul connettore. La candeletta preleva l'energia necessaria dalla batteria. Il controllo viene effettuato da una centralina elettronica che regola i tempi di incandescenza.

RESISTENZA CON SPIRALI DI RISCALDAMENTO E DI REGOLAZIONE

Il principio fondamentale alla base di una moderna candeletta è la combinazione fra un filamento a spirale di riscaldamento ed uno di regolazione, che vanno a formare l'intero elemento di resistenza. La spirale di riscaldamento è composta da materiale ad alta resistenza termica, la cui resistenza elettrica è quasi del tutto indipendente dalla temperatura. La doppia spirale, unitamente alla parte anteriore di guaina incandescente, costituisce la zona di riscaldamento. La spirale di regolazione è fissata sul perno di collegamento elettroconduttore e la sua resistenza è caratterizzata da un alto coefficiente termico.

Le due spirali sono inserite in una polvere ceramica compattata, elettricamente isolante ma ad alta conducibilità termica. Al momento della compattazione meccanica, la polvere viene premuta in maniera talmente forte che la spirale rimane fissata come se fosse stata colata nel cemento. Grazie a questo processo essa viene resa così stabile che i sottili fili della spirale di riscaldamento e di regolazione sono in grado di resistere a qualsiasi tipo di vibrazione. Sebbene i singoli avvolgimenti distino solamente pochi decimi di millimetro gli uni dagli altri, è impossibile che entrino in cortocircuito, neppure con la guaina incandescente, che andrebbe a danneggiare completamente la candela.

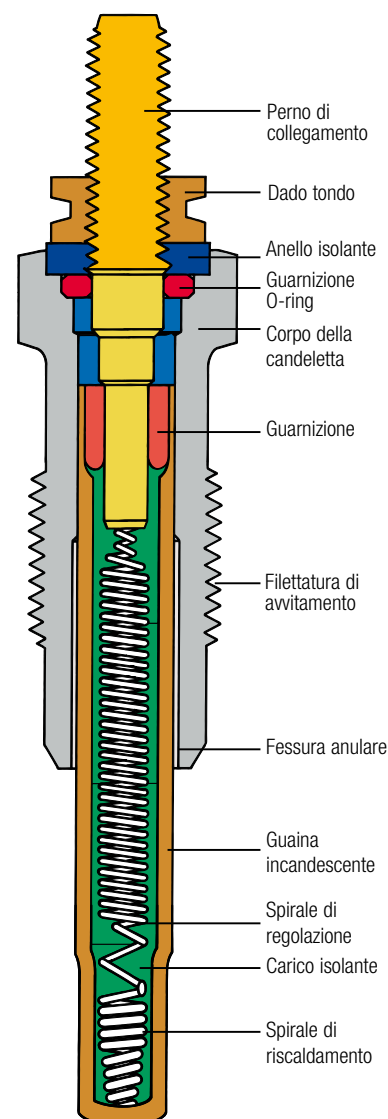
I tempi di riscaldamento e le temperature di incandescenza della candeletta possono essere variati intervenendo sui materiali, sulle lunghezze, sui diametri e sullo spessore dei fili delle spirali di riscaldamento e di regolazione, adattando così le candelette ai requisiti dei singoli motori.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Durante il preriscaldamento, attraverso il perno di collegamento e la spirale di regolazione passa una forte corrente verso la spirale di riscaldamento. Questa si riscalda molto rapidamente e rende incandescente l'estremità della guaina. L'incandescenza si espande molto rapidamente e dopo 2-5 secondi la guaina è incandescente sino in prossimità del corpo della candeletta. In questo modo, la temperatura della spirale di regolazione già riscaldata dalla corrente sale ulteriormente. Di conseguenza, la sua resistenza elettrica aumenta e la corrente viene ridotta in maniera tale da non danneggiare la guaina incandescente. In tale maniera si evita un surriscaldamento della candeletta.

Se il motore non viene avviato, dopo un certo tempo la candeletta viene spenta da parte della centralina di controllo.

Nel caso delle candelette BERU, per la spirale di regolazione si utilizza una lega la cui resistenza elettrica cresce con l'aumentare della temperatura. In tal modo la spirale di regolazione è dimensionata per lasciar passare, inizialmente, una corrente maggiore di quella che percorre la spirale al raggiungimento della temperatura di regime. Grazie alla rapida possibilità di regolazione, è così possibile raggiungere la temperatura desiderata in minor tempo e mantenerla.



Esecuzione costruttiva di una candeletta autoregolante a riscaldamento rapido.

Candelette autoregolanti

Candelette con postriscaldamento (GN)

I veicoli di costruzione meno recente sono solitamente dotati di candelette che diventano incandescenti solamente prima e durante la fase di avviamento. Esse sono riconoscibili dalla sigla GV. Le moderne vetture diesel escono dalle catene di montaggio con candele di tipo GN. Esse sono dotate dell'innovativo sistema di riscaldamento a 3 fasi. Ciò significa che esse si scaldano

- prima dell'avviamento,
- durante l'avviamento,
- dopo l'avviamento, e
- durante il funzionamento del motore (per inerzia).

