

Riconoscere ed eliminare i danni ai pistoni

SERVICE
TIPS & INFOS



Gruppo Motorservice

Qualità e assistenza da un unico fornitore

Il gruppo Motorservice è l'organizzazione di vendita per le attività Aftermarket di Rheinmetall Automotive a livello mondiale. L'azienda rappresenta uno dei fornitori leader per componenti del motore nel mercato libero dei ricambi. Con i marchi premium Kolbenschmidt, Pierburg, TRW Engine Components e il marchio BF, Motorservice offre ai suoi clienti un ampio e vario assortimento di elevata qualità, tutto da un unico fornitore. Rinomato partner di rivenditori e officine dispone inoltre di un ampio pacchetto di soluzioni. I clienti di Motorservice traggono vantaggio dal vasto know-how tecnico di uno dei principali fornitori dell'industria automobilistica.

Rheinmetall Automotive

Fornitore rinomato dell'industria automobilistica internazionale

Rheinmetall Automotive rappresenta il comparto mobilità del colosso tecnologico Rheinmetall Group. Con i marchi premium Kolbenschmidt, Pierburg e Motorservice, Rheinmetall Automotive occupa una posizione leader a livello mondiale nei settori dell'alimentazione dell'aria, della riduzione delle sostanze nocive e delle pompe nonché nello sviluppo, nella produzione e nella fornitura di ricambi di pistoni, blocchi motore e cuscinetti a strisciamento. Emissioni di sostanze nocive contenute, ridotto consumo di carburante, affidabilità, qualità e sicurezza rappresentano i fattori principali che alimentano lo spirito di innovazione di Rheinmetall Automotive.



KOLBENSCHMIDT



PIERBURG



TRW
EngineComponents

4ª edizione 11.2014 (122016)
Cod. articolo 50 003 973-05

Redazione:

Motorservice, Technical Market Support

Layout e produzione:

Motorservice, Marketing
DIE NECKARPRINZEN GmbH, Heilbronn

La riproduzione, la copia e la traduzione, anche parziali, sono consentite solo previa autorizzazione scritta da parte nostra e con opportuna indicazione della fonte.

Salvo modifiche. Le immagini possono non corrispondere esattamente a quanto descritto nel testo.
È esclusa qualsiasi responsabilità.

Editore:

© MS Motorservice International GmbH

Responsabilità

Tutte le indicazioni riportate nel presente opuscolo sono state reperite e raccolte con la massima diligenza. Ciononostante non è possibile escludere errori, la traduzione errata di dati, la mancanza di determinate informazioni o la variazione di informazioni avvenuta nel frattempo. Non possiamo pertanto assumere alcuna garanzia né responsabilità giuridica per la completezza, attualità e qualità delle informazioni messe a disposizione. È esclusa qualsiasi responsabilità da parte nostra per danni, in particolare per danni diretti ed indiretti nonché materiali ed immateriali, conseguenti all'uso oppure all'uso inappropriato di informazioni oppure informazioni incomplete o errate riportate nel presente opuscolo, ad eccezione di danni conseguenti a dolo o colpa grave da parte nostra.

Conseguentemente non rispondiamo di eventuali danni attribuibili al fatto che il riparatore di motori o il meccanico non dispongano delle nozioni tecniche approfondite e delle esperienze acquisite necessarie per l'esecuzione delle riparazioni.

Non è possibile prevedere in che misura i procedimenti tecnici e le avvertenze di riparazione descritti in questa sede potranno trovare applicazione per le generazioni future di motori; tale valutazione va pertanto fatta per ogni singolo caso dal riparatore di motori incaricato dei lavori o dall'officina.

Indice	Pagina
1 Introduzione	4
2 Diagnosi rapida	5
3.1 Segni di grippaggio dovuti al gioco	10
3.2 Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco	16
3.3 Segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento	24
3.4 Disturbi di combustione	27
3.5 Pistoni e rotture delle fasce elastiche	46
3.6 Rotture dei perni del pistone	52
3.7 Danni ai fermi perno	54
3.8 Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone	58
3.9 Rumori dai pistoni	62
3.10 Cilindri e canne cilindro	64
3.11 Consumo di olio maggiore	76
4 Glossario	86



1 | Introduzione

L'argomento

La presente brochure fornisce una panoramica sulle diverse possibilità di danno ai pistoni, alle superfici di scorrimento del cilindro e alle canne cilindro e aiuta l'esperto nella diagnosi e nell'individuazione delle cause, fornendo al contempo le conoscenze di base ai non addetti ai lavori.

Per la valutazione dei danni al motore è necessaria una visione complessiva per poter identificare le cause, non sempre univoche. Dopo una riparazione del motore, non di rado si verificano nuovi danni e avarie, poiché i componenti danneggiati sono stati sostituiti, ma la causa del problema non è stata eliminata. Nella ricostruzione, all'esperto viene spesso presentato solo un singolo componente difettoso, senza indicazioni sul tempo di funzionamento, né sull'entità del danno. In un caso simile, però, la diagnosi non può essere specifica, ma solo generica.

Ausili

Riconoscere i danni non è sempre semplice. Spesso è difficile riconoscere i danni, soprattutto dalle foto. Per questo motivo le foto dei danni sono state integrate con pittogrammi appositi (fig. 1). Questi ultimi aiutano a riconoscere e identificare meglio i danni rappresentati nelle foto. In questo caso non si tratta di una rappresentazione 1:1 del relativo danno, bensì di rappresentazioni esemplificative integrate parzialmente con informazioni supplementari. I danni che lasciano tracce caratteristiche in vari punti o componenti sono descritti tramite più pittogrammi.

Nell'appendice di questa brochure è riportato un glossario con i termini tecnici più importanti.









Fig. 1




Segni di grippaggio dovuti al gioco	10
Segni di grippaggio dovuti al gioco sul mantello del pistone	11
Segni di grippaggio a 45°	12
Segni di grippaggio dovuti al gioco sull'estremità inferiore del mantello	14
Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco	16
Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco sul mantello del pistone	17
Segni di grippaggio su un lato dovuti al mantello del pistone	18
Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco causato da ingolfamento	20
Segni di grippaggio dovuti alla testa del pistone su pistoni diesel	21
Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco causato da fasce elastiche bruciate	22
Segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento	24
Segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento con centro sulla testa del pistone	25
Segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento con centro sul mantello del pistone	26
Disturbi di combustione	27
Fusioni sulla testa e sul mantello del pistone (motore a benzina)	31
Fusioni sulla testa del pistone (motore diesel)	32
Cricche nel cielo e nella camera (motore diesel)	34
Rotture del colletto del pistone	36
Tracce di urti sulla testa del pistone (motore diesel)	38
Foro nel cielo del pistone (motore a benzina)	40
Segni di grippaggio sulla testa del pistone causati dall'utilizzo di pistoni errati (motore diesel)	42
Erosione sul bordo della superficie e sul cielo del pistone (motore a benzina)	44
Rotture dei pistoni e delle fasce elastiche	46
Rottura del pistone nell'alesaggio del perno del pistone	47
Rottura del pistone causata dall'urto del cielo contro la testata	48
Erosione del materiale nel settore delle fasce elastiche (rottura delle fasce elastiche)	50
Rotture dei perni del pistone	52
Perno del pistone rotto	53
Danni ai fermi perno	54
Danni ai pistoni dovuti a fermi perno rotti	55
Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone	58
Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone (perno del pistone flottante)	59
Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone (biella a contrazione)	60
Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone (con segni di grippaggio dovuti al mantello del pistone)	61
Rumori dai pistoni	62
Punti di urto radiali sul bordo della superficie	63
Cilindri e canne cilindro	64
Cricche longitudinali nelle canne cilindro	65
Collare rotto sulla canna cilindro	66
Cavitazione sulle canne cilindro	68
Usura non uniforme della superficie di scorrimento	70
Punti lucidi nel settore superiore della superficie di scorrimento	72
Cricca nella canna cilindro dovuta all'urto del liquido	74
Consumo di olio maggiore	76
Errore di montaggio dell'anello raschiaolio	77
Usura causata dallo sporco	78
Usura causata da ingolfamento	80
Usura delle fasce elastiche poco dopo la revisione del motore	82
Portanza asimmetrica del pistone	84

Danni al mantello del pistone

	Segni di grippaggio dovuti al gioco sul mantello del pistone	11		Grippaggio a 45°	12
	Segni di grippaggio su un lato dovuti al mantello del pistone	18		Segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento con centro sul mantello del pistone	26
	Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco sul mantello del pistone	17		Segni di grippaggio dovuti al gioco sull'estremità inferiore del mantello	14
	Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco causato da ingolfamento	20		Usura dei pistoni, delle fasce elastiche e dei cilindri causata da ingolfamento	80



Segni di grippaggio dovuti alla testa del pistone

	Segni di grippaggio dovuti alla testa del pistone su pistoni diesel	21		Segni di grippaggio dovuti alla testa del pistone causati dall'utilizzo di pistoni errati (motore diesel)	42
	Segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento con centro sulla testa del pistone	25		Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco causato da fasce elastiche bruciate	22



Danni alle fasce elastiche



Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco causato da fasce elastiche bruciate **22**



Errore di montaggio dell'anello raschiaolio **77**



Usura delle fasce elastiche poco dopo la revisione del motore **82**



Usura dei pistoni, delle fasce elastiche e della superficie di scorrimento cilindro causata dallo sporco **78**



Usura dei pistoni, delle fasce elastiche e dei cilindri causata da ingolfamento **80**



Altri danni nel settore delle fasce elastiche e del mantello



Rotture del colletto del pistone **36**



Erosione del materiale nel settore delle fasce elastiche (rottura delle fasce elastiche) **50**



Danni ai pistoni dovuti a fermi perno rotti **55**



Punti di urto radiali sul bordo della superficie **63**



Portanza asimmetrica del pistone **84**







Danno rilevante per il consumo di olio

Danni alla testa del pistone

	Fusioni della testa e del mantello del pistone (motore a benzina)	31		Fusioni sulla testa del pistone (motore diesel)	32
	Foro nel cielo del pistone (motore a benzina)	40		Erosione sul bordo della superficie e sul cielo del pistone (motore a benzina)	44
	Rottura del pistone causata dall'urto del cielo contro la testata	48		Tracce di urti sulla testa del pistone (motore diesel)	38
	Cricche nel cielo del pistone e nella camera (motore diesel)	34		Rottura del pistone nell'alesaggio del perno del pistone	47

Segni di grippaggio dovuti al perno del pistone e rotture dei perni del pistone

	Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone (con segni di grippaggio dovuti al mantello del pistone)	61		Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone (perno del pistone flottante)	59
	Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone (biella a contrazione)	60		Perno del pistone rotto	53

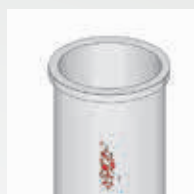
Danni alle canne cilindro e agli alesaggi



Collare della canna rotto sulla
canna cilindro **66**



Cricche longitudinali nelle
canne cilindro **65**



Cavitazione sulle canne
cilindro **68**



Usura non uniforme della
superficie di scorrimento **70**



Collare della canna rotto
sulla canna cilindro
(stadio di ingresso) **66**



Cricca nella canna cilindro
dovuta all'urto del liquido **74**



Segni di grippaggio dovuti al
gioco sull'estremità inferiore
del mantello **14**



Punti lucidi nel settore
superiore della superficie
di scorrimento **72**



**Danno rilevante per il
consumo di olio**

3.1 | Segni di grippaggio dovuti al gioco

3.1.1 Informazioni generali sui segni di grippaggio dovuti al gioco

Il gioco tra il pistone e il cilindro può essere ridotto in modo inammissibile o addirittura decimato in caso di esercizio con dimensioni errate dei partner di scorrimento, di deformazioni del cilindro e di sovraccarichi termici.

Durante l'esercizio il pistone raggiunge temperature e quindi dilatazioni termiche notevolmente maggiori rispetto a quelle del cilindro. I pistoni in alluminio subiscono inoltre una dilatazione termica due volte maggiore rispetto ai cilindri in ghisa grigia utilizzati comunemente. Entrambi i fattori devono essere tenuti in considerazione durante la fase di costruzione.

In caso di minore gioco tra il pistone e il cilindro si ha prima di tutto un attrito misto: il velo di olio sulla parete del cilindro viene allontanato dal pistone in fase di dilatazione. Per questo le superfici portanti sul mantello del pistone vengono lucidate a fondo. A causa dell'attrito misto e del conseguente calore da attrito, la temperatura dei componenti aumenta ulteriormente. Il pistone spinge sempre di più contro la parete del cilindro e la funzione del velo di olio viene completamente meno. Si verifica così un ciclo a secco del pistone. Di conseguenza si formano i primi segni di grippaggio con una superficie liscia e di colore scuro.

I tratti caratteristici dei segni di grippaggio dovuti al gioco sono i seguenti:

- ammaccature molto lucide che diventano zone usurate lisce e di colore scuro;
- punti di grippaggio presenti sia sul lato mandata, sia su quello di contropressione.

3.1.2 Segni di grippaggio dovuti al gioco sul mantello del pistone



Descrizione

- Intorno al mantello del pistone sono presenti diversi punti di grippaggio dello stesso tipo.
- I segni di grippaggio si presentano sul lato mandata e sul lato di contropressione del mantello del pistone, per cui i punti di grippaggio si contrappongono.
- La superficie passa da ammaccature molto lucide a zone usurate di colore scuro e relativamente lisce.
- Lo spazio anulare non è danneggiato.



Fig. 1

Valutazione

Il gioco tra il mantello del pistone e la superficie di scorrimento cilindro è stato stimato come troppo ridotto, oppure è stato limitato da deformazioni che si sono probabilmente verificate solo con il motore in funzione.



Avvertenza:

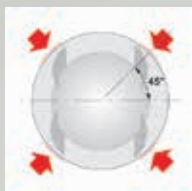
al contrario dei segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco, i segni di grippaggio dovuti al gioco si presentano sempre dopo un breve tempo di funzionamento in seguito a una revisione del motore.

Possibili cause

- Alesaggio troppo piccolo.
- Serraggio eccessivo o non uniforme delle testate (deformazione del cilindro).
- Superfici piane disuguali sul cilindro o sulla testata.
- Filettature non pulite o danneggiate nei fori filettati o sulle viti a testa cilindrica.
- Superfici di contatto grippate o lubrificate in modo non uniforme delle teste delle viti.
- Utilizzo di guarnizioni testate errate o non adatte.
- Deformazioni del cilindro causate da un riscaldamento non uniforme, dovuto a incrostazioni, sporco o altri problemi dell'impianto di raffreddamento.

3.1 | Segni di grippaggio dovuti al gioco

3.1.3 Grippaggio a 45°



Descrizione

- I punti di grippaggio si presentano spostati di ca. 45° rispetto all'asse del perno del pistone e si trovano sia sul lato mandata, sia su quello di contropressione.
- La superficie dei punti di grippaggio passa da ammaccature molto lucide a zone usurate di colore scuro e relativamente lisce. (Fig. 1)
- Perno del pistone con colore di rinvenimento blu. (Fig. 3) Motivo: il supporto del perno del pistone è caldo a causa della mancanza di gioco o olio.



Fig. 1



Fig. 2

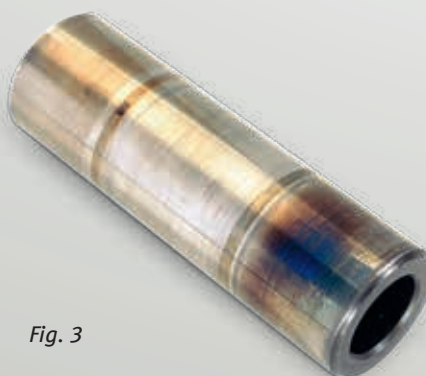


Fig. 3

Valutazione

L'alesaggio del perno del pistone si è riscaldato in modo eccessivo. Il mantello del pistone, dalle pareti relativamente sottili e, quindi, elastico, è in grado di compensare la maggiore dilatazione sul lato mandata e di contropressione. L'alesaggio del perno del pistone dalle pareti più spesse si dilata

maggiormente. Questo provoca il restringimento del gioco e quindi il grippaggio di pistone.

Il grippaggio di pistone è localizzato in corrispondenza del collegamento del perno del pistone sulla camicia del pistone.

Possibili cause

- Sollecitazione meccanica della bronzina ad esempio a causa di disturbi di combustione.
- Funzionamento irregolare/rottura dello spruzzatore d'olio.
- Pressione dell'olio troppo bassa o insufficiente.
- Lubrificazione insufficiente alla prima messa in funzione del motore. All'assemblaggio il perno del pistone non è stato lubrificato o non è stato lubrificato a sufficienza.
- Avaria della boccola del piede di biella (grippaggio del perno del pistone) dovuto a gioco o lubrificazione insufficiente.

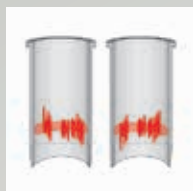
• Errore di montaggio in caso di contrazione del perno del pistone (biella a contrazione).

In caso di contrazione del perno del pistone è necessario fare attenzione al fatto che la libertà di movimento del supporto del perno non venga controllata con movimenti basculanti del pistone subito dopo l'inserimento del perno del pistone. Subito dopo l'inserimento del perno del pistone freddo nella biella calda si ha una compensazione termica dei due componenti. Durante l'esercizio del motore il perno del pistone si scalda e si dilata maggiormente. Se il supporto viene

mosso in questo stato, si può formare un primo segno di grippaggio. Durante l'esercizio questo causa una mobilità difficoltosa e l'avaria del supporto. Per questo motivo i componenti montati vanno raffreddati e la scorrevolezza del supporto va controllata solo successivamente.

3.1 | Segni di grippaggio dovuti al gioco

3.1.4 Segni di grippaggio dovuti al gioco sull'estremità inferiore del mantello del pistone



Descrizione

- Segni di grippaggio con punti di pressione e contropressione sull'estremità inferiore del mantello.
- Le tracce vanno da ammaccature molto lucide a zone usurate lisce e di colore scuro (fig.1).
- Tutte le altre parti del pistone non hanno caratteristiche particolari.
- Punti di grippaggio nella canna cilindro in corrispondenza degli o-ring inferiori (fig. 2).



Fig. 1



Fig. 2

Valutazione

Il grippaggio di pistone sul bordo inferiore del mantello è stato causato da deformazione/restringimento del gioco in corrispondenza della canna cilindro.

Possibili cause

- Anelli di tenuta errati: anelli di tenuta troppo spessi possono deformare la canna cilindro e ridurre il gioco del pistone.
- Utilizzo di sigillante liquido supplementare nella scanalatura dell'anello di tenuta. Per svolgere la loro funzione gli anelli di tenuta devono essere liberi di deformarsi. Lo spazio libero nella scanalatura non deve quindi essere riempito con sigillante supplementare.
- Prima del montaggio, dalle scanalature degli anelli di tenuta non sono stati rimossi residui dei vecchi anelli di tenuta o sporco.
- Se gli anelli di tenuta si torcono all'inserimento della canna cilindro o scivolano dalla scanalatura dell'anello di tenuta, la canna cilindro si restringe. Su di essi va quindi sempre applicato del lubrificante prima del montaggio della canna del cilindro.

3.2 | Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco

3.2.1 Informazioni generali sui segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco

I segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco si possono presentare anche in caso di gioco sufficiente tra il cilindro e il pistone. In questo caso il velo di olio si interrompe, spesso solo in settori limitati, a causa della temperatura elevata o di un ingolfamento. In questi punti le superfici non lubrificate del pistone, delle fasce elastiche e della

superficie di scorrimento cilindro sfregano una sull'altra. Nel giro di poco tempo questo porta a segni di grippaggio con una superficie molto usurata.

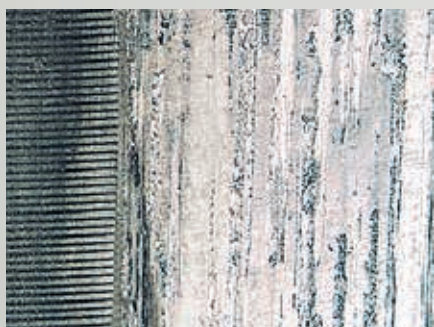
Fenomeni simili si presentano se non c'è olio a sufficienza, cioè se non c'è più la pellicola lubrificante tra il pistone e il cilindro.

I tratti caratteristici dei segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco sono i seguenti:



Con un velo di olio completamente distrutto:

si formano continui segni di grippaggio fortemente limitati soprattutto sul mantello del pistone. Tali segni presentano una superficie fortemente usurata e di colore scuro.



In caso di mancanza di olio:

essi sono identici ai segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco descritti sopra fino alla coloratura della superficie. La superficie dei punti di grippaggio è pressoché grezza e non di colore scuro. Poiché la mancanza di olio si presenta su tutta la superficie del cilindro, anche nello stadio iniziale si rilevano spesso punti di grippaggio sia sul lato mandata, sia su quello di contropressione.

3.2.2 Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco sul mantello del pistone



Descrizione

- Sul lato di mandata, sul mantello del pistone, sono presenti punti di grippaggio che talvolta si estendono fino allo spazio della fascia elastica.
- Sul lato opposto del mantello si presentano leggeri punti di controgrippaggio.
- La superficie dei punti di grippaggio è chiara ed è pressoché grezza.



Fig. 1

Valutazione

Tra il pistone e l'alesaggio del cilindro c'era una forte mancanza di lubrificazione. La superficie pressoché grezza dei punti di grippaggio mostra che, al momento dei segni di grippaggio, il velo di olio era sì ancora presente, ma era notevolmente ridotto. A causa del danno limitato, in

questo caso si può trattare di una mancanza di olio temporanea o di un danno allo stadio iniziale. Se si continua a far funzionare il motore i danni sarebbero sicuramente ancora più gravi.



Avvertenza:

Con questo tipo di grippaggio dovuto al ciclo a secco, il punto danneggiato sul pistone si trova sempre nella zona del mantello del pistone, quindi dove si delineerebbe la normale portanza con un pistone non danneggiato in funzione.

Possibili cause

Lubrificazione insufficiente dovuta a:

- Quantità troppo bassa di olio motore.
- Pressione dell'olio troppo bassa nel motore (pompa dell'olio, valvola di sovrappressione, ecc.): Nei punti di appoggio dell'albero motore fuoriesce troppo poco olio. Per questo motivo la superficie di scorrimento cilindro, lubrificata soprattutto tramite iniezione e centrifugazione dell'olio dall'albero motore, non è lubrificata a sufficienza con olio lubrificante.
- Avaria dello spruzzatore d'olio per il raffreddamento pistone.

3.2 | Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco

3.2.3 Segni di grippaggio su un lato dovuti al mantello del pistone, senza punti di contropressione



Descrizione

- Sul lato mandata del pistone sono presenti forti segni di grippaggio di colore scuro con una superficie fortemente usurata.
- Il lato opposto del mantello del pistone non presenta alcun danno.
- Nello stadio iniziale questo fenomeno normalmente non si presenta nello spazio della fascia elastica.



Fig. 1



Fig. 2

Valutazione

In questo caso si tratta di tipici segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco. Il danno si presenta solitamente sul lato mandata, di rado sul lato di contropressione. Questo danno si presenta se la pellicola lubrificante si interrompe solo su una metà del

cilindro. La causa è una mancanza di lubrificazione limitata dal punto di vista spaziale o un surriscaldamento del lato interessato del cilindro. La mancanza di gioco è da escludersi quale causa del problema, poiché non sono presenti punti di contro-

pressione nonostante i forti segni di grippaggio sul lato opposto.

Possibili cause

- Interruzione parziale del raffreddamento dovuto alla mancanza di refrigerante, alle bolle d'aria, ai depositi di sporco o ad altri problemi del circuito di raffreddamento.
- Nei cilindri con alette, a causa dei depositi di sporco all'esterno del cilindro si può verificare un surriscaldamento locale del cilindro e, quindi, un'interruzione della pellicola lubrificante.
- Nei motori raffreddati ad aria: deflettori dell'aria difettosi, mancanti o montati in modo errato.
- Avaria dello spruzzatore d'olio per il raffreddamento pistone.
- Pressione dell'olio troppo bassa: lubrificazione insufficiente del lato mandata del cilindro in caso di bielle con spruzzatori d'olio.
- La diluizione olio o qualità di olio non adatte allo scopo possono portare dapprima a una lubrificazione insufficiente sul lato mandata del cilindro fortemente sollecitato.

3.2 | Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco

3.2.4 Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco causato da ingolfamento



Descrizione

- Il mantello del pistone presenta punti di frizione sottili e nettamente delimitati in orizzontale al posto di una normale portanza.



Fig. 1

Valutazione

Il carburante non combusto che si condensa sulla superficie di scorrimento cilindro ha diluito o eroso il velo di olio portante. Per questo si ha un ciclo a secco tra i partner di scorrimento pistone e alesaggio cilindro.

Di conseguenza si formano punti di frizione stretti e oblungi. Lo spazio della fascia elastica non è danneggiato.



Avvertenza:

il punto danneggiato si trova sempre nel settore in cui il mantello del pistone svolge la funzione di sostegno nel cilindro. Con un pistone non danneggiato in funzione la normale portanza si delinea qui.

Possibili cause

- Motore lubrificato eccessivamente e disturbi di combustione a causa di difetti nella preparazione della miscela o nell'impianto di accensione.
- Compressione insufficiente e, quindi, combustione non completa.
- Dispositivo di avviamento a freddo difettoso o azionato troppo a lungo (motori a carburazione).
- Diluizione olio causata da frequente esercizio su brevi tratti o da una lubrificazione eccessiva.

3.2.5 Segni di grippaggio dovuti alla testa del pistone su pistoni diesel



Descrizione

- La testa del pistone si è coperta localmente di segni di grippaggio con centro sul bordo della superficie.
- La superficie dei punti di grippaggio è ruvida e usurata, talvolta si strappano pezzi di materiale di dimensioni maggiori.



Fig. 1

Valutazione

A causa di un difetto sull'iniettore, il carburante non polverizzato è stato spruzzato fino alla parete del cilindro, riducendo in questo punto il velo di olio fino al ciclo a secco totale. Il bordo della superficie

presentava segni di grippaggio così evidenti che si è verificata una saldatura temporanea con la parete del cilindro. Questo ha portato allo strappo di pezzi dalla testa del pistone.

Possibili cause

- Iniettori non a tenuta, gocciolanti, sporchi o errati.
- Ago dell'iniettore bloccato a causa del corpo iniettore contratto (coppia di serraggio errata).
- Momento dell'iniezione errato (inizio mandata).

3.2 | Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco

3.2.6 Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco causato da fasce elastiche bruciate



Descrizione

- Sulle superfici di scorrimento delle fasce elastiche sono presenti scanalature dovute al grippaggio e macchie di bruciatura. (Fig. 1 e 2)
- Gli alesaggi (non rappresentati) presentano scanalature longitudinali.
- Nello stadio iniziale: si vedono i primi segni di grippaggio sul bordo della superficie (fig. 3 – in alto a destra).
- Nello stadio avanzato: le zone usurate si sono estese su tutto il pistone (fig. 4).



Fig. 1

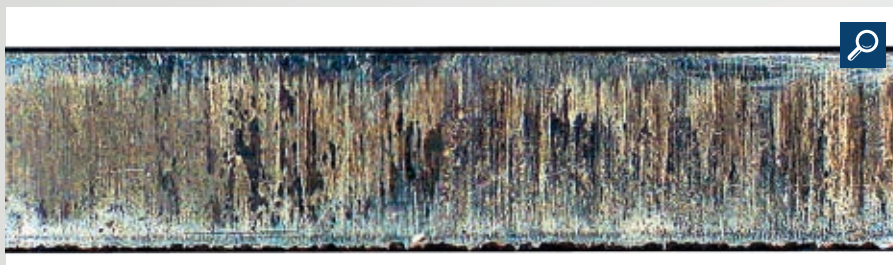


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

Valutazione

Questi danni si presentano preferibilmente nella fase di rodaggio con una forte sollecitazione se le fasce elastiche non hanno raggiunto ancora il loro pieno effetto ermetizzante (soprattutto sui pistoni diesel). I gas di combustione che fluiscono sulle fasce elastiche riscaldano eccessivamente le fasce stesse e la parete del cilindro, causando un'interruzione della lubrificazione.

Ma anche disturbi di combustione e temperature elevate o un raffreddamento insufficiente del pistone e della parete del cilindro possono compromettere o distruggere la pellicola lubrificante. Questo significa innanzitutto un ciclo a secco per le fasce elastiche. Per questo si formano le cosiddette «macchie di bruciatura». Sulle parti non lubrificate del cilindro deve scorrere

anche il cilindro, cosa che innanzitutto causa i primi segni di grippaggio sul bordo della superficie e, nello stadio successivo del danno, punti di grippaggio su tutto il mantello del pistone (fig. 4).

Possibili cause

- Eccessiva sollecitazione del motore durante la fase di rodaggio.
- La struttura della superficie levigata del cilindro non era ottimale per una buona aderenza dell'olio motore (torsione dei fili in grafite, formazione dell'involucro di lamiera, ruvidità troppo bassa e/o angolo di levigatura errato).
- Olio lubrificante non adatto (qualità di olio e viscosità errate).
- La temperatura sulle superfici di scorrimento cilindro era troppo elevata (malfunzionamenti nell'impianto di raffreddamento o depositi nei canali di raffreddamento vicini ai cilindri).
- Disturbi di combustione e, di conseguenza, temperature elevate durante la combustione (miscela povera, accensioni per incandescenza, iniettori gocciolanti o non a tenuta).
- Alimentazione di olio insufficiente delle superfici di scorrimento cilindro a causa di una lubrificazione tramite iniezione e centrifugazione dell'olio insufficiente dei cuscinetti della biella e dell'albero motore.

3.3 | Segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento

3.3.1 Informazioni generali sui segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento

In caso di segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento il velo di olio si interrompe a causa delle temperature troppo elevate. Prima di tutto si hanno un attrito misto e punti di frizione singoli. In seguito, a causa dell'ulteriore riscaldamento nei punti di frizione si passa al ciclo a secco completo del pistone nel cilindro. I punti di attrito sono di colore scuro e fortemente lacerati. A seconda della causa del danno, i segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento iniziano sul mantello o sulla testa del pistone.



Fig. 1

3.3.2 Segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento con centro sulla testa del pistone



Descrizione

- A partire dalla testa del pistone si sono formati forti segni di grippaggio che vanno sempre più verso l'estremità del mantello.
- I segni di grippaggio si distribuiscono lungo tutta la circonferenza del pistone.
- La superficie dei punti di grippaggio è di colore scuro, ha profonde scanalature ed è parzialmente lacerata.
- I segni di grippaggio sulle superfici di scorrimento delle fasce elastiche si fanno meno evidenti andando verso l'anello raschiaolio.

Fig. 1



Valutazione

A causa del sovraccarico termico molto elevato, la testa del pistone si è riscaldata a tal punto che ha superato il gioco e danneggiato irreparabilmente il velo di olio. Questo ha causato una combinazione di segni di grippaggio dovuti al gioco e al ciclo

a secco intorno a tutta la testa del pistone. La mancanza generale di gioco a causa di un gioco di montaggio pistone troppo limitato è da escludersi quale causa del problema, poiché, in questo caso, il punto di partenza del danno è da ricercarsi nel

settore del mantello (ved. capitolo «Segni di grippaggio dovuti al gioco sul mantello del pistone»).

Possibili cause

- Sollecitazione prolungata ed elevata del motore non ancora completamente rodato.
- Surriscaldamento a causa di un decorso della combustione anomalo.
- Guasti nel sistema di raffreddamento motore.
- Guasti nell'alimentazione di olio (pistone con raffreddamento olio o con canale di raffreddamento).
- Spruzzatori d'olio piegati o difettosi che non raffreddano il pistone dal basso o non raffreddano a sufficienza con l'olio.
- Utilizzo di anelli di tenuta errati sul collare della canna (canna cilindro bagnata); (ved. capitolo «Cavitazione sulle canne cilindro»).

3.3 | Segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento

3.3.3 Segni di grippaggio dovuti al surriscaldamento con centro sul mantello del pistone



Descrizione

- Segni di grippaggio su entrambi i lati dovuti al mantello del pistone.
- La superficie dei punti di grippaggio è di colore scuro, ruvida e fortemente usurata.
- La zona della fascia elastica è appena danneggiata o non lo è affatto.



Fig. 1

Valutazione

A causa del forte surriscaldamento del motore, la lubrificazione nella superficie di scorrimento cilindro si è interrotta. Questo ha causato i segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco con un mantello del pistone

fortemente usurato. A causa dell'assenza di segni di grippaggio sulla testa del pistone e poiché il centro del danno si trova nel settore del mantello, si può escludere un sovraccarico del motore dovuto a disturbi di combustione.

Possibili cause

- Surriscaldamento del motore causato da problemi nell'impianto di raffreddamento:
 - mancanza di refrigerante
 - sporco
 - pompa acqua difettosa
 - termostato guasto
 - cinghia trapezoidale usurata o che slitta
 - impianti di raffreddamento non sfatati a sufficienza.
- Nei motori raffreddati ad aria: surriscaldamento dovuto ai depositi di sporco sui lati esterni del cilindro, ad alette di raffreddamento rotte o alla ventilazione aria di raffreddamento guasta o compromessa.

3.4.1 Informazioni generali sui danni ai pistoni causati da disturbi di combustione

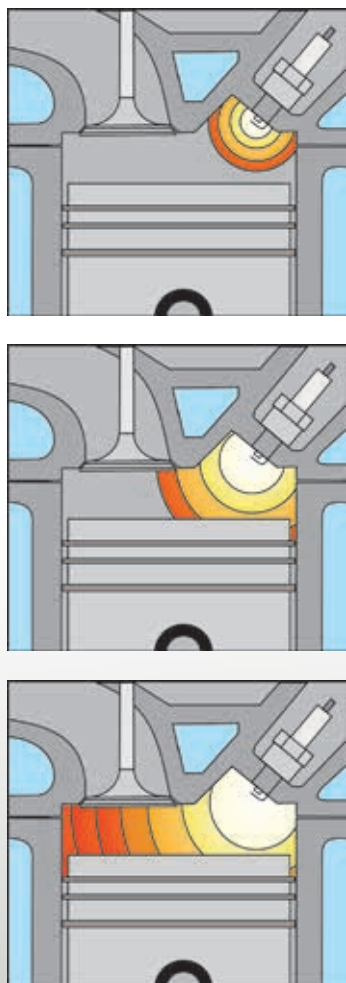
Disturbi di combustione nei motori a benzina

La combustione della miscela di aria e carburante nel cilindro ha luogo secondo un ciclo determinato preliminarmente in modo preciso. Essa viene avviata dalle scintille della candela di accensione poco prima del punto morto superiore. La fiamma si diffonde in circolo partendo dalla candela di accensione e attraversa la camera di combustione con una velocità di combustione sempre maggiore di

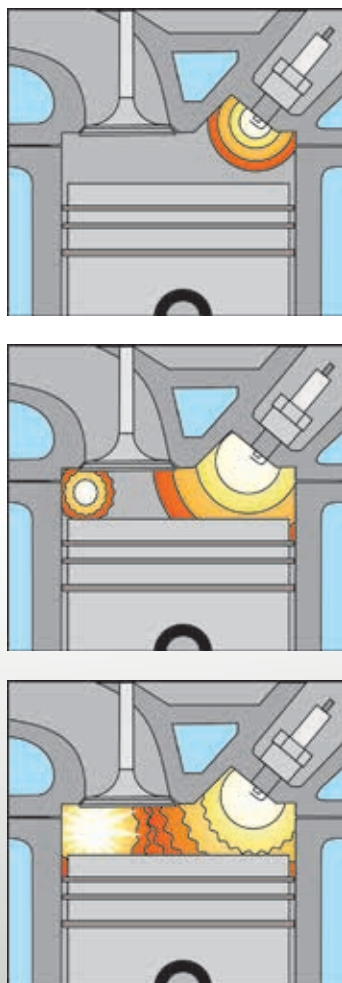
5–30 m/s. La pressione nella camera di combustione aumenta così notevolmente e raggiunge il valore massimo poco dopo il punto morto superiore. Questo decorso della combustione normale può però essere disturbato da vari fattori. Per questo si possono descrivere essenzialmente tre casi di disturbi di combustione:

- 1. Accensione per incandescenza (preaccensione):**
causa il sovraccarico termico del pistone.
- 2. Combustione con battito:**
causa asportazioni di materiali simili all'erosione e il sovraccarico meccanico sui pistoni e sugli organi del manovellismo.
- 3. Ingolfamento:**
causa l'usura con consumo di olio e anche segni di grippaggio di pistone.