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il preriscaldamento a controllo elettronico ha inizio azionando l'interruttore dell'accensione e, in caso di temperatura esterna normale, sono necessari 2-5 secondi prima che il motore sia pronto per essere avviato. Il tempo di postriscaldamento può raggiungere i 3 minuti dopo l'avviamento del motore, al fine di ridurre al minimo la rumorosità e le emissioni inquinanti.

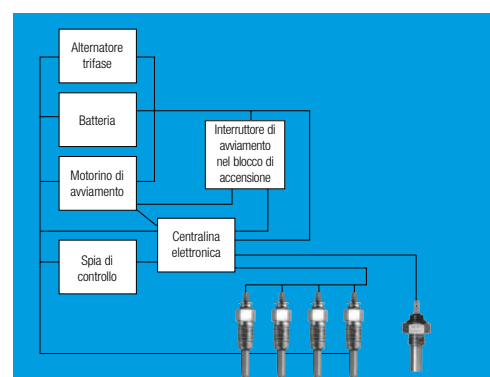
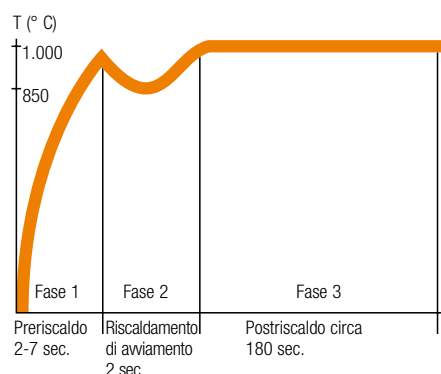
Lo stato di funzionamento del motore viene rilevato ad esempio attraverso la misurazione della temperatura del liquido di raffreddamento. La procedura di postriscaldamento dura fino a quando il liquido di raffreddamento raggiunge una temperatura di 70 °C, altrimenti esso viene spento allo scadere di un tempo impostato nella centralina. Se la temperatura del liquido di raffreddamento è già superiore a questo valore prima di avviare il motore, solitamente il postriscaldamento non ha luogo.

PROTEZIONE DA SURRISCALDAMENTO

Le candelette autoregolanti si proteggono dal surriscaldamento limitando, all'aumentare della temperatura, la corrente che fluisce dalla batteria alla candele. A motore acceso la tensione aumenta però in maniera tale che le candelette di vecchio tipo, non conformi alle più moderne tecnologie, bruciano. A ciò si aggiunge che dopo l'avviamento, le candelette percorse dalla corrente sono esposte ad altissime temperature di combustione e vengono dunque riscaldate dall'interno e dall'esterno. Le candelette con postriscaldamento BERU sono in grado di funzionare con piena tensione dell'alternatore. La loro temperatura sale sì rapidamente, ma essa viene limitata dalla nuova spirale di regolazione e mantenuta ad una temperatura di saturazione minore di quella delle candelette senza postriscaldamento.

Importante: In un sistema concepito per candelette GN devono essere montate solamente candelette di tipo GN; le candelette di tipo GV potrebbero danneggiarsi dopo breve tempo.

La tecnologia di riscaldamento a 3 fasi.



Principio di funzionamento di un impianto di incandescenza con postriscaldamento con quattro candelette collegate in parallelo e con sensore di temperatura.

Candelette autoregolanti

AVVIAMENTO RAPIDO IN 2 SECONDI

Con la candele GN con postriscaldamento BERU è stato possibile ridurre il tempo di riscaldamento a 2-5 secondi. Per ottenere tale risultato, i progettisti hanno ridotto il diametro della guaina incandescente in corrispondenza della sua estremità anteriore. In tal modo la guaina diventa incandescente in tale zona molto rapidamente. Ad una temperatura di 0 °C sono necessari appena 2 secondi per avviare il motore. In caso di temperature ancora inferiori, grazie alla regolazione del tempo di incandescenza, il sistema si adatta alla situazione ed aumenta del necessario il tempo di attesa: a -5 °C circa 5 secondi e a -10 °C circa 7 secondi.

RIDUZIONE DEI FUMI BIANCHI/BLU

Sino a quando non si raggiunge la temperatura di accensione ideale, dal tubo di scarico fuoriesce il cosiddetto fumo bianco o blu. Questo tipo di fumo è causato dalla combustione incompleta del carburante a causa della temperatura troppo bassa della miscela aria-carburante. Grazie al postriscaldamento, durante la fase di riscaldamento il carburante diesel viene combusto in maniera completa ed il motore è più silenzioso. In tale maniera l'opacità dei gas di scarico viene ridotta fino al 40 %.



Quantità di depositi carboniosi nel filtro di carta tre minuti dopo l'avviamento a freddo. Con il postriscaldamento (a destra) la quantità di depositi carboniosi è di ca. 40 % inferiore.

ELIMINAZIONE DEL BATTITO A FREDDO

Il battito tipico dei motori diesel dopo l'avviamento a freddo è causato dal grande ritardo di accensione a motore freddo. Il carburante si accende inaspettatamente e il motore batte in testa. Grazie al pre- e al postriscaldamento, la candele GN permette al motore di raggiungere più velocemente la temperatura di regime. Ciò protegge il motore, lo rende più silenzioso ed evita il battito a freddo. Il carburante viene combusto in maniera più omogenea e completa. In tale maniera viene liberata più energia e la temperatura della camera di combustione si alza molto più rapidamente.

Caratteristiche tecniche della candele GN

- Candele per avviamento rapido di forma sottile
- Tempi brevi di preriscaldamento: solo ca. 2 - 7 secondi
- Avviamento sicuro (anche a -30 °C)
- Ecologica: riduzione delle emissioni di inquinanti nella fase di riscaldamento del 40 %
- Il motore non batte in testa
- Funzionamento più silenzioso del motore
- Protezione del motore all'avviamento
- Idonea per veicoli con tensione di esercizio fino a 14,5 V

Il Sistema di Avviamento Rapido BERU (ISS - Instant Start System)

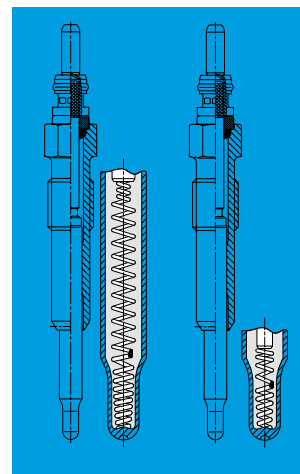
La grande sfida era: permettere anche ai veicoli diesel un avviamento immediato come per un motore ad iniezione comandata.

Il principio del sistema

L'ISS BERU è composto da una centralina elettronica e da candele con rendimento ottimizzato aventi un tempo di riscaldamento ridotto a 2 secondi al massimo, rispetto ai 5 secondi di una candele di tipo standard (SR). Esse hanno bisogno di molta meno energia sia nella fase di riscaldamento che nella fase di mantenimento della temperatura. Come interruttori per il controllo delle candele, nella centralina vengono usati semi-conduttori di potenza che sostituiscono i relè elettromeccanici usati in precedenza. Rispetto alla classica candele, nelle candele a rendimento ottimizzato del sistema ISS la spirale è estremamente corta e la zona di incandescenza è ridotta di circa un terzo. Nei motori ad iniezione diretta, ciò corrisponde alla parte della guaina ad incandescenza che penetra all'interno della camera di combustione.

Controllo elettronico

A motore acceso, la candela viene raffreddata tramite il cambio di carica e tramite il movimento dell'aria nella fase di compressione. La temperatura della candela si riduce all'aumentare del numero di giri a tensione e a quantità di carburante iniettato costanti, mentre aumenta all'aumentare della quantità di carburante iniettato con tensione e numero di giri costanti. Per mezzo della centralina elettronica, questi effetti possono essere compensati: alle candele viene applicata sempre la tensione effettiva ottimale per ogni specifica situazione di esercizio. In tale maniera la temperatura delle candele può essere controllata in funzione delle condizioni di esercizio. Inoltre, la combinazione fra candela a basso voltaggio e centralina elettronica ottimizza il rapido riscaldamento della candela. Ciò si verifica applicando l'intera tensione di bordo per un tempo predefinito alla candela portando la tensione sul valore effettivo di esercizio solo in un secondo momento. Il tempo di preriscaldamento abituale può così essere ridotto a max. 2 secondi anche nel caso di temperature estremamente basse. Il grado di rendimento del sistema è talmente alto che alla rete di bordo non viene tolta più potenza di quella necessaria alla candela. Poiché nel sistema ISS ogni candela viene controllata per mezzo di un semiconduttore di potenza separato, in ogni circuito la corrente può essere controllata separatamente. In tale maniera è possibile effettuare la diagnosi di ogni singola candela.



Esecuzione costruttiva interna della candela a resistenza auto-regolante standard SR (a sinistra) e della candela a resistenza ottimizzata del sistema ISS (a destra).



Sistema di incandescenza a controllo elettronico ISS: Centralina elettronica e candele.



Il Sistema di Avviamento Rapido BERU permette una partenza "da motore a iniezione comandata" del motore diesel al primo tentativo.

Caratteristiche tecniche del sistema ISS

- | | |
|---|--|
| ■ Avviamento sicuro anche a -30 °C | ■ Temperatura controllabile per il preriscaldamento, il postriscaldamento e l'incandescenza intermedia |
| ■ Tempo di riscaldamento estremamente rapido: in 1-2 secondi vengono raggiunti i 1.000 °C | ■ Numerose funzioni di diagnosi |
| ■ Minore assorbimento di potenza (importante soprattutto in motori con 6 o più cilindri) | ■ Funzionamento al minimo immediato e stabile e regolarità del gas scarico |
| ■ Elevata affidabilità di funzionamento | ■ Riduzione delle emissioni di inquinanti |
| | ■ Concepito soprattutto per motori diesel ad iniezione diretta |
| | ■ Idoneo per diagnosi di bordo |

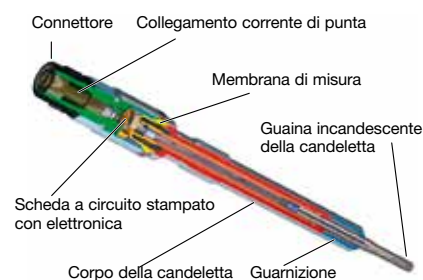
BERU – I pionieri nell'uso di candele con sensore di pressione PSG

CANDELETTA CON SENSORE DI PRESSIONE INTELLIGENTE

I futuri valori limite per le emissioni di gas stabiliti per legge in Europa e negli USA impongono un'ulteriore riduzione dei gas di inquinanti per i motori diesel. Le soglie per le emissioni di ossido di azoto e di particolato, applicabili ai motori diesel, in futuro saranno fino al 90% inferiori rispetto ai valori attuali. Questi standard sulle emissioni non potranno essere soddisfatti dalle singole soluzioni tradizionali.