Combustione normale



Combustione con battito



Accensione per incandescenza

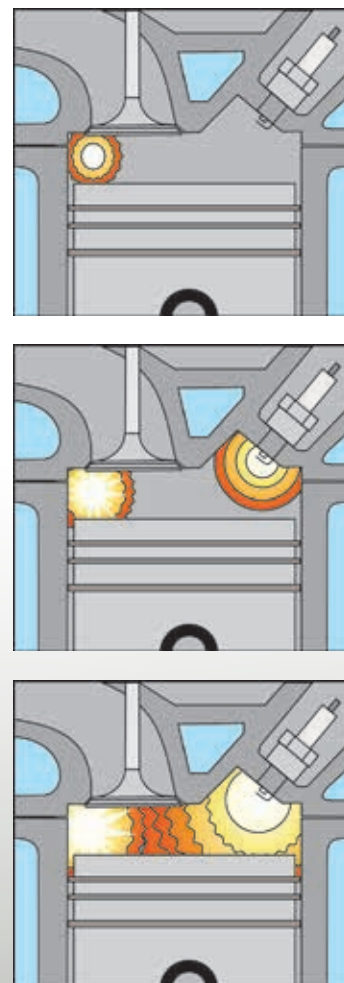


Fig. 1

3.4 | Disturbi di combustione

1. Accensione per incandescenza (preaccensione):

con un'accensione per incandescenza la combustione viene avviata da un componente incandescente nella camera di combustione, già prima del vero punto di accensione. Sono interessati la valvola di scarico calda, la candela di accensione, i componenti legati all'ermetizzazione e i depositi su questi componenti e sulle superfici che circondano la camera di combustione. La fiamma agisce in maniera incontrollata sui componenti e questo fa aumentare notevolmente la temperatura del cielo del pistone. Se l'accensione per incandescenza non viene interrotta in pochi secondi la temperatura raggiunge il punto di fusione del materiale del pistone.

Nei motori con camera di combustione di forma emisferica si formano così alesaggi nel cielo del pistone. Tali alesaggi si presentano solitamente nella prolunga dell'asse della candela di accensione. Nelle camere di combustione con superfici di compressione più grandi tra il cielo del pistone e la testata, il bordo della superficie si fonde di solito in corrispondenza delle superfici di compressione (ved. glossario) nel punto maggiormente sollecitato. Questo processo prosegue spesso fino all'anello raschiaolio e all'interno del pistone.

Una combustione con battito, che determina una temperatura superficiale elevata dei singoli componenti della camera di combustione, può anch'essa causare accensioni per incandescenza.

2. Combustione con battito:

Con la combustione con battito l'accensione viene avviata normalmente tramite le scintille della candela di accensione. Il fronte di fiamma che si diffonde dalla candela di accensione genera onde di compressione che provocano reazioni critiche nel gas non combusto. Per questo, nella miscela di gas restante si verifica un'accensione spontanea in diversi punti. La velocità di combustione aumenta così fino a un valore 10–15 volte maggiore. L'aumento della pressione per grado dell'angolo albero motore e i picchi di pressione sono notevolmente maggiori. Inoltre, nella fase di espansione si verificano oscillazioni di pressione molto frequenti. In più, le superfici che circondano la camera di combustione si riscaldano molto. Camere di combustione senza residui di combustione sono un indizio certo di una combustione con battito.

Un battito leggero con interruzioni viene sopportato senza danni per un periodo prolungato di tempo dalla maggior parte dei motori.

Un battito più forte e più prolungato causa asportazioni simili all'erosione del materiale del pistone sul bordo della superficie e sul cielo del pistone. Anche la testata e la guarnizione testata possono danneggiarsi in maniera simile. I componenti nella camera di combustione (per es. la candela di accensione) possono riscaldarsi a tal punto che si hanno accensioni per incandescenza (preaccensioni) con una sovrastimolazione termica del pistone (fusioni).

Nel giro di poco tempo un battito forte e continuo causa la rottura del colletto del pistone e del mantello, che di solito si verifica senza fusioni, né segni di grippaggio.

La fig. 1 mostra l'andamento della pressione nella camera di combustione.

La curva caratteristica blu mostra un andamento della pressione con una combustione normale, la curva caratteristica rossa mostra invece un andamento della pressione con una combustione con battito. In questo caso si verificano picchi di pressione.

3. Ingolfamento:

Una miscela troppo ricca, una pressione di compressione in diminuzione e problemi di accensione causano una combustione incompleta con ingolfamento. La lubrificazione dei pistoni, delle fasce elastiche e delle superfici di scorrimento cilindro diventa sempre meno efficace. Di conseguenza si hanno un attrito misto con usura e consumo di olio e segni di grippaggio (ved. capitolo «Consumo di olio e segni di grippaggio di pistone»).

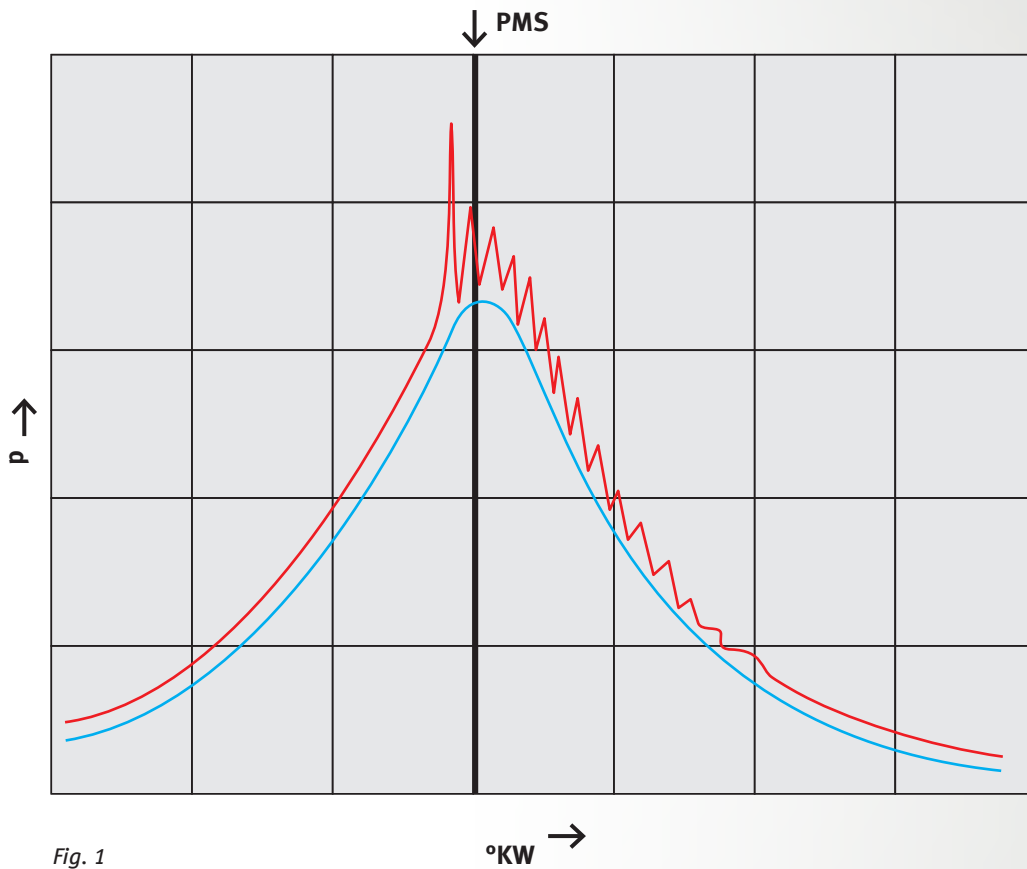


Fig. 1

3.4 | Disturbi di combustione

Disturbi di combustione nei motori diesel

Per un decorso della combustione ottimale, oltre a uno stato perfetto dal punto di vista meccanico del motore rivestono un ruolo importante anche un iniettore con polverizzazione estremamente precisa e iniezione esatta e un inizio dell'iniezione corretto. Solo in questo modo il carburante iniettato può accendersi con il minor ritardo di accensione e bruciare senza residui con un andamento normale della pressione. Essenzialmente ci sono tre tipi di gravi disturbi di combustione:

1. Ritardo di accensione

2. Combustione incompleta

3. Iniettori gocciolanti

1. Ritardo di accensione:

Il carburante si accende solo con un certo ritardo (ritardo di accensione) se:

- non viene polverizzato abbastanza finemente,
- non raggiunge il cilindro nel momento corretto,
- oppure la temperatura di combustione all'inizio dell'iniezione non è sufficientemente alta.

Il grado di polverizzazione dipende solo dallo stato dell'iniettore. Durante il montaggio nella testata o a causa di tensioni termiche, un iniettore che svolge la sua funzione correttamente al controllo con tester apposito può però bloccarsi a tal punto da non effettuare più correttamente la polverizzazione durante l'esercizio. La temperatura di combustione dipende dalla pressione di combustione e, quindi, dallo stato meccanico del motore. Il motore freddo presenta sempre un certo ritardo di accensione. Durante la compressione le pareti fredde del cilindro sottraggono all'aria di aspirazione fredde talmente tanto calore che la temperatura di combustione

presente all'inizio dell'iniezione non è sufficiente per accendere subito il carburante iniettato. Solo nelle fasi successive della compressione viene raggiunta la temperatura di accensione e il carburante iniettato fino a quel momento si accende repentinamente. Questo causa un aumento esplosivo della pressione (con formazione di rumori) e un forte riscaldamento del cielo del pistone. Di conseguenza si hanno rotture nel gruppo motore (per es. dei colletti, del pistone) e cricche di tensione dovute al calore nel cielo del pistone.

2. Combustione incompleta:

Se il carburante raggiunge la camera di combustione nel momento sbagliato o senza essere polverizzato, esso può bruciare completamente nel breve tempo a disposizione. Lo stesso accade se una quantità insufficiente di ossigeno (cioè aria di aspirazione) raggiunge il cilindro. Le cause possono essere un filtro aria ostruito, valvole di aspirazione che non si aprono correttamente, difetti del turbocompressore o l'usura delle fasce elastiche e delle valvole. Il carburante non combusto si deposita in parte sulle superfici del cilindro e compromette o danneggia in maniera irreparabile la pellicola lubrificante. Le superfici di scorrimento cilindro, i fianchi delle fasce elastiche e, infine, le superfici del mantello del pistone si usurano fortemente o si coprono di segni di grippaggio nel giro di breve tempo. Di conseguenza si hanno il consumo di olio e la perdita di potenza (immagini di danni a titolo d'esempio sono riportati nei capitoli «Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco» e «Consumo di olio maggiore»).

3. Iniettori gocciolanti:

Le oscillazioni di pressione possono far aprire nuovamente gli iniettori al termine dell'iniezione. Le oscillazioni di pressione della valvola di pressione possono attivare la pompa di iniezione, le tubazioni o gli iniettori. Per evitare tale iniezione accidentale, una certa quota della pressione del sistema viene scaricata tramite la valvola di pressione della pompa di iniezione dopo la fine dell'iniezione. Se la pressione di iniezione degli iniettori è regolata su un valore troppo basso o se non può essere mantenuta in modo affidabile dall'iniettore (iniettori meccanici), gli iniettori possono riaprirsi più volte a anche dopo la fine dell'iniezione (nonostante lo scarico della pressione). Iniettori non a tenuta o gocciolanti causano anch'essi un apporto incontrollato di carburante nella camera di combustione. In entrambi i casi il carburante iniettato in modo incontrollato raggiunge il cielo del pistone non combusto a causa della mancanza di ossigeno. Qui il carburante ad alta temperatura si spegne lentamente e il materiale del pistone si riscalda localmente a tal punto che la forza di massa e l'erosione dei gas di combustione possono strappare piccoli pezzi di pistone dalla superficie. Di conseguenza si hanno notevoli asportazioni di materiali o cavitazioni erosive sul cielo del pistone.

3.4.2 Fusioni della testa e del mantello del pistone (motore a benzina)



Descrizione

- Sulla testa il materiale del pistone si è fuso dietro alle fasce elastiche.
- Il mantello del pistone non presenta segni di grippaggio, il materiale fuso si è usurato nel punto danneggiato del mantello.



Fig. 1

Valutazione

Le fusioni della testa del pistone nei motori a benzina sono la conseguenza delle accensioni per incandescenza sui pistoni con cielo prevalentemente piatto e superfici di compressione di dimensioni maggiori. Le accensioni per incandescenza sono avviate dai componenti incandescenti nella camera di combustione quando questi superano la

temperatura di accensione spontanea della miscela di gas. Questi componenti sono essenzialmente la candela di accensione, la valvola di scarico e i residui che aderiscono alle pareti della camera di combustione. Nel settore della superficie di compressione la testa del pistone si riscalda molto a causa dell'accensione per incandescenza.

Le temperature raggiungono valori che rendono pastosa la consistenza del materiale del pistone. A causa della forza di massa e dei gas di combustione che penetrano nel punto danneggiato, il materiale viene asportato fino all'anello raschiaolio.

Possibili cause

- Candele di accensione con grado termico troppo basso.
- Miscela troppo povera e, quindi, temperature di combustione elevate.
- Valvole danneggiate o gioco delle valvole troppo basso: le valvole non si chiudono correttamente. A causa dei gas di combustione caldi che fluiscono, le valvole cominciano a riscaldarsi. Per prima cosa sono interessate le valvole di scarico, poiché le valvole di aspirazione vengono raffreddate dai gas inerti.
- Residui di combustione incandescenti sui cieli del pistone, sulla testata, sulle valvole e sulle candele di accensione.
- Carburante non adatto con un numero di ottano troppo basso. La qualità del carburante deve corrispondere al rapporto di compressione del motore. In altre parole, il valore degli ottani del carburante deve coprire il fabbisogno di ottani del motore in tutti gli stati di funzionamento.
- Gasolio nella benzina: riduzione del numero di ottano del carburante.
- Elevata temperatura del motore o dell'aria di aspirazione a causa di una ventilazione insufficiente del vano motore.
- Surriscaldamento generale del motore.

3.4 | Disturbi di combustione

3.4.3 Fusioni sulla testa del pistone (motore diesel)



Descrizione

Fig. 1:

- Testa del pistone danneggiata irreparabilmente
- Il bordo della superficie è fuso fino alla trave anulare.
- Il materiale fuso del pistone è stato eroso sul mantello del pistone e qui ha causato danni e punti di grippaggio.
- Trave anulare parzialmente erosa.
- Danni (tracce di urti) in tutte le camere di combustione causati dal materiale del pistone e dal distacco di altre parti della trave anulare.



Fig. 1

Fig. 2:

- Nella direzione di iniezione di uno o più getti dell'iniettore si sono presentate fusioni simili all'erosione sul cielo del pistone o sul margine del bordo della superficie.
- Il mantello del pistone e la zona delle fasce elastiche non presentano segni di grippaggio.



Fig. 2

Valutazione

Danni di questo tipo si presentano in particolare nei motori diesel a iniezione diretta. I motori con precamera sono interessati solo se una precamera è danneggiata e per questo il carburante viene iniettato direttamente nella camera di combustione.

Se nei motori diesel a iniezione diretta l'iniettore del cilindro interessato non

mantiene la pressione di iniezione, le oscillazioni nella tubazione di iniezione possono sollevare di nuovo l'ago dell'iniettore. Il carburante viene di nuovo iniettato nella camera di combustione. Se l'ossigeno si esaurisce, le singole goccioline di carburante attraversano l'intera camera di combustione e raggiungono all'esterno il cielo del pistone. Con un consistente sviluppo di calore esse

si spengono e la consistenza del materiale diventa pastosa.

La forza di massa e l'erosione dei gas di combustione che si muovono velocemente causano la separazione di singole particelle dalla superficie (fig.2) o logorano completamente la testa del pistone (fig.1).

Possibili cause

- Iniettori non a tenuta o aghi degli iniettori duri o bloccati.
- Molle iniettori rotte o rigide.
- Valvole di scarico della pressione difettose nella pompa di iniezione.
- La quantità di iniezione e il momento dell'iniezione non sono regolati secondo le indicazioni del produttore del motore.
- Nei motori con precamera: difetto della precamera, ma solo in combinazione con una delle cause riportate sopra.
- Ritardo di accensione causato da una compressione insufficiente legata a una misura dell'interstizio troppo grande, a fasi di distribuzione errate o a valvole non a tenuta.
- Ritardo di accensione troppo grande causato da gasolio non infiammabile (numero di cetano troppo basso).
- Cattivo riempimento a causa del turbocompressore difettoso.

3.4 | Disturbi di combustione

3.4.4 Cricche nel cielo del pistone e nella camera (motore diesel)



Descrizione

- Cricche di tensione sul margine della camera.
- Fenditura principale fino all'alesaggio del perno del pistone.
- I gas di combustione caldi che attraversano la fenditura principale hanno bruciato nel materiale del pistone un canale che va dalla camera fino a sotto l'anello raschiaolio.



Fig. 1



Fig. 2

Valutazione

Il materiale del pistone si riscalda molto, nei motori con precamera, nei punti di impatto dei getti precamera (fig. 3 e fig. 4) e sul margine della camera nei motori a iniezione diretta (fig. 1). Nei punti riscaldati il materiale si dilata di più rispetto agli altri punti. Poiché i punti surriscaldati sono circondati da materiale più freddo, il materiale si deforma in modo permanente oltre il limite di elasticità. Al raffreddamento accade esattamente il contrario: nei punti in cui il materiale è stato precedentemente ribadito ed espulso è ora d'un tratto presente troppo poco materiale.

In questo settore si formano così tensioni di trazione corrispondenti che causano infine cricche di tensione. Se le tensioni provocate dal sovraccarico termico si sovrappongono con quelle di una flessione del perno, dalle cricche di tensione si forma talvolta una fenditura principale molto



Fig. 3

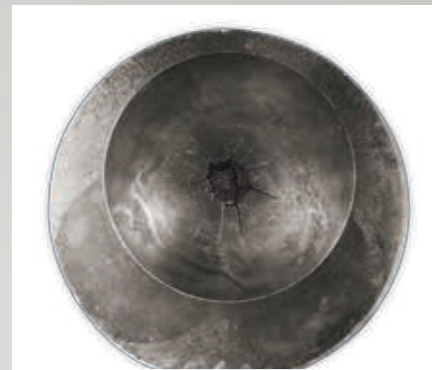


Fig. 4

ampia che causa la rottura completa e il guasto del pistone.

Possibili cause

- Errore nella preparazione della miscela dovuto a iniettori difettosi, guasti nella pompa di iniezione o danni nella precamera.
- Temperature elevate causate da guasti nell'impianto di raffreddamento.
- Difetto del freno motore o utilizzo eccessivo dello stesso. Conseguenza: surriscaldamento.
- Raffreddamento pistone insufficiente con pistoni con canale di raffreddamento, per es. a causa di iniettori di olio refrigerante ostruiti o piegati.
- Oscillazioni di temperatura nei motori con sollecitazione spesso variabile, per es. in autobus urbani, macchine per movimento terra.
- Utilizzo di pistoni con specifiche errate, per es. senza canale di raffreddamento anche se è necessario utilizzare un pistone con canale di raffreddamento.
- Montaggio di pistoni di costruttori esterni non dotati di rinforzo in fibra sul margine della camera.
- Montaggio di pistoni con struttura camera errata per il motore (ved. capitolo «Segni di grippaggio dovuti alla testa del pistone causati dall'utilizzo di pistoni errati»).