I progettisti BERU hanno integrato un sensore di pressione piezoresistivo all'interno della candeletta. In ragione dei livelli estremamente alti di temperatura, vibrazioni e pressione all'interno della testa del cilindro, l'esecuzione costruttiva meccanica della candeletta rappresenta un importante fattore di successo. La guaina incandescente non è montata a pressione all'interno del corpo della candeletta, come nel passato, ma supportata in maniera elastica come componente mobile e trasmette la pressione ad una membrana posizionata nella parte posteriore della candeletta stessa. L'attuale sensore di pressione è quindi posizionato lontano dalla camera di combustione, in una zona con condizioni ambientali nettamente più favorevoli. Il carico termico sull'elemento di tenuta può ancora venire controllato, attraverso l'uso di una guaina incandescente, dal sistema di avviamento rapido per motori diesel BERU ISS, che è incandescente solamente sull'estremità. La candeletta intelligente PSG (candele con sensore di pressione) è in fase di collaudo come primo equipaggiamento dal gruppo Volkswagen e da GM/Opel e verrà presto impiegata nei motori diesel di ultima generazione.

Per maggiori informazioni sulle candele BERU PSG consultate la relativa brochure



La candeletta intelligente PSG (candele con sensore di pressione).

Candele in ceramica CPG01

ROBUSTEZZA INTERNA

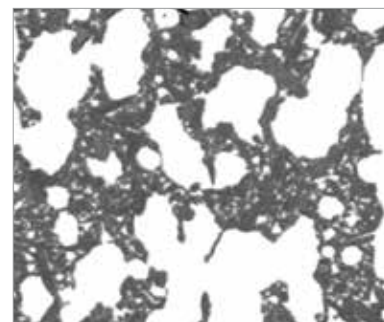
La composizione dei materiali rappresenta un punto fondamentale per le prestazioni delle candele in ceramica BERU. Ceramica di nitrato di silicio ad alta resistenza che racchiude il disiliciuro di molibdeno ad alta conducibilità elettrica all'interno di una struttura di interpenetrazione. Questo materiale resiste a pressioni fino a 200 bar e a temperature fino a 1.300°C, all'interno delle diverse atmosfere gassose della camera di combustione (aria ambiente, diesel, ossigeno, acqua).

PRESTAZIONI CONCENTRATE SULL'ESTREMITÀ

Oltre a tempi di riscaldamento più brevi, la guaina incandescente esterna, coperta da brevetto, garantisce una regolazione ottimizzata. La capacità di riscaldamento della candele concentrata sull'estremità dell'elemento in ceramica, inoltre, richiede una minore quantità di energia per produrre la temperatura richiesta per avviare il motore e, di conseguenza, necessita di una minor quantità di carburante rispetto alle candele convenzionali. Oltre ad aumentare l'affidabilità di funzionamento, la resistenza all'interno del sistema di regolazione garantisce che la candele in ceramica BERU abbia il miglior equilibrio energetico possibile a tutti i regimi. Questo fattore inoltre contribuisce alla riduzione di consumi ed emissioni.

UN PROCESSO ESCLUSIVO

Le candele in ceramica BERU vengono costruite con impianti di produzione in serie brevettati. L'elemento riscaldante in ceramica viene prodotto tramite un procedimento di estrusione e di stampaggio per iniezione. Seguono processi di cottura/sinterizzazione e tempra questo per permettere alle candele di raggiungere i limiti di tolleranza molto stretti richiesti prima che le candele siano inserite all'interno dei corpi in metallo. A questo scopo sono necessari diversi processi di rettifica e, a causa dell'elevata durezza e resistenza dei materiali, la rettifica deve essere eseguita con appositi diamantatori. Il contatto della barra riscaldante in ceramica viene prodotto grazie a speciali procedure ad alta temperatura sull'intera superficie. In questo modo è possibile raggiungere un altissimo livello di resistenza alle oscillazioni ed alle variazioni termiche. Grazie alla combinazione di materiale ad alta resistenza, design innovativo e processi produttivi di ultima generazione, le candele in ceramica BERU offrono caratteristiche eccezionali.



La microstruttura della ceramica delle candele BERU con guaine di piccole dimensioni in nitrato di silicio e granuli di disiliciuro di molibdeno bianco, che formano la struttura tridimensionale di conduzione elettrica.

La struttura della barra riscaldante in ceramica sulla candele BERU



Il riscaldatore è realizzato interamente in ceramica ad alta conducibilità. Poiché la sua superficie presenta una maggiore resistenza specifica rispetto al materiale dei conduttori di alimentazione e di ritorno, la barra riscaldante diventa incandescente solo all'estremità (cappuccio) e raggiunge pertanto più rapidamente temperature elevate. Il contatto della candele a incandescenza è composto da un conduttore interno e uno esterno, separati da un isolatore.

Le candele BERU:

Sicurezza in cinque punti per la massima qualità

1. SVILUPPATE IN STRETTA COLLABORAZIONE CON I COSTRUTTORI DI AUTOMOBILI

BERU, in qualità di specialista dell'avviamento a freddo di motori diesel e partner dell'industria automobilistica per lo sviluppo di prodotti, non è solamente stata coinvolta nella progettazione di candele sin dall'inizio, ma era anche presente e coinvolta nello sviluppo di nuovi motori. In tal modo è stato possibile trovare la soluzione ottimale sul posizionamento della candela all'interno del motore; per cui gli ingegneri BERU coinvolti in co-engineering nel progetto motore erano a conoscenza dei parametri sui quali viene posta la massima attenzione nello sviluppo di una candela.

2. PRODOTTE SECONDO LE NORME ISO

Le candele BERU sono progettate secondo gli standard ISO 7578 e 6550. Tali standard regolano le dimensioni e le tolleranze della geometria, della sede conica di tenuta, delle dimensioni dell'esagono, del diametro della guaina incandescente, ecc.

3. SVILUPPATE SECONDO I CAPITOLATI DEI COSTRUTTORI DI AUTOMOBILI

Le candele BERU soddisfano i capitolati dei costruttori di automobili, differenti a seconda del costruttore. Così, per esempio, come durata di funzionamento continuo vengono richiesti da 10.000 a 25.000 cicli di pre- e postriscaldamento.

Oltre a ciò, le candele BERU vengono sottoposte a collaudi in camera a freddo. Viene anche collaudata la resistenza agli agenti ambientali, alle sostanze con cui esse vengono a contatto, agli additivi e ai detergenti per motori.

4. SOTTOPOSTE A SPECIALI TEST BERU

Le candele BERU vengono sottoposte a test specifici che simulano le condizioni d'uso quotidiano e in officina, per esempio simulando le forze di estrazione della candela o eseguendo test rapidi di sovratensione. I test di sovratensione sono estremamente severi: Anche dopo 3.000 cicli, ogni candela deve essere ancora perfettamente funzionante.

5. REALIZZATE SECONDO GLI ULTIMI METODI DI PRODUZIONE

La produzione delle candele di ultima generazione per motori diesel ad iniezione diretta, molto lunghe e sottili, pone gli esperti di fronte a particolari richieste. Il diametro della guaina incandescente deve essere esattamente compatibile con la camera di combustione. La guaina incandescente deve sporgere nella camera di combustione per una lunghezza ben determinata; solo così è possibile che la turbolenza non generi ulteriori dannosi gas di scarico. Anche il comportamento termico della candela deve essere ottimizzato per la geometria della camera di combustione, mentre l'assorbimento di corrente delle candele deve essere adattato esattamente alla rete di bordo della vettura. Queste candele, di forma particolarmente sottile, possono essere prodotte nella qualità richiesta solamente sugli impianti più moderni come quelli presenti negli stabilimenti BERU.

Candelette a basso prezzo - Meglio rinunciarvi

APPARE A 2 SPIRALI, MA È PRODOTTA CON 1 SPIRALE

Solo una candele con 2 spirali permette di ottenere tempi brevi di preriscaldamento e le prestazioni termiche richieste dai costruttori di automobili. Ciò nonostante, poiché la presenza delle due spirali non è riconoscibile mediante un'ispezione visiva esterna, alcuni produttori utilizzano una sola spirale rinunciando alla cosiddetta spirale regolatrice. In questo caso, il preriscaldamento non avviene nei tempi previsti e l'assorbimento di corrente è molto elevato, sollecitando eccessivamente la batteria; l'autovettura può non avviarsi o avviarsi con difficoltà. (Vedere la Figura 3)

GUAINA INCANDESCENTE RIEMPIE CON POLVERE ISOLANTE DI BASSA QUALITÀ

Al posto della polvere di magnesite utilizzata da BERU, compressa ed opportunamente essiccata, nelle candele a basso costo si utilizza polvere isolante non essiccata e in alcuni casi contaminata. La fatale conseguenza: Alla prima accensione la polvere si dilata in modo importante all'interno della guaina causando un rigonfiamento della stessa. A quel punto lo smontaggio della candela è possibile solo dopo aver smontato anche la testata dei cilindri! (Vedere la Figura 9)

SPIRALE RISCALDANTE NON CENTRATA E NON COLLEGATA AL PERNO

Un altro particolare che permette di valutare la qualità di produzione: il terminale può essere centrato e fissato sul perno solo usando macchinari di produzione estremamente moderni. I produttori low-cost infilano semplicemente la spirale riscaldante sul perno. Così facendo non è però possibile garantire la protezione al cortocircuito. (Vedere a tale riguardo le Figure 5 e 13)