3.4 | Disturbi di combustione

3.4.5 Rotture del colletto del pistone



Descrizione

- Su un lato del pistone è presente una rottura del colletto tra il primo e il secondo anello di tenuta (fig. 1).
- La rottura inizia al margine superiore del fondo della scanalatura e percorre diagonalmente il materiale del pistone. Quindi fuoriesce sul margine inferiore del fondo della scanalatura (fig. 2).
- La rottura si allarga verso il basso.
- Non sono presenti segni di grippaggio dovuti al pistone, né segni di surriscaldamento.

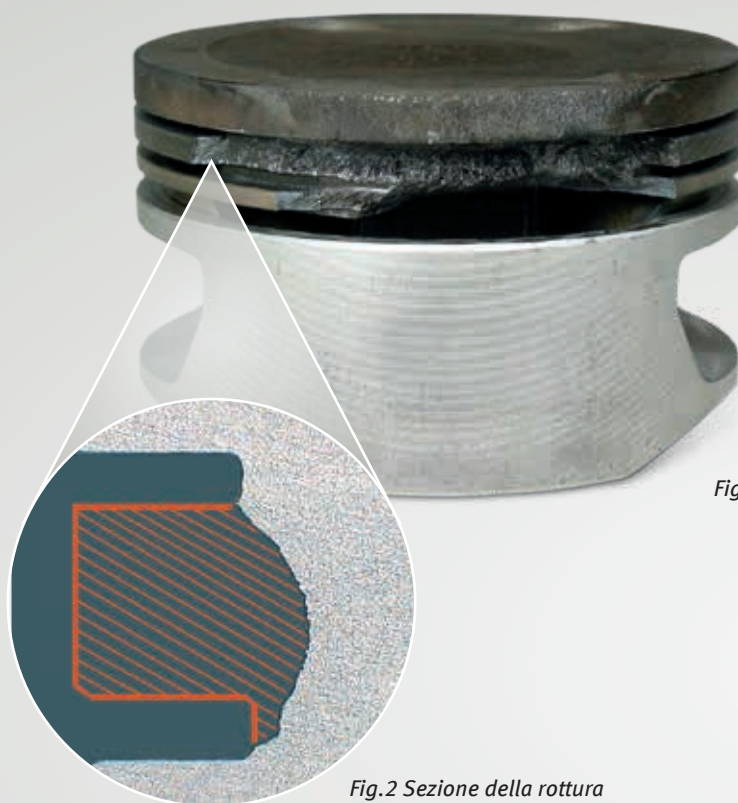


Fig. 1

Fig.2 Sezione della rottura

Valutazione

Tali rotture sono sempre una conseguenza del sovraccarico del materiale e non di difetti del materiale. Possono essere suddivise secondo 3 cause:

1. Combustione con battito:

Significa che il numero di ottano del carburante non era in grado di coprire il fabbisogno del motore in tutti gli stati di esercizio e di carico (ved. il capitolo «Informazioni generali sui danni ai pistoni causati da disturbi di combustione nei motori a benzina»).

Le rotture del colletto del pistone causate dalla combustione con battito si presentano solitamente sul lato mandata. Nei motori diesel la combustione con battito è causata da un ritardo di accensione.

2. Urti del liquido:

Con il motore fermo o in funzione il liquido (acqua, refrigerante, olio o carburante) raggiunge la camera di combustione in modo involontario. I liquidi non possono essere compressi. Per questo, nel ciclo di compressione si ha un'enorme sollecitazione a carico del pistone e degli organi del manovellismo. Conseguenza: rotture del colpetto, del perno del pistone

3. Errore di installazione:

Durante il montaggio del pistone non è stata esercitata una forza sufficiente poiché le fasce elastiche non sono state tese correttamente. A seguito del piantaggio o della battitura violenta del pistone sui colletti si sono formate crepe sottili.

o danni alla biella e all'albero motore.

Nella fig. 3 è rappresentato un andamento della rottura, come si presenta in caso di combustione con battito e urti del liquido: Le superfici delle fratture si sono estese verso il basso, poiché la forza che ha causato la rottura agisce dall'alto sul colpetto.

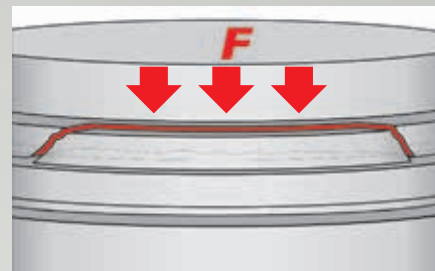


Fig. 3

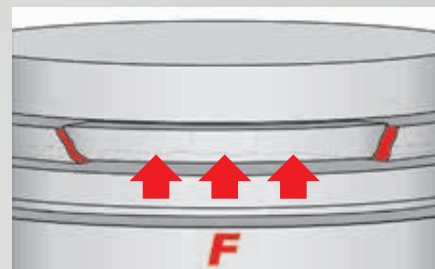


Fig. 4

Possibili cause

Combustione con battito nei motori a benzina:

- Utilizzo di un carburante con potere antidetonante insufficiente. La qualità del carburante deve corrispondere al rapporto di compressione del motore. In altre parole, il numero di ottano del carburante deve coprire il fabbisogno di ottani del motore in tutti gli stati di funzionamento.
- Gasolio nella benzina e, quindi, una riduzione del numero di ottano del carburante.
- Rapporto di compressione troppo alto causato dall'usura eccessiva della superficie del blocco motore e della testata nell'ambito di una revisione del motore o per motivi di tuning.
- Punto di accensione troppo in anticipo.
- Miscela troppo povera e, quindi, temperature di combustione elevate.
- Temperature dell'aria di aspirazione troppo elevate, causate da una

ventilazione insufficiente del vano motore o da una commutazione non tempestiva della farfalla dell'aria di aspirazione sull'esercizio estivo (in particolare nei motori a carburazione più vecchi).

Combustione con battito nei motori diesel:

- Iniettori non a tenuta o con polverizzazione di cattiva qualità.
- Pressione di iniezione troppo bassa degli iniettori.
- Pressione di compressione troppo bassa a causa di guarnizioni testata errate, sporgenze pistoni troppo ridotte, valvole non a tenuta o fasce elastiche rotte o usurate.
- Guarnizioni testata difettose.
- Danni alla precamera.
- Utilizzo inappropriato o eccessivo degli ausili di avviamento (spray per l'avviamento esterno), con l'avviamento a freddo.
- Turbocompressore difettoso.

In caso di urti del liquido:

- Aspirazione non intenzionale di acqua all'attraversamento di acqua alta oppure causata dagli spruzzi di masse d'acqua più grandi da parte dei veicoli precedenti o vicini.
- Funzionamento a pieno carico del cilindro a motore fermo con:
 - acqua, a causa di difetti di tenuta della guarnizione testata o cricche nei componenti.
 - con carburante a causa di iniettori non a tenuta (solo motori a benzina con sistema di iniezione). La pressione residua nel sistema di iniezione si scarica attraverso l'iniettore non a tenuta nel cilindro.

In entrambi i casi si verifica il danno descritto in fase di avviamento.

3.4 | Disturbi di combustione

3.4.6 Tracce di urti sulla testa del pistone (motore diesel)



Descrizione

- Sulla testa del pistone (fig. 1) si vedono forti tracce di urti. Il residuo carbonioso è stato eliminato quasi del tutto.
- I depositi carboniosi sono schiacciati nel cielo del pistone e hanno lasciato alveoli.
- Le fasce elastiche presentano un'usura molto forte, in particolare sull'anello raschiaolio.
- Si vede un'impronta della camera a turbolenza sul bordo anteriore del cielo del pistone (fig. 2).
- Forte impronta della valvola sul lato destro del cielo del pistone.
- Sul mantello del pistone si notano i primi segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco (fig. 4).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

Valutazione

Durante l'esercizio i pistoni hanno urtato contro la testata o contro la camera a turbolenza e una valvola. Non si sono ancora verificate rotture per effetto di questa forza. Il tipo di usura sulle fasce elastiche e anche sul mantello del pistone indica tuttavia che, in seguito a questi urti, si sono verificati disturbi di combustione causati da ingolfamento.

A causa degli urti del pistone si verificano vibrazioni più o meno forti sulla testata. L'iniettore entra anch'esso in oscillazione a seguito di queste vibrazioni, per questo non può più mantenere la pressione

nemmeno nello stato chiuso e realizza un'iniezione incontrollata del carburante. L'ingolfamento porta a un danneggiamento del velo di olio. Questo, a sua volta, causa una quota di attrito misto maggiore e, quindi, l'usura nel settore delle fasce elastiche e di conseguenza un maggiore consumo di olio. Solo quando il velo di olio è talmente danneggiato dal carburante da determinare una lubrificazione insufficiente, si formano le caratteristiche zone usurate dal carburante (ved. capitolo «Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco causato da ingolfamento»).

Nello stadio iniziale il mantello del pistone è meno danneggiato, poiché esso viene alimentato con olio sempre nuovo e lubrificante dagli organi del manovellismo. Solo quando i pezzi di materiale asportato per attrito dall'area della corsa dei pistoni si mischiano sempre di più con l'olio lubrificante e l'olio lubrificante perde portanza a causa della crescente diluizione olio, l'usura si estende a tutti i partner di scorrimento del motore.

Possibili cause

- Misura della sporgenza pistone errata. La sporgenza pistone non è stata controllata o non è stata corretta durante la revisione del motore.
- Boccola del piede di biella con fori eccentrici nell'ambito di una sostituzione.
- Affilatura di finitura eccentrica dell'albero motore.
- Lavori di rettifica eccentrici del foro maschiato cuscinetto (posizionando il cappello di banco dell'albero motore).
- Montaggio di guarnizioni testata con uno spessore troppo basso.
- Deposito carbonioso sulla testa del pistone e, quindi, limitazione o superamento della misura dell'interstizio.

- Fasi di distribuzione errate a causa di una regolazione errata, di un allungamento della catena, di cinghie dentate saltate.
- Scostamento in lunghezza del fusto della biella.
- Lavori eccessivi sulla superficie piana della testata e conseguente rinvio delle fasi di distribuzione. (La distanza tra l'ingranaggio azionato e quello condotto cambia, cosa che non può eventualmente essere corretta a seconda del tipo costruttivo dalla regolazione della cinghia o della catena).
- Alla sostituzione degli anelli sedi valvole non si è rispettata la posizione corretta delle sedi delle valvole. Se la superficie

delle sedi delle valvole non viene posizionata abbastanza in profondità nella testata durante la lavorazione, le valvole non dispongono del residuo corretto nella testata e sporgono troppo.

- Fuorigiri del motore. Le valvole non si chiudono più tempestivamente a causa della forza di massa maggiore e urtano contro il pistone.
- Gioco troppo elevato nel supporto della biella o cuscinetto di biella consumato, in particolare in combinazione con marce in discesa con numero di giri eccessivo.

3.4 | Disturbi di combustione

3.4.7 Foro nel cielo del pistone (motore a benzina)



Descrizione

- Il cielo del pistone presenta un foro continuo ed è ricoperto da materiale fuso.
- Il mantello presenta punti di grippaggio.
Motivo: temperature elevate e materiale del pistone eroso.



Fig. 1

Valutazione

Danni di questo tipo sono causati da accensioni per incandescenza. La temperatura della combustione spontanea della miscela di gas viene superata a causa dei componenti incandescenti nella camera di combustione. Questi componenti sono essenzialmente la candela di accensione, la valvola di scarico e i residui di combustione presenti nella camera di combustione. La miscela si accende ancora prima della vera accensione da parte della candela di accensione. In questo modo la fiamma agisce sul cielo del pistone per un periodo di tempo molto più lungo rispetto al normale decorso della combustione.

A causa delle accensioni per incandescenza, in poco tempo il cielo del pistone si riscalda a tal punto che la consistenza del materiale diventa pastosa. La forza di massa durante i movimenti della corsa del pistone e i veloci gas di combustione logorano la massa che nel frattempo è diventata morbida. La pressione di combustione spinge quindi verso l'interno lo spessore ancora rimanente della parete del cielo. In molti casi non si presentano neppure segni di grippaggio.



Avvertenza:

un riscaldamento locale così rapido del cielo del pistone è possibile solo con accensioni per incandescenza.

Possibili cause

- Candele di accensione con grado termico troppo basso.
- Miscela troppo povera e, quindi, temperature di combustione elevate.
- Valvole danneggiate o non a tenuta o gioco delle valvole troppo basso. Per questo le valvole non si chiudono correttamente. A causa dei gas di combustione che fluiscono, le valvole si riscaldano molto e si accendono. Per prima cosa sono interessate le valvole di scarico, poiché le valvole di aspirazione vengono raffreddate dai gas inerti.
- Residui di combustione incandescenti e depositi carboniosi nella camera di combustione.
- Quota di montaggio errata degli iniettori (anelli di tenuta mancanti o doppi).
- Carburante non adatto con un numero di ottano troppo basso. La qualità del carburante deve corrispondere al rapporto di compressione del motore. In altre parole, il valore degli ottani del carburante deve coprire il fabbisogno di ottani del motore in tutti gli stati di funzionamento.
- Gasolio nella benzina e, quindi, una riduzione del numero di ottano del carburante.
- Elevata temperatura del motore o dell'aria di aspirazione a causa di una ventilazione insufficiente del vano motore.
- Surriscaldamento generale del motore.

3.4 | Disturbi di combustione

3.4.8 Segni di grippaggio dovuti alla testa del pistone causati dall'utilizzo di pistoni errati (motore diesel)



Descrizione

- Sulla testa del pistone si vedono chiare scanalature dovute al grippaggio limitate dal punto di vista spaziale.
- Le scanalature iniziano sul cielo del pistone e finiscono sul 2° anello di tenuta.
- Centro delle scanalature sul bordo della superficie.



Fig. 1

Valutazione

Il danno è da ricondurre a disturbi di combustione. Il difetto non riguarda però il sistema di iniezione, ma è legato all'utilizzo di un pistone errato. I motori vengono costruiti in base alle norme sui gas di scarico in vigore. Spesso si fa fatica a distinguere visivamente i tipi di pistone conformi alle varie norme sui gas di scarico. In questo tipo di danno vengono impiegati pistoni con diversi diametri della camera nella stessa serie, ma con riferimento a norme sui gas di scarico differenti. Il pistone della norma sui gas di scarico Euro 1 (diametro della camera: 77 mm) durante una riparazione del motore è stato sostituito da un pistone della norma sui gas di scarico Euro 2 (diametro della camera: 75 mm).

A causa del diametro della camera più piccolo, l'iniettore non urta più solo contro la camera, ma anche contro il margine. Nei punti di impatto si è quindi verificato un surriscaldamento del margine della camera ovvero del materiale del pistone e una dilatazione termica maggiore. Questo ha causato i punti di grippaggio limitati dal punto di vista spaziale.

Se vengono utilizzati pistoni non prescritti per il relativo tipo di motore e la relativa norma sui gas di scarico, durante l'esercizio si possono verificare gravi disturbi di combustione con conseguenze non prevedibili. Il mancato rispetto dei livelli di gas di scarico, deficit di potenza e un consumo di carburante maggiore causano tuttavia notevoli costi secondari.

Possibili cause

- Utilizzo di pistoni con forma, profondità o diametro della camera errato.
- Utilizzo di pistoni molto diversi (ad es. altezza di compressione).
- Utilizzo di pistoni del tipo costruttivo errato. Non utilizzare, ad es., pistoni che non dispongono di canali di raffreddamento se il produttore del motore ha previsto un canale di raffreddamento per lo scopo.
- Utilizzo di componenti non adatti agli scopi previsti (iniettori o pompe di iniezione, guarnizioni testata o altri componenti che agiscono sulla miscela o sulla combustione).

3.4 | Disturbi di combustione

3.4.9 Erosione sul bordo della superficie e sul cielo del pistone (motore a benzina)



Descrizione

- Il bordo della superficie (fig. 2) presenta asportazioni simili all'erosione (fig. 3).



Fig. 1

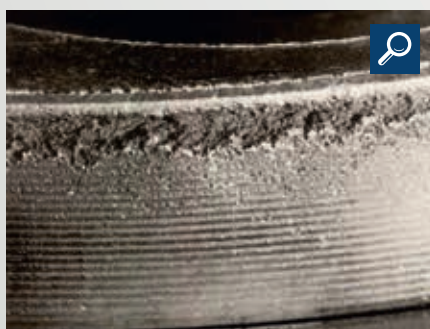


Fig. 2



Fig. 3

Valutazione

Asportazioni di materiali simili all'erosione sul bordo della superficie e sul cielo del pistone sono sempre la conseguenza di una combustione con battito di media intensità prolungato nel tempo. Si generano infatti onde di compressione che si estendono nel

cilindro e corrono tra il bordo della superficie e la parete del cilindro fino al primo anello di tenuta. Nel punto di flesso dell'onda di compressione particelle minuscole si staccano dalla superficie del pistone a causa dell'energia cinetica.

Possibili cause

- Utilizzo di un carburante con potere antidetonante insufficiente. La qualità del carburante deve corrispondere al rapporto di compressione del motore. In altre parole, il numero di ottano del carburante deve coprire il fabbisogno di ottani del motore in tutti gli stati di funzionamento.
- La benzina è stata imbrattata dal gasolio. Causa: un rifornimento di carburante sbagliato o l'utilizzo alternato di serbatoi o taniche per i due tipi di carburante. Per causare una forte riduzione del numero di ottano della benzina sono sufficienti minime quantità di diesel.
- Elevate quantità di olio nella camera di combustione a causa di fasce elastiche, guide della valvola e compressori a gas di scarico usurati riducono il potere antidetonante del carburante.
- Rapporto di compressione troppo alto. Causa: residui di combustione sui cieli del pistone e sulla testata o usura eccessiva della superficie del blocco e della testata nell'ambito di una revisione del motore o per motivi di tuning.
- Punto di accensione troppo in anticipo.
- Miscela troppo povera e, quindi, temperature di combustione elevate.
- Temperature dell'aria aspirata troppo elevate. Cause: ventilazione insufficiente del vano motore o ristagno nello scarico, commutazione non tempestiva della farfalla dell'aria di aspirazione sull'esercizio estivo o dispositivo automatico di commutazione difettoso (in particolare nei motori a carburazione più vecchi).
- Avaria della regolazione del battito.
- Modifica del software della centralina di comando.