CONTATTI SCADENTI

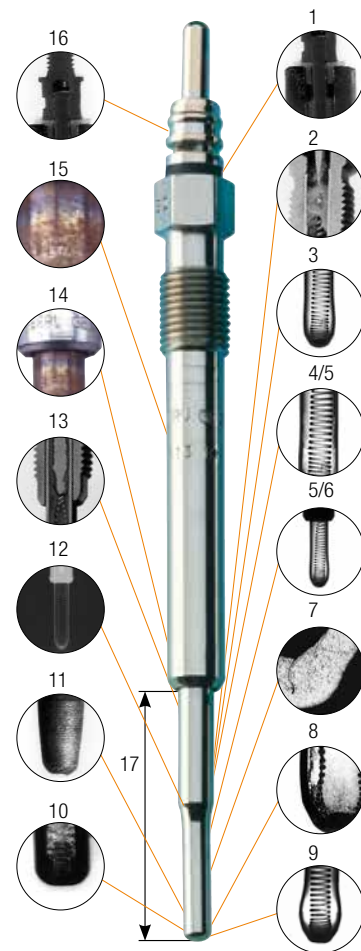
In candele di bassa qualità, la posizione dei terminali ad innesto rapido per il collegamento elettrico non soddisfa i requisiti del primo equipaggiamento. Il terminale sembra simile a quello di candele originali, con la differenza però che il contatto non si innesta correttamente. Il collegamento elettrico verso la candela non è dunque garantito. A scapito del contatto elettrico, alcuni produttori risparmiano anche sul materiale degli elementi di collegamento. (Vedere la Figura 16)

GUAINA INCANDESCENTE SALDATA SENZA LA NECESSARIA PRECISIONE

Molti produttori di candele a basso costo non dispongono della tecnica di produzione necessaria per saldare con esattezza la guaina incandescente. Il risultato: Sottili fessurazioni nella guaina incandescente, con la conseguente mancanza di tenuta, che può a sua volta causare cortocircuiti.

Come riconoscere candele di bassa qualità

Difetto	Rischio	Difetto	Rischio
1 Tenuta insufficiente	Non impermeabile	11 Estremità della guaina incandescente attorcigliata, guaina riscaldante troppo sottile	Depositi carboniosi, vita utile ridotta
2/9 Riempimento con polvere di magnesio di bassa qualità	Isolamento insufficiente, rigonfiamento della guaina incandescente	12 Spirale riscaldante non progettata correttamente	Sovraccarico della batteria a causa di eccessivo assorbimento di corrente, conseguente rischio di bruciatura dei contatti della centralina: Si riduce la durata della candela o se ne compromette il funzionamento
3 Necessità di tecnologia a doppia spirale, ma presenza di una sola spirale	Le caratteristiche non sono conformi alle specifiche del costruttore	5/13 Spirale riscaldante posizionata storta	Cortocircuito
4 Spessore della guaina non costante	Scoppio della candela	14 Sede conica non idonea alla testa dei cilindri	Problemi di tenuta, testa dei cilindri danneggiata
5 Spirale inclinata nella guaina ad incandescenza	Cortocircuito	15 Corpo senza protezione superficiale	Grippaggio nel foro della testa dei cilindri
6 Guaina incandescente non centrata rispetto al corpo, dunque eccentricità. La candela viene avvitata inclinata nella precamera o nella precamera a turbolenza.	La candela viene danneggiata dal getto di iniezione e fonde.	16 Terminale innestato a pressione	Allentamento e interruzione dell'alimentazione di corrente, contatto allentato
7 Guaina incandescente con microfessure	Scoppio	17 Sporgenza della guaina dal corpo non corrispondente ai dati del costruttore.	Se la quota di sporgenza è eccessiva: la candela viene "consumata" dal getto di iniezione. Se è troppo corta: problemi di avviamento
8/9 Estremità della guaina incandescente caricata con polvere di magnesio non compattata e/o inserita ancora umida.	Cortocircuito, rigonfiamento della guaina incandescente, durata ridotta		
10 Estremità con cratere passante, non correttamente saldata	Scoppio		



Le cause che possono provocare guasti alle candele

In ambiente caldo ed asciutto, il motore diesel si avvia anche se una sola delle candele è difettosa, mentre le altre attivano il preriscaldamento. In simili condizioni, nella fase d'avviamento, si verifica una maggiore emissione di inquinanti allo scarico e battito in testa del motore, ma l'automobilista non sempre recepisce tali eventi o non li interpreta correttamente. La brutta sorpresa arriva insieme al freddo ed all'umidità, con il primo gelo dell'anno: se viene a mancare parte del "calore donato" al motore diesel, è possibile che si avvii ugualmente, magari fumando, ma molto spesso il motore non si avvia assolutamente. Di seguito vengono elencati tipici guasti e le corrispondenti cause. Con questo aiuto diagnostico è possibile porre rapidamente rimedio ai difetti riscontrati.