Avvertenza:

I motori moderni sono dotati di sistemi di riconoscimento della combustione con battito. La regolazione del battito gestisce le combustioni con battito mediante l'adattamento del punto di accensione. La regolazione del battito può tuttavia intervenire solo dopo che si è verificata una combustione con battito. Nonostante la regolazione del battito non è possibile escludere eventuali danni se:

- l'intervallo di regolazione della centralina di gestione motore non è più sufficiente
- oppure i limiti di battito vengono raggiunti costantemente.

3.5 | Pistoni e rotture delle fasce elastiche

3.5.1 Informazioni sulla rottura dei pistoni

Con il motore in funzione si possono verificare rotture dei pistoni a causa di una rottura violenta o una frattura di fatica.



Fig. 1

Una rottura violenta (fig.1) è sempre causata da un corpo estraneo che urta il pistone con il motore in funzione. Si può trattare di componenti rotti della biella, dell'albero motore, delle valvole o simili. Si può avere una rottura violenta del pistone anche se penetra acqua o carburante nel cilindro.

Le superfici di una rottura violenta sono di colore grigio, non sono usurate e non presentano retinature. Il pistone improvvisamente non funziona più senza generare una rottura.



Fig. 2

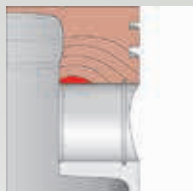
Con una frattura di fatica (fig.2), sulla superficie della frattura si formano retinature che consentono di riconoscere l'inizio e l'andamento della rottura. Le superfici della frattura sono spesso usurate e lucide. La causa di una frattura di fatica è un sovraccarico del materiale del pistone.

I sovraccarichi sono causati da:

- combustione con battito,
- forti vibrazioni del pistone, ad es. urti della testa del pistone contro la testata,
- difetti di materiale,
- gioco eccessivo.

Un'eccessiva deformazione del perno del pistone causata da un sovraccarico (inflexione e deformazione ovale) porta a cricche nell'alesaggio o nel sostegno. Inoltre, le fratture di fatica possono avere origine da cricche di tensione dovute al calore sui cieli del pistone.

3.5.2 Rottura del pistone nell'alesaggio del perno del pistone



Descrizione

- Si forma una crepa fino al cielo del pistone. Conseguenza: il pistone si spezza in due (fig. 1).
- Nell'asse centrale dell'alesaggio del perno del pistone si forma una tipica cricca di fatica (fig. 2 e 3).



Fig. 1



Fig. 2



Fig.3 Sezione di un alesaggio del perno del pistone

Valutazione

Le cricche da fatica nell'alesaggio sono causate da sollecitazioni meccaniche eccessive. Il sovraccarico costante del materiale del pistone provoca un maggiore

stress da piegature alternate e l'affaticamento del materiale stesso. Un'alimentazione di olio insufficiente favorisce la comparsa di cricche: un inizio di cricatura

nell'alesaggio del perno del pistone progredisce anche con una sollecitazione normale. E provoca infine la spaccatura del pistone.

Possibili cause

- Disturbi di combustione, in particolare combustione repentina causata da un ritardo di accensione.
- Utilizzo eccessivo o inappropriato di ausili di avviamento in caso di avviamento a freddo.
- Con il motore fermo il cilindro è pieno di acqua, carburante o olio (urto del liquido).
- Aumenti di potenza (per es. tuning chip) utilizzando un pistone di serie.
- Utilizzo di perni del pistone errati o più leggeri. A causa della deformazione ovale del perno, il supporto del perno subisce un'eccessiva sollecitazione.

3.5 | Pistoni e rotture delle fasce elastiche

3.5.3 Rottura del pistone causata dall'urto del cielo contro la testata



Descrizione

- Si vedono tracce di urti sul cielo del pistone (fig. 1), sulla superficie piana della testata e su entrambe le valvole (senza fig.).
- In seguito alle vibrazioni e all'effetto della forza si è sviluppata una rottura nella direzione del perno del pistone.
- Il mantello si è rotto nella scanalatura inferiore dell'anello di lubrificazione, le superfici delle fratture presentano le caratteristiche delle fratture di fatica (fig. 2).



Fig. 1



Fig. 2

Valutazione

La causa è la sequenza incredibilmente rapida di forti colpi durante l'urto del cielo contro la testata. Il pistone vibra a tal punto che si formano cricche. Inoltre il pistone nel cilindro si angola e urta contro la parete del cilindro insieme al mantello.

Nei pistoni con anello raschiaolio inferiore (fig.2) il mantello si rompe quasi sempre nel settore della scanalatura inferiore dell'anello di lubrificazione.

Possibili cause

- Gioco troppo elevato nel supporto della biella o cuscinetto di biella consumato, in particolare in combinazione con marce in discesa con numero di giri eccessivo.
- La cosiddetta misura dell'interstizio (ovvero la distanza minima tra il cielo del pistone e la testata) nel punto morto superiore del pistone era troppo bassa. Possibili cause:

- pistoni con altezza di compressione errata. Alla revisione del motore, in molti casi la superficie piana del monoblocco viene rifinita. Se, dopo i lavori, si utilizzano pistoni con l'altezza di compressione originale, la sporgenza pistone può essere troppo elevata. In caso di riparazione vengono quindi offerti pistoni con altezza di compressione inferiore. In questo modo la sporgenza pistone rientra nel range di tolleranza stabilito dal produttore del motore.*
- Spessore insufficiente della guarnizione testata. Molti produttori prevedono guarnizioni testata con spessori diversi per lo stesso tipo di motore: da un lato, questo è necessario per compensare le addizioni delle tolleranze del componente

durante la produzione, dall'altro per poter effettuare un adattamento della sporgenza pistone in fase di riparazione. Durante le riparazione occorre: utilizzare solo guarnizioni della testata con lo spessore del materiale prescritto. Solo così si garantisce il raggiungimento della misura dell'interstizio prescritta dopo la riparazione. Lo spessore della guarnizione va nuovamente stabilito secondo le condizioni del produttore del motore sulla base della sporgenza pistone se il monoblocco è stato ritoccato o sostituito nell'ambito di una riparazione.



Attenzione:

un controllo della libertà di movimento effettuato manualmente facendo ripetutamente girare il motore nello stato freddo non garantisce che il pistone non urti contro la testata con la macchina a temperatura di esercizio. Motivo: a causa del loro riscaldamento, il pistone e la biella subiscono una dilatazione lineare. Si riduce così la distanza tra il cielo del pistone e la testata. Soprattutto nei motori di veicoli commerciali con altezze di compressione elevate si verificano rilevanti modifiche delle misure che riducono di altri decimi di millimetro la libertà di movimento del pistone nel punto morto superiore.

* Per molti motori diesel Motorservice fornisce pistoni con altezza di compressione ridotta (KH-). Per ulteriori dettagli, vedere il catalogo «Pistoni e componenti» di Motorservice

3.5 | Pistoni e rotture delle fasce elastiche

3.5.4 Erosione del materiale nel settore delle fasce elastiche (rottura delle fasce elastiche)



Descrizione

- Nello spazio anulare in corrispondenza della prima scanalatura anulare è presente una forte erosione del materiale che raggiunge il cielo del pistone.
- La scanalatura anulare presenta una forte usura assiale.
- Il cielo del pistone è fortemente danneggiato.
- Il mantello del pistone presenta delle striature opache.



Fig. 1



Fig. 2

Valutazione

Il danno è causato dalla penetrazione di sporco nella camera di combustione. Lo dimostra la forte usura assiale della scanalatura, in particolare sulla prima scanalatura anulare. Lo sporco si è così raccolto anche nella scanalatura anulare causando usura abrasiva sulla fascia elastica e nella scanalatura anulare. Il gioco in altezza delle

fasce elastiche è così ulteriormente aumentato. La fascia elastica con sezione fortemente ridotta non è stata più in grado di sopportare la pressione di combustione e si è rotta. Il pezzo rotto della fascia elastica si poteva così muovere liberamente nella scanalatura che si ingrandiva sempre di più, causando la cavitazione raffigurata

in seguito ai continui colpi. Dopo che la cavitazione ha raggiunto il cielo del pistone, i frammenti della fascia elastica sono arrivati nella zona tra il cielo e la testata, dove hanno causato altri danni al cielo e alla testata stessa.

Possibili cause

- Forte usura assiale della scanalatura anulare e delle fasce elastiche dovuta alla penetrazione di corpi estranei nella camera di combustione.
- In caso di forte usura radiale delle fasce elastiche (ma senza usura assiale) la causa del problema è usura da attrito misto dovuta probabilmente a un ingolfamento.

Ved. capitolo «Usura causata da ingolfamento».

- Con scanalature anulari e fasce elastiche non usurate e dopo un breve tempo di funzionamento dalla revisione del motore, un danno si può presentare a causa di un errore di montaggio del pistone. Le fasce elastiche si possono rompere all'inserimento del pistone nel cilindro se non vengono spinte sufficientemente in profondità nella scanalatura anulare. Solitamente questo fatto succede se l'espansore anulare non è stato posizionato correttamente intorno al pistone o se viene utilizzato un attrezzo di inserimento errato o danneggiato durante il montaggio del pistone.

- Vibrazioni delle fasce causate da un gioco in altezza delle fasce eccessivo. Questo stato si può presentare se, alla riparazione del motore, viene montato solo un nuovo set di fasce elastiche, anche se le scanalature anulari nel pistone sono in realtà già usurate. A causa del gioco eccessivo le fasce elastiche vibrano e si possono rompere. Un altro motivo può essere l'utilizzo di un set di fasce elastiche errato: l'altezza delle fasce elastiche è eventualmente troppo piccola e, quindi, il gioco assiale è troppo elevato.
- Anche un pistone non adatto allo scopo previsto può causare questo danno. I pistoni per i motori diesel sono dotati di una trave anulare in ghisa nicheliferà a causa della sollecitazione e della durata necessaria. Per motivi legati ai costi, i pistoni senza trave anulare vengono normalmente impiegati nei motori diesel solo se il tempo di funzionamento atteso è piuttosto basso. Questo succede, ad es., con le macchine agricole. Se un pistone senza trave anulare deve essere impiegato per un tempo di funzionamento più lungo, la resistenza all'usura delle scanalature anulari non è eventualmente sufficiente.

3.6 | Rotture dei perni del pistone

3.6.1 Informazioni generali sulle rotture dei perni del pistone

Le rotture dei perni del pistone sono una conseguenza di sovraccarichi dovuti a disturbi di combustione o alla presenza di corpi estranei nella camera di combustione. Un utilizzo eccessivo o inappropriato di ausili di avviamento (spray per l'avviamento esterno) è da equipararsi agli effetti di disturbi di combustione estremi.

La pressione dei gas di combustione sul pistone provoca la deformazione ovale del perno del pistone. In presenza di sovraccarico sulle estremità del perno del pistone si forma una cricca longitudinale che può partire sia dalla superficie esterna, sia dall'alesaggio interno del perno del pistone. La cricca prosegue sotto forma di frattura di fatica verso il centro del perno del pistone. Nel settore di sollecitazione al

taglio e di flessione più grande tra l'alesaggio dei perni del pistone e l'occhio della biella la direzione cambia e si passa a una cricca trasversale. Questo porta infine alla rottura dell'intero perno del pistone. Oltre alle cause sopra illustrate le rotture possono essere provocate anche da danneggiamenti.

3.6.2 Perno del pistone rotto



Descrizione

- Cricca trasversale del perno del pistone (fig. 1) nella zona di transizione tra il fusto della biella e l'alesaggio del perno del pistone.
- Il frammento più piccolo è suddiviso longitudinalmente.
- Le superfici delle fratture presentano le caratteristiche delle fratture di fatica.



Fig. 1

Valutazione

Le rotture del perno sono una conseguenza di sovraccarichi. A causa della deformazione ovale del perno del pistone negli alesaggi del perno del pistone, in caso di sovraccarico sulle estremità del perno si forma dapprima una cricca longitudinale. La rottura può partire sia dalla superficie esterna, sia dall'alesaggio interno. La cricca prosegue verso il centro del perno del pistone. Nel settore di sollecitazione al taglio e di flessione più grande tra il perno del pistone e l'occhio della biella la direzione cambia e si passa a una cricca trasversale. Questo porta infine alla rottura dell'intero perno del pistone.

La fig.2 mostra che un primo inizio di cricatura può formarsi non solo a causa di un sovraccarico, ma anche a causa del montaggio inappropriato del perno del pistone. Il lato frontale del perno del pistone rotto fa chiaramente notare come l'inizio di cricatura sia partito da un danneggiamento dovuto a un colpo (colpo di martello). Una cricatura può evolvere fino alla totale rottura del perno del pistone anche in caso di sollecitazione normale.

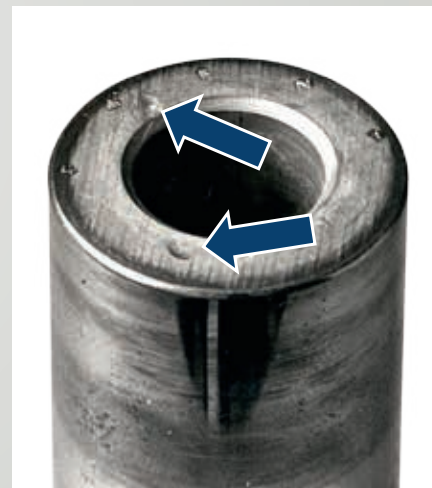


Fig. 2

Possibili cause

- Disturbi di combustione spesso a causa di una combustione con battito.
- Urti del liquido.
- Trattamento inappropriato dei perni del pistone in fase di montaggio.
- Sovraccarico del perno del pistone dovuto all'aumento della potenza motore.
- Indebolimento del perno del pistone a causa delle misure di tuning (riduzione del peso).
- Utilizzo di un perno del pistone errato.

3.7 | Danni ai fermi perno

3.7.1 Informazioni generali sui danni ai fermi perno del pistone

Come fermo perno del pistone vengono utilizzati anelli di sicurezza o i cosiddetti anelli Seeger. Entrambe le tipologie si possono rompere durante il funzionamento o possono staccarsi o separarsi dalla scanalatura nel pistone.

La rottura degli anelli di sicurezza o delle estremità dell'anello è sempre da ricondurre a una sovrasollecitazione o a un trattamento inappropriato all'inserimento degli anelli di sicurezza. Gli anelli di sicurezza sono sollecitati in senso assiale solo se il perno del pistone subisce un movimento assiale. Un problema di allineamento della biella o un fusto della biella pendente e di solito asimmetrico

rende non più paralleli l'asse del perno del pistone e dell'albero pistoni.

Il perno del pistone urta in sequenza incredibilmente veloce contro i fermi perno del pistone ed estrae questi ultimi gradualmente dalla scanalatura.

Successivamente questi vengono di nuovo spinti fino alla superficie di scorrimento cilindro, dove si consumano a causa dell'usura. Infine gli anelli di sicurezza si rompono. I pezzi si bloccano tra il pistone e il cilindro. Altri pezzi vengono scaraventati nella cavità degli alesaggi dei perni del pistone a causa della forza di massa, causando forti erosioni del materiale.

Non di rado i frammenti raggiungono anche l'altro lato del pistone attraverso l'alesaggio interno del perno del pistone, causando gravi danni.

3.7.2 Danni ai pistoni dovuti a fermi perno rotti



Descrizione I

- Su entrambi i lati del pistone l'estremità degli alesaggi del perno presenta notevoli danni. I danni si estendono, in parte, fino allo spazio anulare (fig. 1).
- Un anello di sicurezza nella scanalatura del perno è saltato e si è rotto.
- Il secondo anello di sicurezza si è danneggiato.
- A causa dell'assenza del fermo perno, il perno del pistone si è spostato verso l'esterno fino alla superficie di scorrimento cilindro.
- Il lato frontale del perno del pistone si è usurato assumendo una forma bombata a causa del contatto prolungato con la superficie di scorrimento cilindro (fig. 2).
- Il pistone è molto asimmetrico.



Fig. 1



Fig. 2

3.7 | Danni ai fermi perno



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

Descrizione II

- Portanza asimmetrica del pistone (fig. 4).
- Alesaggio del perno del pistone e perno del pistone rotti (fig. 5 e 6).
- Foro del perno in corrispondenza degli anelli di sicurezza deformato.

Valutazione

Durante il funzionamento i fermi perno, sviluppati come anelli di sicurezza o anelli Seeger, vengono estratti solo da una spinta assiale del perno del pistone. Il presupposto è che essi siano inseriti correttamente e non siano danneggiati. La spinta assiale nel perno del pistone si presenta sempre quando, durante il funzionamento, l'asse del perno del pistone non è parallelo a quello dell'albero motore. Questo succede prevalentemente quando, a causa di una biella piegata, il pistone è molto

inclinato. In caso di movimenti della corsa si presenta una spinta assiale variabile, a causa della quale l'anello di sicurezza nella direzione della pressione principale viene regolarmente estratto. L'anello di sicurezza saltato si blocca tra il perno del pistone che si sposta verso l'esterno, il pistone e la superficie di scorrimento cilindro.

Qui si usura e si rompe in più pezzi. A causa della loro forza di massa i pezzi colpiscono il materiale del pistone nel giro di poco

tempo con i movimenti verso l'alto e il basso del pistone (fig. 2). Singoli frammenti si spostano anche attraverso il perno del pistone cavo, causando danni irreparabili sul lato opposto del pistone.

Possibili cause

- Spinta assiale del perno del pistone con il motore in funzionamento a causa di:
 - Piegamento o torsione della biella.
 - Occhi della biella con alesaggio inclinato (mancato parallelismo degli assi).
 - Asse del cilindro non ortogonale rispetto all'asse dell'albero motore.
 - Gioco del cuscinetto di biella eccessivo, in particolare in combinazione con fusti della biella asimmetrici.
 - Perni di biella non paralleli rispetto all'asse dell'albero motore (errore di lavorazione).
- Utilizzo di anelli di sicurezza vecchi o danneggiati.
- Anelli di sicurezza montati in modo inappropriato.

3.8 | Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone

3.8.1 Informazioni generali sui segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone

Poiché il perno del pistone non viene necessariamente alimentato con olio ed è disponibile solo la lubrificazione tramite iniezione e centrifugazione dell'olio, i segni di grippaggio nei punti del cuscinetto del perno del pistone sono quasi sempre segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco tipici con superficie fortemente usurata e saldature del materiale.

Con perni flottanti, i danni primari negli alesaggi del perno del pistone si formano:

- a causa del gioco troppo basso del perno del pistone nella boccola del piede di biella.
- a causa del grippaggio o bloccaggio del perno del pistone nella boccola del piede di biella.

La colorazione blu del perno del pistone in corrispondenza della boccola del piede di biella mostra che se la libertà di movimento del perno del pistone in corrispondenza della boccola del piede di biella era limitata, il perno del pistone poteva ruotare solo nell'alesaggio. Ma per questo il gioco di un perno flottante negli alesaggi del perno del pistone è troppo piccolo. Le conseguenze sono un forte riscaldamento, un'interruzione della lubrificazione e segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco nell'alesaggio del perno del pistone.

A causa dell'elevato riscaldamento il pistone si dilata molto di più anche sul mantello, in corrispondenza degli alesaggi del perno del pistone. Questo può portare anche alla mancanza di gioco, al ciclo a secco e a segni di grippaggio (ved. capitolo «Grippaggio a 45°»).

Per i perni del pistone che si contraggono nella biella, il gioco nell'alesaggio del perno del pistone è talmente grande che qui è sempre possibile avere un velo di olio sufficientemente spesso. In caso di riutilizzo delle bielle a contrazione fare attenzione che l'alesaggio nella biella non sia deformato o altrimenti danneggiato. In caso contrario, il perno del pistone potrebbe deformarsi a tal punto nello stato contratto che il gioco negli alesaggi del perno del pistone potrebbe non essere più sufficiente localmente. Così si potrebbero formare facilmente segni di grippaggio.

Al montaggio dei pistoni nel motore il supporto del perno va sempre lubrificato in modo che sia disponibile lubrificante sufficiente per i primi giri.



Avvertenza:

in caso di contrazione del perno del pistone nella biella, oltre alla lubrificazione del perno citata sopra è necessario fare attenzione al fatto che la scorrevolezza del supporto del perno non venga controllata con movimenti basculanti del pistone subito dopo l'inserimento del perno. In questa fase si ha infatti una compensazione termica dei due componenti (perno del pistone freddo, biella calda). Il perno del pistone può riscaldarsi e dilatarsi a tal punto da incastrarsi nell'alesaggio del perno. Se il supporto viene mosso in questo stato, si può formare un primo segno di grippaggio. Possibile conseguenza: mobilità difficoltosa del supporto, con un maggiore attrito e una più forte produzione di calore. Per questo motivo i componenti montati devono raffreddarsi a sufficienza prima di un controllo della libertà di movimento.

3.8.2 Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone (perno del pistone flottante)



Descrizione

- Il perno del pistone presenta segni di grippaggio negli alesaggi del perno del pistone.
- Il materiale del pistone si è saldato sul perno del pistone (fig.1).
- In corrispondenza della boccola del piede di biella il perno del pistone è diventato blu.



Fig. 1

Valutazione

La colorazione blu del perno del pistone in corrispondenza della boccola del piede di biella mostra che in questo punto, c'era poco gioco. Di conseguenza, il perno del pistone poteva ruotare solo a fatica o non

riusciva a ruotare nella boccola del piede di biella. Il perno del pistone ruotava quindi solo nell'alesaggio del perno del pistone. Il gioco di un perno del pistone flottante è però troppo ridotto. Il maggiore attrito ha

causato un riscaldamento eccessivo nel supporto. Il velo di olio è diventato così inefficace e si sono presentati segni di grippaggio dovuti al perno del pistone.

Possibili cause

- Il gioco tra la boccola del piede di biella e il perno del pistone era troppo ridotto.
- Probabilmente il gioco nella boccola del piede di biella è stato superato a causa di un problema di allineamento della biella e il perno del pistone si è quindi incastrato.
- Il supporto del perno non è stato lubrificato al montaggio dei pistoni.



Avvertenza:

affinché per i primi giri del motore sia presente una lubrificazione sufficiente e non si formino i primi segni di grippaggio all'avviamento motore, al montaggio dei pistoni è necessario lubrificare abbondantemente il supporto del perno.

3.8 | Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone

3.8.3 Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone (biella a contrazione)



Descrizione

- Il pistone è stato utilizzato per un periodo di tempo breve.
- Non sono presenti tracce di usura nel mantello del pistone.
- Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone sul lato superiore sollecitato dalla pressione (fig. 1).
- La superficie dei segni di grippaggio è grezza. Non ci sono tracce di olio bruciato.



Fig. 1

Valutazione

In pratica il pistone non presenta ancora tracce di usura ed è stato quindi utilizzato solo per un breve periodo di tempo. Il perno del pistone si è coperto di segni di grippaggio già dopo i primi giri del motore.

I punti di grippaggio grezzi sono indizio della mancanza di olio nel supporto del perno.

Possibili cause

- Il supporto del perno non è stato lubrificato prima del montaggio del pistone.
- In caso di contrazione del perno del pistone nella biella, la scorrevolezza del supporto del perno è stata controllata con movimenti basculanti del pistone subito dopo l'inserimento del perno. A questo punto il supporto può danneggiarsi a causa delle inconsuete differenze di temperatura dei componenti (che non si verificano durante il funzionamento).

3.8.4 Segni di grippaggio negli alesaggi dei perni del pistone (con segni di grippaggio dovuti al mantello del pistone)



Descrizione

- Il pistone si è coperto di segni di grippaggio lungo tutta la circonferenza, con centro sulla testa del pistone.
- Gli anelli di tenuta sono saldi nelle scanalature anulari.
- In entrambi gli alesaggi dei perni del pistone sono presenti segni di grippaggio.



Fig. 1

Valutazione

La concentrazione dei segni di grippaggio sulla testa del pistone indica che il danno è iniziato in questo punto in seguito ai disturbi di combustione. Le fasce elastiche sono salde e i segni di grippaggio si sono trasferiti sempre di più sul mantello.

I gas di combustione che sfregano contro gli anelli di tenuta saldi hanno riscaldato il pistone a tal punto che il velo di olio nel supporto del perno è diventato inefficace e anche qui si sono formati segni di grippaggio.

Possibili cause

Disturbi di combustione che causano segni di grippaggio dovuti al gioco e al ciclo a secco sulla testa e sul mantello del pistone e, di conseguenza, segni di grippaggio nel supporto del perno.

3.9 | Rumori dai pistoni

3.9.1 Informazioni generali sui rumori dai pistoni

I rumori di funzionamento dei pistoni possono essere causati dagli agenti più disparati con il motore in funzione.

- **Inclinazione del pistone a causa di un gioco eccessivo:**

a causa di un alesaggio troppo grande, dell'usura o del cedimento del materiale, il pistone si inclina. Questo fatto è provocato dal moto pendolare del fusto della biella e dall'inversione della corsa del pistone nel cilindro. Inoltre, il pistone urta violentemente contro la superficie di scorrimento cilindro.

- **Non è stata rispettata la direzione di montaggio dei pistoni:**

Per realizzare l'inversione della corsa del pistone prima del punto morto superiore e dell'inizio del ciclo di lavoro, l'asse del perno del pistone è stato spostato di alcuni millimetri verso il lato mandata del pistone. Se il pistone viene inserito nel cilindro spostato di 180° e, quindi, l'asse del perno del pistone si sposta verso il lato sbagliato, l'inversione della corsa del pistone avviene in un momento sbagliato. Il pistone si inclina così più violentemente e produce più rumori.

- **Inclinazione del pistone a causa di un gioco troppo ridotto nel supporto del perno:**

Il gioco tra il perno del pistone e la boccola del piede di biella potrebbe essere troppo piccolo, ma questo può essere superato anche durante il funzionamento con un bloccaggio o una deformazione.

- **Urti del pistone nella direzione del perno:**

La causa dell'urto laterale del pistone contro l'alesaggio del cilindro nella maggior parte dei casi è un problema di allineamento del fusto della biella (piegatura, ma soprattutto torsione): il pistone effettua un moto pendolare durante la sua corsa nell'asse longitudinale del motore e batte in modo alternato contro il cilindro. I fusti della biella asimmetrici o il supporto eccentrico del pistone da parte del fusto della biella hanno lo stesso effetto.

- **Urto reciproco tra il perno del pistone e i fermi perno del pistone:**

Una spinta assiale nel perno del pistone è sempre la conseguenza di un problema di allineamento tra l'asse del perno del pistone e l'asse albero motore. Come descritto nel punto precedente, la piegatura o la torsione della biella e un'asimmetria nel fusto della biella sono le cause più frequenti di questo problema. Un gioco del cuscinetto di biella troppo grande (perno di biella sull'albero motore) può però causare oscillazioni laterali del fusto della biella, in particolare con numeri di giri bassi. Il perno del pistone si angola così nell'occhio della biella e viene spinto dentro e fuori l'alesaggio del perno del pistone a causa del moto pendolare del pistone. Di conseguenza si ha un urto del perno del pistone contro i fermi perno.

3.9.2 Punti di urto radiali sul bordo della superficie



Descrizione

- Il bordo della superficie presenta punti di urto nella direzione di inclinazione (fig. 1).
- Sul mantello del pistone si nota un fenomeno più marcato verso l'alto e il basso rispetto al centro del mantello.



Fig. 1

Valutazione

Un rumore dal pistone, percepito come particolarmente fastidioso all'esterno, è causato dall'urto reciproco della testa del pistone contro la superficie di scorrimento cilindro.

A seconda della causa del problema, il bordo della superficie sbatte contro la parete del cilindro nella direzione di inclinazione o a livello dell'ovalità (direzione del perno).

Possibili cause in caso di punti di urto nella direzione di inclinazione

- Gioco di montaggio eccessivo e, quindi, cattiva guida pistone causati da un cilindro con alesaggi eccessivi o levigati.
 - La direzione di montaggio dei pistoni non è stata rispettata nel caso in cui l'asse dei pistoni si è spostato.
 - Supporto del perno duro: a causa della mobilità difficoltosa, la testa del pistone sbatte contro la superficie di scorrimento cilindro nel cosiddetto piano ribaltabile.
- Motivi:
- gioco troppo piccolo nell'occhio della biella o nell'alesaggio del perno.

- Accoppiamento troppo limitato del perno del pistone nella boccola del piede di biella (biella a contrazione). In caso di contrazione del perno del pistone e di un accoppiamento troppo limitato del perno del pistone nell'occhio della biella, quest'ultimo si deforma nella direzione degli spessori delle pareti più deboli. L'occhio della biella e il perno del pistone assumono una forma ovale, provocando una limitazione del gioco tra il perno del pistone e il pistone.
- Perno di pistone con segni di grippaggio.

Possibili cause in caso di punti di urto nella direzione del perno

- In caso di problemi di allineamento della biella, in particolare in caso di una torsione della biella, ma anche in caso di un gioco del cuscinetto di biella eccessivo, la testa del pistone oscilla nella direzione del perno e sbatte contro il cilindro.
- Problemi di allineamento della biella (piegatura/torsione): si verifica una spinta assiale nel perno del pistone a causa della quale esso sbatte contro gli anelli di sicurezza.

3.10 | Cilindri e canne cilindro



3.10.1 Cricche longitudinali nelle canne cilindro



Descrizione

- Cricca verticale, che parte dal collare della canna.
- Talvolta, le canne cilindro asciutte sono anch'esse interessate a causa dello spessore relativamente sottile della parete del cilindro.



Fig. 1

Valutazione

Cricche di questo genere sono spesso causate da una manipolazione imprudente delle canne cilindro (azione degli urti). Anche se la canna cilindro non subisce immediatamente un danno visibile, una cricca microscopica o un'intaccatura

possono generare una rottura. Un supporto difettoso del collare o la presenza di sporco tra la canna cilindro e il monoblocco può causare questo tipo di danni. In caso di cricche longitudinali causate da supporti difettosi del collare, queste crepe si

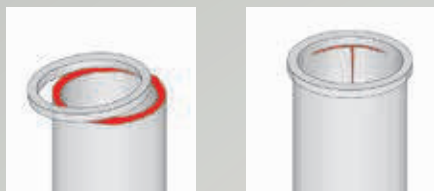
presentano spesso insieme a cricche trasversali.

Possibili cause

- Trattamento inappropriato delle canne cilindro durante il trasporto o la riparazione e, quindi, danni conseguenti causati da cricche o intaccature.
- Urti del liquido.
- Corpi estranei sotto le superfici di contatto o di tenuta.
- Supporti difettosi del collare (ved. capitolo «Collare rotto sulla canna cilindro»).
- Asportazione di materiale (erosione) dal bordo della canna a causa della combustione con battito e, quindi, indebolimento della canna cilindro.

3.10 | Cilindri e canne cilindro

3.10.2 Collare rotto sulla canna cilindro



Descrizione

- Collare della canna rotto.
- Lo strappo del collare della canna inizia alla base del bordo inferiore del collare della canna e prosegue diagonalmente verso l'alto con un angolo di ca. 30°.



Fig. 1

Valutazione

Questo tipo di danno è causato da momenti flettenti che si generano in caso di montaggio errato (problema legato allo sporco o alla forma). Nella maggior parte dei casi il collare della canna cilindro si stacca già al serraggio della testata. Con le nuove generazioni di motori per i veicoli industriali con sistema di iniezione pompa-iniettore o Common Rail, il blocco motore è sempre più sollecitato a causa delle pressioni di combustione maggiori. A causa dell'utilizzo, legato a questi modelli, di guarnizioni testata in acciaio molto dure, il basamento si può deformare in corrispondenza del supporto del collare della canna a un chilometraggio maggiore.



Avvertenza:

La deformazione della superficie di contatto del collare della canna non può essere riconosciuta visivamente senza l'utilizzo di ausili adatti. Un metodo semplice per controllare questa deformazione è utilizzare l'inchiostro di china: uno strato sottilissimo di china viene applicato sulla superficie di contatto del collare della canna sul blocco motore. Successivamente la nuova canna va inserita senza guarnizioni e spinta in sede. La canna cilindro viene poi estratta nuovamente. La superficie di contatto sulla canna cilindro deve essere coperta di china in modo uniforme lungo tutta la circonferenza. In caso contrario, la sede della canna va rifinita: questi lavori di rettifica vengono effettuati al meglio con un'alesatrice stazionaria o con un tornio frontale mobile per collari della canna. Solo in questo modo si garantisce il parallelismo con la superficie del corpo (fig. 2).

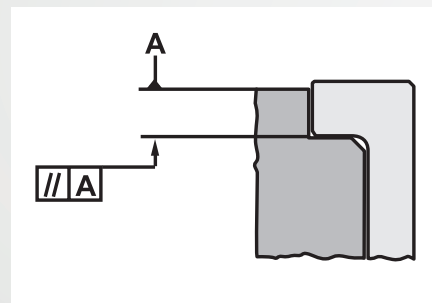


Fig. 2

Possibili cause

- Supporto usurato del collare della canna sul motore dopo un tempo di funzionamento più lungo.
- Supporto del collare sporco o corrosivo.
- Non sono state garantite l'ortogonalità e/o la planarità del supporto del collare (fig. 2 e fig.5).
- Guarnizione testata errata.
- Durante il montaggio della testata non sono stati rispettati le coppie di serraggio e gli angoli di rotazione prescritti del produttore del motore.
- Numero errato di anelli di tenuta.
- Anelli di tenuta imbrattati sotto al collare della canna.
- Non sono state utilizzate le guarnizioni della misura prescritta.
- Utilizzo di sigillanti liquidi.
- Con canne cilindro press-fit asciutte: Errore di installazione a causa di una pressione di iniezione elevata.
- Non è stata rispettata la sporgenza della canna prescritta (fig. 6):
 - se la canna cilindro sporge troppo, il collare della canna è stato schiacciato durante il serraggio delle viti a testa cilindrica.
 - Se la sporgenza è insufficiente, la canna cilindro non è stata premuta a sufficienza nella sede della canna e può assumere un moto pendolare a causa del moto pendolare del pistone. Le forze che si vengono così a sviluppare causano lo strappo del collare della canna.
- Durante i lavori di rettifica della sede della canna non si è prestata attenzione alla forma corretta. La modellatura della sede della canna deve corrispondere a quella della canna cilindro. La zona di transizione tra la superficie del collare e il diametro dell'accoppiamento preciso deve essere dotata di una smussatura di 0,5 - 1,0 mm x 45° per evitare il riscaldamento della scanalatura del collare della canna sul bordo. In caso di mancato rispetto, il collare della canna può staccarsi molto facilmente al serraggio della testata (fig. 3). Inoltre il raggio dell'arrotondamento sulla sede della canna cilindro («D») (fig.4) non deve essere eccessivamente grande in modo che la canna cilindro non subisca sollecitazioni sul bordo esterno o interno in corrispondenza del collare della canna.



Avvertenza:

se il supporto del collare deve essere rifinito alla riparazione motore occorre assicurare la sporgenza necessaria tra la canna cilindro e la superficie del cilindro: si possono inserire rondelle di compensazione in acciaio o si possono utilizzare canne cilindro con una maggiorazione collare* (consigliata).

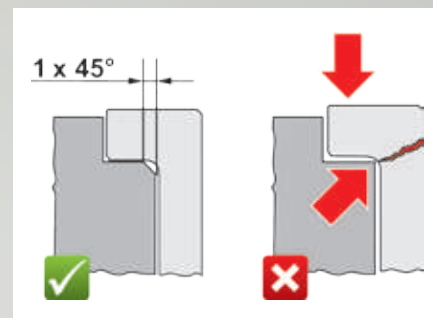


Fig. 3

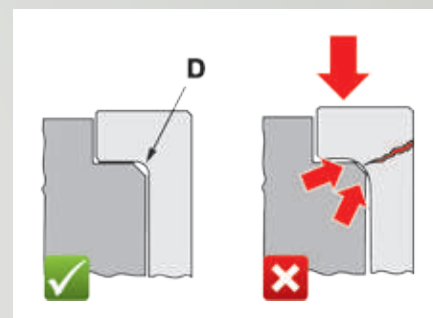


Fig. 4

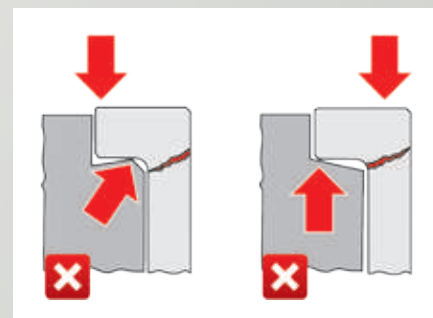


Fig. 5

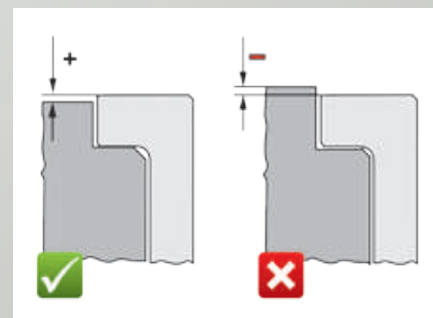
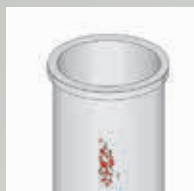


Fig. 6

* Per la maggior parte dei motori, Motorservice fornisce canne cilindro con maggiorazione collare. Per ulteriori dettagli, consultare il catalogo attuale «Pistoni e componenti».