GUAINA INCANDESCENTE CON DEFORMAZIONI E CAVITÀ

Cause:

- a) funzionamento con tensione eccessiva, ad esempio in caso di avviamento con batteria di soccorso supplementare
- b) assorbimento prolungato di corrente per contatti del relè bloccati
- c) postriscaldamento impossibile con il motore in funzione
- d) utilizzo di una candela non progettata per il postriscaldamento

Azione correttiva:

- a) Avviamento di soccorso senza superare la tensione di alimentazione di bordo.
- b)/c) Controllare l'impianto di preriscaldamento, sostituire il relè di controllo del tempo di preriscaldamento.
- d) Montare una candela adatta per il postriscaldamento.

GUAINA INCANDESCENTE FUSA O ROTTA

Cause:

- Surriscaldamento della guaina incandescente a causa di
- a) iniezione troppo anticipata
- b) ugelli usurati o intasati
- c) danni al motore, ad esempio a causa di grippaggio, rottura valvole, ecc.
- d) gocciolamento ugelli
- e) segmento pistone grippato

Azione correttiva:

- a) Regolare esattamente la fase di iniezione.
- b) Pulire o sostituire gli ugelli di iniezione
- c) Controllare il getto degli iniettori.
- d) Revisionare o sostituire gli ugelli di iniezione
- e) Assicurarsi che i segmenti dei pistoni possano muoversi senza impedimenti

ESTREMITÀ DELLA GUAINA INCANDESCENTE DANNEGGIATA

Cause:

- Surriscaldamento della guaina incandescente a causa di
- a) Iniezione troppo anticipata, con surriscaldamento della guaina e della spirale; infragilimento e rottura della spirale riscaldante.
- b) intercapedine anulare, tra corpo e guaina, chiusa; ne consegue un'eccessiva trasmissione di calore dalla guaina, alla spirale di regolazione

Azione correttiva:

- a) Controllare l'impianto d'iniezione e regolare esattamente la fase d'iniezione.
- b) In fase di avvitamento della candela, rispettare assolutamente la coppia di serraggio prescritta dal costruttore del veicolo.

PERNO DI COLLEGAMENTO ROTTO, ESAGONO DANNEGGIATO

Cause:

- a) Rottura del perno di collegamento: Il dado di collegamento della corrente è stato stretto con una coppia di serraggio eccessiva.
- b) Esagono danneggiato: Uso di un utensile non idoneo; a causa della deformazione, la candela presenta un cortocircuito fra il corpo e il dado tondo.

Azione correttiva:

- a) Stringere il dado di collegamento della corrente con una chiave dinamometrica. Rispettare la coppia di serraggio prescritta. Non ingrassare la filettatura né lubrificarla.
- b) Stringere la candela con una chiave a tubo dinamometrica idonea. Rispettare esattamente la coppia di serraggio prescritta (deducibile dalle prescrizioni dei costruttori di automobili). Non ingrassare la filettatura né oliarla.

Consigli per l'autoriparatore

Tester per candele: Controllo senza rimozione delle candele

Con il tester rapido per candele BERU è ora possibile controllare in maniera semplice, affidabile e rapida le candele a 12 Volt in acciaio e in ceramica una per una, senza smontarle e senza dover avviare il motore.

Il nuovo tester rapido per candele BERU offre diversi vantaggi per l'autoriparatore:

- Controllo affidabile, rapido ed economico in quanto non si rende necessario rimuovere le candele o avviare il motore
- Non necessita di alcuna preimpostazione in funzione del tipo di candela (acciaio o ceramica)
- Riconosce automaticamente il valore di tensione delle candele da controllare. (da 3,3 a 15 volt)
- Permette di effettuare il controllo nelle condizioni reali
- Di facile uso
- Possibilità di test per ogni singola candela
- Indicatore analogico di riscaldamento e limitazione della corrente (possibilità di confronto di singole candele rispetto all'assorbimento di corrente e il comportamento di regolazione)
- Protezione da cortocircuito e inversione di polarità
- Protezione da sovratensione (monitoraggio candele anche tramite commutazione indipendente)
- Sequenza di controllo secondo curva caratteristica, come nelle unità elettroniche.
- Riconoscimento dei contatti difettosi mediante processore seguito da ulteriore controllo.
- Software microcontroller speciale, integrato nel tester

Ogni officina dovrebbe disporre di un tester per candele BERU.



Il nostro suggerimento:
Controllate le candele con il tester rapido BERU. Idealmente, in caso di difetti o malfunzionamento, l'intera candela dovrebbe essere sostituita.

L'esperienza dimostra che le candele nella maggior parte dei casi raggiungono il limite di usura a poco tempo di distanza l'una dall'altra e, una volta che i fili del connettore e le guide del conduttore sono stati rimossi, risulta meno costoso sostituire l'intero set rispetto alla sostituzione di altre candele nell'arco di breve tempo.