3.10 | Cilindri e canne cilindro

3.10.3 Cavitazione sulle canne cilindro



Descrizione

- La canna cilindro bagnata presenta una forte cavitazione in corrispondenza della camicia d'acqua. (Fig. 1 e 2)
- Penetrazione di refrigerante nella camera di combustione.



Fig. 1



Fig. 2

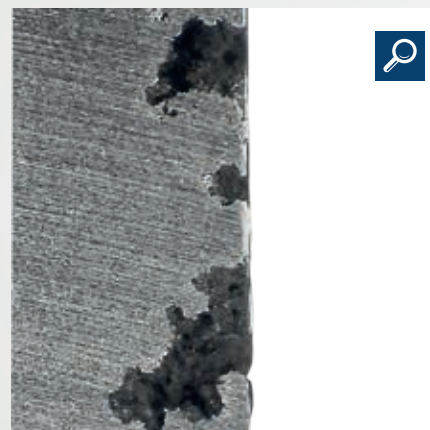


Fig.3 Sezione della canna cilindro

Valutazione

La cavitazione si presenta preferibilmente nel piano ribaltabile del pistone (sul lato mandata o su quello di contropressione) e ha inizio per le oscillazioni della parete del cilindro. Le oscillazioni sono causate tramite la pressione di combustione dalle forze laterali dei pistoni e dall'inversione della corsa nel punto morto inferiore e superiore. Se il liquido di raffreddamento non riesce più a seguire le oscillazioni della parete del cilindro, si ha un sollevamento temporaneo della pellicola d'acqua dalla canna cilindro.

Nel settore di depressione che si viene a creare si formano bollicine di vapore che ricadono su se stesse a un'incredibile velocità all'oscillazione indietro della parete del cilindro (implosione). L'acqua spostata attraverso le bollicine urta all'improvviso contro la superficie del cilindro durante l'implosione. L'energia d'urto che si viene a formare stacca minuscoli pezzi dalla superficie del cilindro. Nel corso del tempo si formano così fori regolari (erosione).

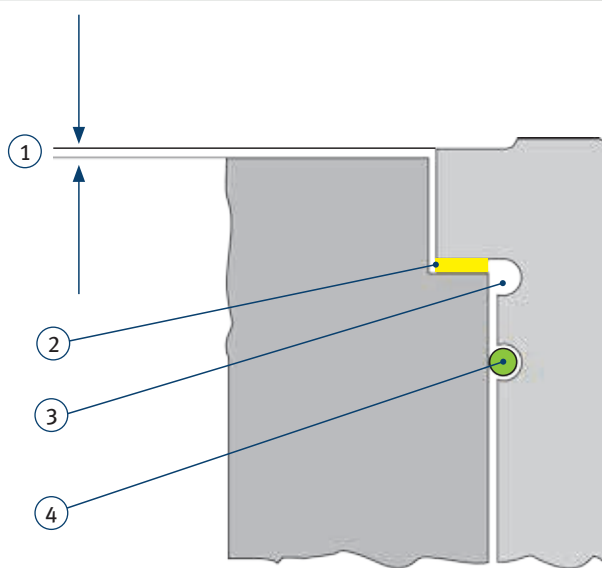
Una particolarità nella cavitazione: i fori si allargano verso l'interno (fig. 3) e, per questo, si formano cavità nel materiale.

Cause della cavitazione

- Temperatura dell'aria aspirata troppo elevata.
- Pressione del refrigerante troppo bassa.
- Punto di ebollizione troppo basso del refrigerante.
- Combinazione dei punti sopra indicati.

Possibili cause

- Non è stato rispettato il gioco dei pistoni corretto (rimontaggio di pistoni già utilizzati, oppure cilindro troppo grande).
- Problema legato alla forma del supporto del collare della canna – sede assente o non precisa della canna cilindro nel corpo (ved. capitolo «Collare rotto sulla canna cilindro»).
- Il riempimento permanente prescritto con anticorrosivo o le aggiunte al liquido di raffreddamento non sono stati effettuati. L'anticorrosivo contiene inibitori che impediscono la formazione di schiuma. Poiché questi inibitori si consumano nel corso del tempo è necessario cambiare l'anticorrosivo ogni 2 anni e utilizzare il rapporto di miscela corretto.
- Utilizzo di refrigeranti non adatti come acqua salata (acqua di mare), acqua aggressiva o contenente acido o altri liquidi.
- Pressione all'entrata insufficiente nell'impianto di raffreddamento. Motivo: coperchi radiatore non adatti (mantenimento della pressione eccessivo a causa della valvola di sovrappressione difettosa) o difetti di tenuta nell'impianto di raffreddamento. Con una pressione all'entrata conforme alle disposizioni nell'impianto di raffreddamento, la temperatura di ebollizione del refrigerante è maggiore rispetto a quella presente con la pressione atmosferica. La pressione all'entrata non elimina la causa della formazione di bollicine di vapore, ma le bollicine vengono per lo meno ostacolate al momento della loro formazione.
- Utilizzo di anelli di tenuta errati e/o impiego di mastice o silicone sul collare della canna.
- Numero errato di anelli di tenuta.
- Temperatura di esercizio del motore troppo bassa: se un motore non raggiunge la normale temperatura di esercizio a causa di determinate condizioni d'uso o per difetti del termostato, nell'impianto di raffreddamento non si può creare la sovrappressione a causa della minore dilatazione termica del refrigerante. A causa della temperatura di esercizio inferiore i pistoni non subiscono la corretta dilatazione termica e hanno così un gioco maggiore. In entrambi i casi si favoriscono la formazione di bollicine e, quindi, la cavitazione.
- Montaggio di anelli di tenuta nella gola di scarico sul collare canna (fig. 4): In questo punto si possono impiegare anelli di tenuta solo se essi sono esplicitamente previsti dal produttore.



- 1 sporgenza della canna
- 2 anello a tombacco
- 3 gola di scarico
- 4 o-ring

Fig. 4

3.10 | Cilindri e canne cilindro

3.10.4 Usura non uniforme della superficie di scorrimento



Descrizione

- Corrosione sul diametro esterno della canna cilindro (fig. 1).
- La superficie del cilindro presenta un'usura irregolare con singoli punti lucidi e brillanti (fig. 2).
- I pistoni non presentano tracce di danni.
- Il motore ha perso olio nei punti di tenuta, ma in particolare sugli anelli di tenuta radiali.



Fig. 1



Fig. 2

Valutazione

Fenomeni non uniformi e molto lucidi sulle superfici di scorrimento nei cilindri indicano sempre una deformazione del cilindro. In particolare le canne cilindro bagnate o asciutte possono deformarsi subito dopo il montaggio. Le fasce elastiche non possono ermetizzare un cilindro deformato né contro l'olio, né contro i gas di combustione.

L'olio oltrepassa fasce elastiche e arriva nella camera di combustione dove viene bruciato. A causa dei gas di combustione che fluiscono in quantità maggiori sul pistone, aumenta anche la pressione nel basamento. Questa sovrappressione causa una perdita di olio in diversi punti di tenuta sul motore, in particolare sugli anelli di tenuta radiali.

L'olio viene inoltre spinto attraverso la guida della valvola nei canali di aspirazione e gas di scarico. Esso viene poi aspirato dal motore e bruciato o eliminato.

Possibili cause

- Negli alesaggi di base del blocco motore, con le canne cilindro asciutte si verificano spesso notevoli asperità durante il funzionamento a causa della corrosione da contatto (ossido di ferro da ossidazione per attrito, fig.1). Contromisure: pulizia accurata dell'alesaggio di base del cilindro o, se la sola pulizia non risolve il problema, rettifica degli alesaggi di base del cilindro e, successivamente, montaggio delle canne cilindro con maggiorazione esterna*. Le canne cilindro, dalle pareti molto sottili, devono aderire per tutta la lunghezza e per tutta la circonferenza. In caso contrario, le canne cilindro si deformano già in fase di montaggio degli alesaggi di base e tanto più durante il funzionamento. Con canne cilindro asciutte si distingue tra la variante press-fit e la variante slip-fit. Le canne cilindro press-fit sono inserite a forza nel blocco motore e vanno alesate e levigate dopo l'inserimento. Le canne cilindro slip-fit sono già pronte e sono semplicemente inserite nel foro di base. A causa del gioco che, nelle canne slip-fit, rimane presente tra la canna cilindro e l'alesaggio di base del cilindro, questa versione tende ad avere problemi di deformazione e corrosione, a differenza della versione press-fit.
- Serraggio non uniforme o errato delle viti a testa cilindrica.
- Superfici piane disuguali del blocco motore e della testata.

- Filettatura sporca o deformata delle viti a testa cilindrica.
- Utilizzo di guarnizioni testata errate o non adatte.
- Un supporto del collare difettoso nel corpo, una sporgenza della canna errata e una guida canna inferiore deformata e/o deviata possono essere la causa di una notevole deformazione del cilindro.
- Sede della canna cilindro troppo allentata o troppo salda nel corpo (con canne cilindro asciutte).

In particolare per i cilindri con alette:

- problema di allineamento dei cilindri con alette. I cilindri con alette isolati devono essere esattamente paralleli al basamento e alla testata e avere la stessa altezza.
- Deflettori dell'aria mancanti o montati in modo errato.
- I bulloni di fissaggio nelle scanalature entrano in contatto con il basamento.
- Contatto meccanico con il cilindro vicino.
- Superfici di tenuta non allineate sui collettori di aspirazione e dei gas di scarico. I collettori di aspirazione e dei gas di scarico devono essere montati prima del serraggio della testata. Motivo: tutte le superfici di tenuta devono essere allineate, i cilindri con alette e le testate non devono deformarsi durante il serraggio del collettore.

In particolare per i motori senza canne cilindro:

- alesaggi dei cilindri deformati. Determinati motori tendono a deformarsi al montaggio della testata. Se questi motori vengono alesati e levigati normalmente, durante l'esercizio tendono a deformarsi.

Consiglio:

nei blocchi motore senza canne cilindro, con cilindri alesati direttamente nel blocco motore, si consiglia di avvitare un anello spingidisco (premistoppa di levigatura). Questo anello spingidisco ha, fino ai canali acqua, le stesse aperture del blocco motore ed è spesso diversi centimetri. Avvitando e serrando le viti della testata con una determinata coppia di serraggio, l'anello spingidisco genera gli stessi rapporti di tensione di quando la testata verrà montata. Le deformazioni negli alesaggi che si potrebbero eventualmente verificare al serraggio delle viti a testa cilindrica vengono così generate in modo definito e tenute in considerazione durante la lavorazione. In questo modo si garantisce che l'alesaggio rimanga tondo e cilindrico durante il successivo funzionamento del motore (a condizione che la lavorazione sia corretta).

* Per molti motori, Motoservice fornisce canne cilindro con maggiorazione esterna. Per ulteriori dettagli, vedere il catalogo «Pistoni e componenti» di Motoservice

3.10 | Cilindri e canne cilindro

3.10.5 Punti lucidi nel settore superiore della superficie di scorrimento



Descrizione

- La superficie di scorrimento del cilindro presenta punti molto lucidi e brillanti in cui non si riconosce più la struttura di levigatura (fig. 1 e 2).
- Il pistone non presenta tracce di usura.
- Sul bordo della superficie sono presenti depositi carboniosi.
- Consumo di olio maggiore.



Fig. 1

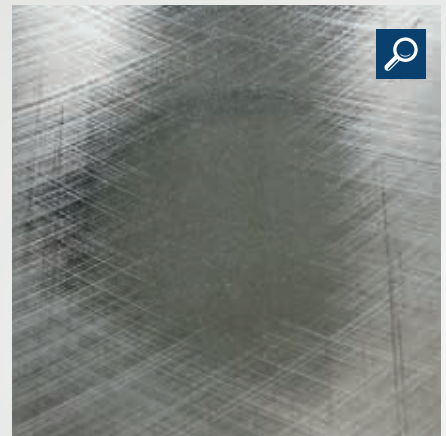


Fig. 2



Fig. 3

Valutazione

Queste tracce di usura si presentano se, durante il funzionamento, si forma un duro strato di depositi carboniosi sul bordo della superficie del pistone a causa dell'olio bruciato e dei residui di combustione (fig. 3). Questo strato ha proprietà abrasive.

Durante il funzionamento determina inoltre maggiore usura nel settore del cilindro a causa dei movimenti verso l'alto e il basso e dell'inversione della corsa del pistone. Il maggiore consumo di olio non è determinato dai punti lucidi stessi. Il cilindro non presenta gravi problemi di ovalizzazione a causa dei punti lucidi e le fasce elastiche continuano a svolgere la loro funzione di ermetizzazione. Nemmeno la lubrificazione del cilindro è compromessa, poiché, nono-

stante la perdita della struttura di levigatura, nei fili in grafite della superficie del cilindro si può tenere ancora olio a sufficienza. Nella valutazione di questo tipo di danno è importante che, nel presente caso, i punti lucidi si presentino solo in punti del cilindro che, durante il funzionamento, entrano in contatto con il bordo della superficie cospiciata. Se i punti lucidi sono presenti anche in punti non in contatto con il bordo della superficie, la causa del danno è invece:

- una deformazione del cilindro (ved. capitolo «Usura non uniforme del cilindro»),
- un ingolfamento (ved. capitolo «Usura dei pistoni, delle fasce elastiche e dei cilindri causata da ingolfamento»),

- la penetrazione di sporco (ved. capitolo «Usura dei pistoni, delle fasce elastiche e dei cilindri a causa dello sporco»).

Possibili cause

- Penetrazione eccessiva di olio motore nella camera di combustione a causa di un turbocompressore difettoso, di una separazione dell'olio insufficiente durante lo sfato del motore, di guarnizioni dello stelo della valvola difettose, ecc.
- Sovrappressione nel basamento a causa di una maggiore emissione di gas trafilati o di una valvola di sfato del basamento difettosa.
- Trattamento finale del cilindro insufficiente e, quindi, maggiore penetrazione di olio nella camera di combustione (ved. capitolo «Usura delle fasce elastiche poco dopo la revisione del motore»).
- Utilizzo di oli motore non approvati o di oli motore di scarsa qualità.

3.10 | Cilindri e canne cilindro

3.10.6 Cricca nella canna cilindro dovuta all'urto del liquido



Descrizione

- Nel settore superiore la canna cilindro presenta un forte danneggiamento da cricche e punti di grippaggio sulla superficie di scorrimento (fig. 2 e 3).
- Sono presenti tracce di grippaggio sul lato mandata e su quello di contropressione.
- Nel cielo del pistone: nel settore in cui sono presenti i punti di grippaggio si è formato un incavo infossato (fig. 4).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

Valutazione

La canna cilindro ha subito un urto del liquido durante il funzionamento. L'elevata pressione del liquido ha fatto saltare la canna cilindro e spinto una camera nel cielo del pistone.

Il materiale del pistone è stato così schiacciato verso l'esterno. Questo ha portato a una forte limitazione del gioco in corrispondenza dell'alesaggio.

Non è più possibile ricostruire se l'urto del liquido è avvenuto durante il funzionamento o all'avviamento motore.

Possibili cause

- Aspirazione non intenzionale di acqua all'attraversamento di acqua alta oppure causata dagli spruzzi di masse d'acqua più grandi da parte dei veicoli precedenti o vicini.
- Funzionamento a pieno carico del cilindro a motore fermo con:
 - refrigerante, a causa di difetti di tenuta della guarnizione testata o cricche nei componenti.
 - carburante a causa di iniettori non a tenuta. La pressione residua nel sistema di iniezione si scarica attraverso l'iniettore non a tenuta nel cilindro. Il danno si verifica in fase di avviamento.

3.11 | Consumo di olio maggiore

3.11.1 Informazioni generali sui consumi di olio

Il consumo totale di olio di un motore è composto essenzialmente dal consumo di olio (olio bruciato nella camera di combustione) e dalla perdita di olio (difetti di tenuta). Il consumo di olio che, attraverso le fasce elastiche e la parete del pistone, raggiunge la camera di combustione riveste oggi un ruolo subordinato. Grazie alla continua evoluzione dei componenti del motore, è stato possibile migliorare e ottimizzare ancora di più le composizioni dei materiali e i processi di produzione, nonché ridurre l'usura dei cilindri, dei pistoni, delle fasce elastiche e in ultima analisi il consumo di olio. I chilometraggi elevati che possono attualmente essere raggiunti e il numero minore di danni agli organi del manovellismo dimostrano questo fatto.

Il consumo di olio che raggiunge la camera di combustione non può però essere del tutto evitato, ma può comunque essere minimizzato: i partner di scorrimento pistone, fasce elastiche e superficie di

scorrimento cilindro necessitano di una costante lubrificazione per assicurare un funzionamento senza problemi. Durante la combustione, il velo di olio che rimane sulla parete del cilindro è esposto alla combustione calda. A seconda della potenza del motore, del carico, della qualità dell'olio motore e della temperatura viene fatto evaporare o viene bruciato più o meno olio motore.

L'usura su pistoni, fasce elastiche e cilindri e il conseguente maggiore consumo di olio nella grande maggioranza dei casi non dipendono dai componenti stessi.

Quasi sempre un evento esterno causa l'usura dei componenti: disturbi di combustione causati da errori nella preparazione della miscela, lo sporco che penetra nel motore dall'esterno, un raffreddamento motore insufficiente, la mancanza di olio, oli di cattiva qualità ed errori di montaggio. Descrizioni dettagliate dei danni che riguardano pistoni e cilindri sono riportate nelle pagine successive.



Avvertenza:

Si rimanda alla brochure appositamente dedicata a «consumo di olio e perdita di olio».

3.11.2 Errore di montaggio dell'anello raschiaolio



Descrizione

- Le fasce elastiche e i pistoni non presentano tracce di usura (fig. 1).
- Le estremità dell'anello raschiaolio a 3 componenti e della molla a espansione sono danneggiati.
- Il fondo della scanalatura dell'anello raschiaolio è graffiato.



Fig. 1

Valutazione

A causa del montaggio sovrapposto della molla a espansione, la lunghezza della circonferenza viene ridotta. Conseguenza: la molla a espansione si rompe e/o la

tensione per le lamelle si perde. Le lamelle non aderiscono più alla parete del cilindro e non sono più in grado di raschiare l'olio.

L'olio si trova nella camera di combustione e qui brucia. Conseguenza: consumo di olio eccessivo.

Possibili cause

- Anelli raschiaolio difettosi.
- Errore di installazione.