Come avviare in maniera rapida e sicura un motore diesel

Il problema	La causa	La soluzione BERU'
Sviluppo di fumi allo scarico in fase di avviamento	La candela ha solo una spirale, temperatura troppo bassa	Usare candele BERU con tecnologia a doppia spirale (grazie alle due spirali si raggiunge una temperatura maggiore in minor tempo)
Avviamento con battito in testa del motore	Candela senza regolazione della corrente e senza riserva termica	Montare candele BERU con postriscaldamento per una migliore e più rapida trasmissione del calore
Avviamento prolungato che scarica la batteria	La candela si scalda solo lentamente, tempo di riscaldamento troppo lungo	Montare candele GN BERU adattate al motore e al sistema di incandescenza a 3 fasi (preriscaldamento – incandescenza di avviamento – postriscaldamento)
Funzionamento difficile ed irregolare del motore	Candela con temperatura finale troppo bassa	
Il motore si avvia solo dopo alcuni tentativi	Candela difettosa	
Il motore si avvia, ma sviluppa odori sgradevoli	I valori elettrici della candela non sono corretti	
Guaina incandescente leggermente fusa o incrostata	Lo spessore di parete della guaina incandescente è troppo ridotto (solitamente nel caso di candele a basso prezzo)	Sostituire il supporto ugello con l'insieme supporto ugello BERU
Guaina incandescente completamente fusa	Ugello di iniezione difettoso	

Consigli per l'autoriparatore

Coppie

Importante durante la sostituzione delle candele: Rispettare i valori di coppia!

Filetto candele	Coppia di serraggio
M 8	20 Nm
M 9	22 Nm
M 10	35 Nm
M 12	45 Nm

COPPIA MASSIMA A ROTTURA

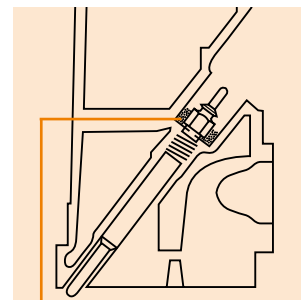
Durante lo smontaggio delle candele deve essere rispettata la coppia massima a rottura.

COSA FARE SE VIENE RAGGIUNTA LA COPPIA MASSIMA A ROTTURA?

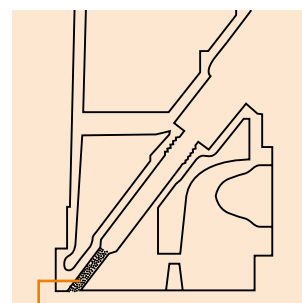
Non continuare assolutamente a svitare, la candela potrebbe rompersi. Al contrario, procedere con il programma a 3 fasi: "Allentare leggermente - Riscaldare - Svitare":

1. Allentare leggermente: Applicare abbondante olio sintetico nella sede filettata della candela, lasciando agire per tutta la notte, o anche oltre.
2. Riscaldare: Avviare il motore e lasciarlo riscaldare oppure far passare corrente attraverso le candele con un cavo separato per 4-5 minuti (solo nel caso in cui si operi su candele con tensione di 11 - 12 V); in tale modo la candela viene scaldata e sbloccata.
3. Svitare: Infine tentare di nuovo di svitare la candela, allentando con attenzione la candela con attrezzo idoneo dalla testata dei cilindri. (Non superare la coppia massima a rottura - vedere la tabella riportata in alto. Interrompere immediatamente l'intervento se dovesse venire raggiunta la coppia massima a rottura, eventualmente ripetere il tentativo riscaldando di nuovo.)

Dopo avere svitato le vecchie candele, il filetto, la sede conica e il pozzetto di alloggiamento della candela devono essere puliti per mezzo di attrezzi idonei. (vedere qui di seguito).



Quindi applicare olio sintetico.



Questi residui della combustione possono essere rimossi con l'alesatore BERU.

Filetto candele	Coppia massima a rottura
M 8	10 Nm
M 9	12 Nm
M 10	15 Nm
M 12	22 Nm

COPPIE DI SERRAGGIO

All'avvitamento delle nuove candele, rispettare la coppia di serraggio prescritta dal costruttore.

Nota: Nel caso di candele con fissaggio a dado, rispettare anche la coppia di serraggio del dado stesso. Le incrostazioni della guaina testata lasciano sul foro la presenza di residui di combustione o particelle solide. Nelle testate con filetto da 10 mm questi residui di combustione possono essere rimossi in maniera semplice e sicura con l'alesatore BERU (RA003- 0 890 100 003).



Per rimuovere e inserire le candele utilizzare UNICAMENTE una chiave dinamometrica.

Filetto dado di collegamento	Coppia di serraggio
M 4	2 Nm
M 5	3 Nm

L'alesatore BERU: per pulire rapidamente e in maniera sicura i fori della testata per il passaggio guaina

ECCO COME FUNZIONA:

- Pulire la sede della candela con un panno.
- Cospargere la zona dei taglianti dell'alesatore BERU con grasso ed avvitarlo nella testata dei cilindri: I residui di combustione rimangono incollati al grasso e vengono rimossi quando si svita l'utensile.
- Infine è possibile montare senza alcun problema la nuova candela (naturalmente rispettando la coppia di serraggio prescritta!).
- Prima di installare le candele, ingrassare il pozzetto e il filetto con grasso GK (GFK01 - 0 890 300 034)



L'alesatore BERU - (RA003 - 0 890 100 003) asporta le incrostazioni che possono crearsi dopo la "cottura" tra candela e testata.



GKF01 - 0 890 300 034



Global Aftermarket EMEA
Prins Boudewijnlaan 5
2550 Kontich • Belgium

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

beru@federalmogul.com

 www.fmecat.eu

Perfezione
integrata