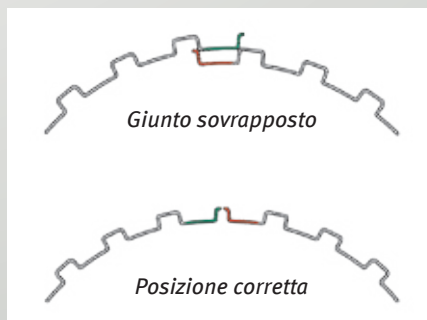


Fig. 2



Attenzione:

I due colori della molla a espansione devono essere visibili dopo il montaggio degli anelli a lamelle. Questo contrassegno va quindi sempre controllato prima del montaggio dei pistoni nell'alesaggio (anche con le fasce elastiche premontate) (fig.2).

3.11 | Consumo di olio maggiore

3.11.3 Usura dei pistoni, delle fasce elastiche e della superficie di scorrimento cilindro causata dallo sporco



Descrizione

- Pistoni: portanza opaca sul bordo della superficie e il mantello del pistone con sottili scanalature longitudinali.
- Tracce di usura da rotolamento sul mantello.
- Fianchi delle scanalature anulari usurati, in particolare in corrispondenza della prima fascia elastica (fig. 2).
- Gioco in altezza delle scanalature anulari eccessivo, in particolare quello della prima fascia elastica.

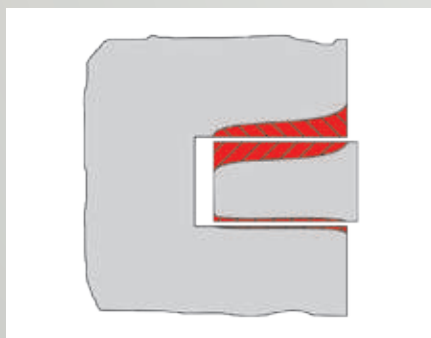


Fig. 2



Fig. 1

Fig. 3

Valutazione

Le scanalature sul pistone e sulle fasce elastiche, una portanza opaca sul mantello del pistone, tracce di rotolamento sui fianchi della fascia elastica (fig. 4 e 5) sono sempre conseguenze di corpi estranei abrasivi nel circuito dell'olio. Le fasce elastiche usurate sulle superfici di scorrimento e sui fianchi non sono più in grado di ermetizzare a sufficienza i cilindri contro la penetrazione di olio nella camera di combustione. Contemporaneamente la pressione nel basamento aumenta a causa dei gas di

scarico che fluiscono nel pistone. Possibile conseguenza: fuoriuscita di olio maggiore dagli anelli di tenuta radiali, dalle guarnizioni dello stelo della valvola e da altri punti di tenuta. Le tracce di rotolamento sulle fasce elastiche si formano se le particelle di sporco si accumulano nella scanalatura anulare. La fascia elastica si sposta quindi sempre di più sui frammenti di sporco durante la sua rotazione nella scanalatura, causando le tracce caratteristiche.

Possibili cause

- Particelle di sporco smerigliate che raggiungono il motore insieme all'aria di aspirazione a causa dello scarso filtraggio, per es.:
 - filtro aria assente, difettoso, deformato o sottoposto a manutenzione errata.
 - Punti non a tenuta nel sistema di aspirazione, ad es. flangia deformata, guarnizioni assenti o tubi flessibili difettosi o porosi.
- Particelle di materiale asportato per attrito che si formano nella fase di rodaggio del motore e che, al successivo cambio dell'olio, ritornano nei partner di scorrimento attraverso il circuito dell'olio, causando l'usura. Tuttavia, gli elementi maggiormente danneggiati sono gli affilati bordi che raschiano l'olio delle fasce elastiche.
- Particelle di sporco che non sono state completamente eliminate alla revisione del motore. Durante la revisione, i componenti del motore subiscono spesso trattamenti di sabbiatura o pallinatura per eliminare i duri depositi o residui di combustione dalle superfici. Se i prodotti utilizzati si accumulano nel materiale e non vengono eliminati correttamente, si possono staccare durante il funzionamento del motore, causando usura abrasiva. Nella fig. 6 e 7 questo tipo di danno provocato dallo sporco è stato esaminato in laboratorio con il microscopio a luce polarizzata. Si notano chiaramente i frammenti del materiale utilizzato per la pallinatura o addirittura piccole sfere di vetro.

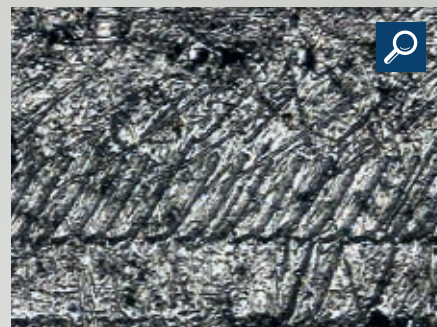


Fig. 4



Fig. 5

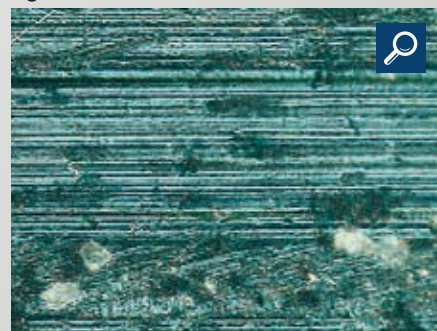


Fig. 6

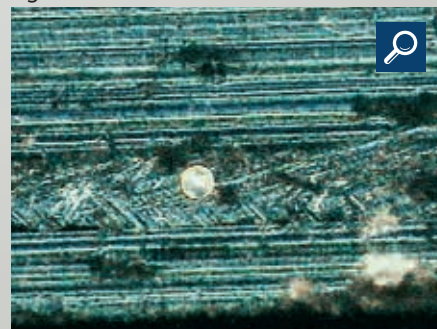


Fig. 7

3.11 | Consumo di olio maggiore

3.11.4 Usura dei pistoni, delle fasce elastiche e dei cilindri causata da ingolfamento



Descrizione

- Il pistone presenta evidenti tracce di usura sul bordo della superficie e sul mantello del pistone.
- Sul mantello del pistone si vedono punti di frizione, caratteristici di un ciclo a secco in seguito a un ingolfamento.
- Le fasce elastiche presentano una forte usura radiale (fig. 1). Entrambi gli elementi di raccordo (superfici portanti) dell'anello raschiaolio sono logorati (fig. 2). Per un confronto cfr. fig. 3: profilo di un anello raschiaolio nuovo e vecchio (anello raschiaolio con smussi opposti).
- Consumo di olio maggiore.

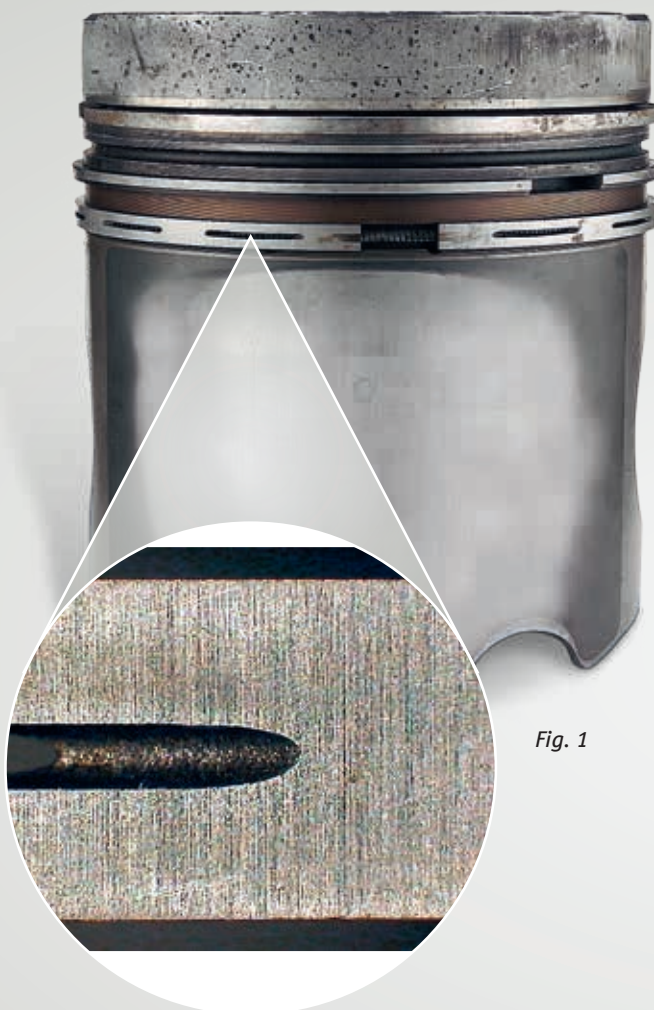


Fig. 1

Fig. 2



Fig. 3

Valutazione

L'ingolfamento causato da disturbi di combustione porta sempre a un danneggiamento del velo di olio che, a sua volta, causa dapprima una quota di attrito misto maggiore e, quindi, l'usura delle fasce elastiche in breve tempo. Solo quando il velo di olio è talmente danneggiato dal carburante da determinare una lubrificazione insufficiente, si formano le caratteristiche zone usurate dal carburante (ved. capitolo «Segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco causato da ingolfamento»).

A causa della lubrificazione sempre meno efficace si forma una notevole usura sulle fasce elastiche, sulle relative scanalature e sulle superfici di scorrimento cilindro. Nello stadio iniziale il mantello del pistone è meno danneggiato, poiché esso viene alimentato con olio sempre nuovo e lubrificante dagli organi del manovellismo. Solo quando i pezzi di materiale asportato per attrito dall'area della corsa dei pistoni si mischiano sempre di più con l'olio lubrificante e l'olio lubrificante perde

portanza a causa della crescente diluizione olio, l'usura si estende a tutti i partner di scorrimento del motore. Sono interessati in particolare i perni dell'albero motore e anche i perni del pistone.

Possibili cause

- Frequente esercizio su brevi tratti e, quindi, diluizione olio con carburante.
- Miscela del refrigerante nell'olio motore.
- Scarsa qualità dell'olio motore.
- Ingolfamento causato da combustione non completa dovuta a errori nella preparazione della miscela.
- Problemi nell'impianto di accensione (mancata accensione).
- Pressione di compressione insufficiente o cattivo riempimento a causa di fasce elastiche usurate o rotte.
- Misura della sporgenza pistone errata: il pistone sbatte contro la testata. Nei motori diesel a iniezione diretta, le vibrazioni e le conseguenti oscillazioni causano l'iniezione incontrollata degli iniettori e, quindi, un ingolfamento nel cilindro (vedere capitolo «Tracce di urti sulla testa del pistone»).
- Cattivo riempimento a causa del filtro aria ostruito.
- Iniettori difettosi e non a tenuta.
- Pompa di iniezione difettosa o non regolata correttamente.
- Tubazioni di iniezione posate in modo errato (oscillazioni).
- Cattivo riempimento a causa di un turbocompressore difettoso o usurato.
- Cattiva qualità del carburante (cattiva accensione spontanea e combustione incompleta).

3.11 | Consumo di olio maggiore

3.11.5 Usura delle fasce elastiche poco dopo la revisione del motore



Descrizione

- I pistoni non presentano tracce di usura.
- Dal punto di vista della superficie, le fasce elastiche non presentano usura visibile. Osservando con più attenzione: si nota che i bordi che raschiano l'olio sono usurati in modo inconsueto, specialmente sui bordi inferiori (ved. ingrandimento)
- Bavatura rilevante sul bordo inferiore della superficie di scorrimento pistone.

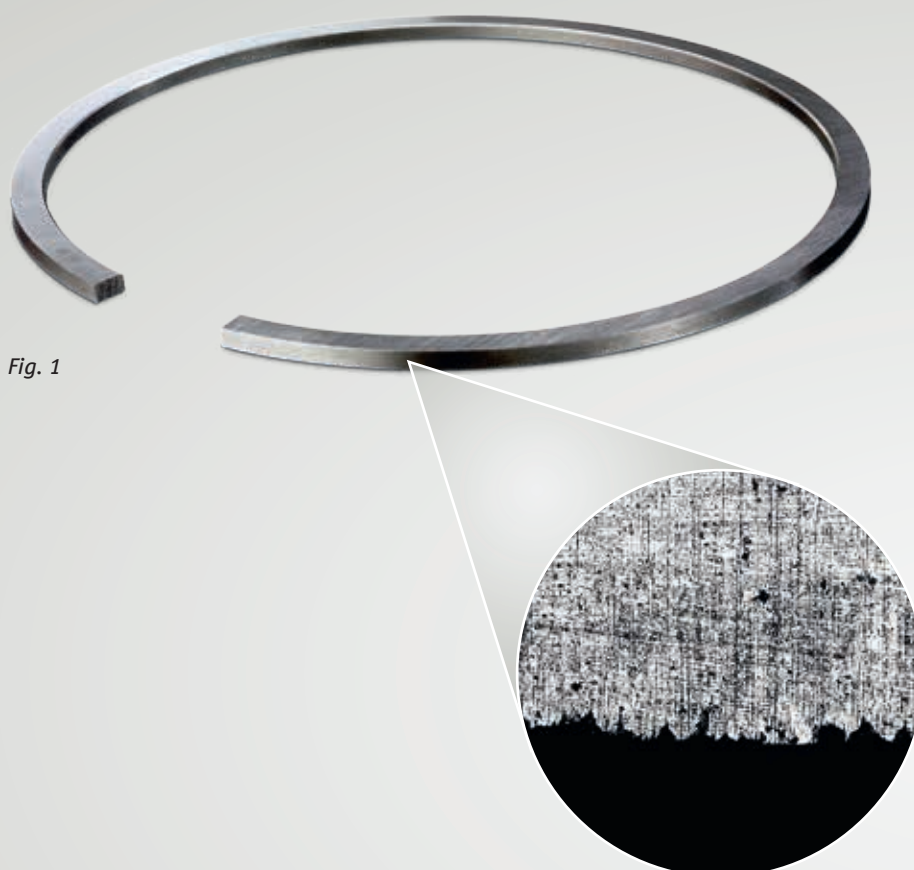


Fig. 1

Valutazione

A causa del bordo inferiore usurato delle fasce elastiche, tra le superfici di scorrimento delle fasce elastiche e la superficie di scorrimento cilindro si formano elevate forze idrodinamiche (fig. 2). Questo fenomeno si verifica per effetto della cosiddetta formazione di cunei di olio.

Le fasce elastiche galleggiano sul velo di olio durante il movimento verso l'alto e il basso del pistone e vengono leggermente sollevate dalla superficie di scorrimento cilindro. Una quantità maggiore di olio lubrificante raggiunge quindi la camera di combustione e viene bruciata.

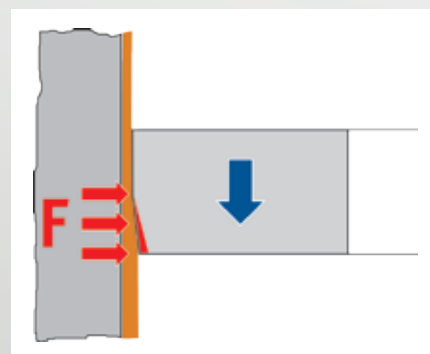


Fig. 2

Possibili cause

La bavatura si forma se le fasce elastiche non trovano rapporti ottimali dopo la revisione del motore. I motivi risiedono soprattutto in un trattamento finale del cilindro insufficiente o non adatto. Se alla levigatura finale si utilizzano pietre abrasive smussate o se si lavora esercitando una pressione eccessiva, sulla parete del cilindro si formano bavature e rilievi che piegano nella direzione della lavorazione. (fig. 3). Queste punte metalliche piegate (in questo caso si parla di formazione dell'involucro di lamiera) causano un maggiore attrito nella fase di rodaggio e impediscono che l'olio motore possa accumularsi nei sottili fili in grafite. Se queste bavature non vengono eliminate con un trattamento conclusivo (il cosiddetto plateau honing), durante la fase di rodaggio si verifica un'usura precoce sui bordi delle fasce elastiche. Le fasce elastiche contribuiscono involontariamente all'erosione dell'involucro di lamiera e alla pulizia dei fili in grafite. Tuttavia, questo porta all'usura dei bordi delle fasce elastiche e alla citata bavatura. Stando alla nostra esperienza, una bavatura così formata sul bordo delle fasce elastiche si consuma con molta fatica. Le fasce elastiche danneggiate devono essere sostituite.

Un secondo set di fasce elastiche montato come ricambio garantisce rapporti di scorrimento molto più vantaggiosi, se non normali. Il primo set di fasce elastiche ha infatti consumato lo svantaggioso strato marginale della superficie di scorrimento cilindro e l'involucro di lamiera causando l'usura. Dopo la sostituzione delle fasce elastiche il consumo di olio si normalizza. Così, nella maggior parte dei casi si ritiene erroneamente che la causa di tutto sia una cattiva qualità dei materiali delle prime fasce elastiche montate.

La fig. 4 mostra un ingrandimento al microscopio attraverso il taglio della superficie del cilindro dopo una levigatura inadatta della superficie di scorrimento del cilindro (involucro di lamiera). La fig. 5 mostra la superficie dopo il plateau honing. Le bavature e le punte sono state completamente eliminate e i fili in grafite sono stati messi allo scoperto. Qui le fasce elastiche trovano subito buone condizioni per un rodaggio e hanno una lunga durata. Risultati particolarmente positivi si ottengono creando il plateau con lo spazzolamento di levigatura.



Fig. 3

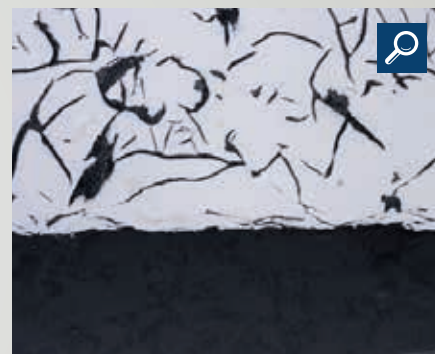


Fig. 4



Fig. 5

3.11 | Consumo di olio maggiore

3.11.6 Portanza asimmetrica del pistone



Descrizione

Fig. 1:

- La portanza del pistone è asimmetrica per tutta l'altezza del pistone.
- Il bordo della superficie è lucidato a fondo sul lato sinistro del pistone oltre l'alesaggio dei perni, mentre sul lato opposto si vedono tracce di urto sul bordo inferiore del pistone.
- L'anello di tenuta superiore mostra una portanza non uniforme.

Fig. 2:

- Disallineamento con centro dell'usura sul bordo inferiore destro del pistone, in prossimità della cavità per l'iniettore di olio refrigerante e sotto l'alesaggio del perno del pistone.



Fig. 1



Fig. 2

Valutazione

Queste portanze asimmetriche indicano un disallineamento del pistone nel cilindro e una mancanza di parallelismo tra l'asse del perno del pistone e l'asse albero motore. Le fasce elastiche non sono in grado di svolgere la loro funzione di ermetizzazione a causa del posizionamento errato sul cilindro. I gas di combustione caldi fluiscono e riscaldano eccessivamente le

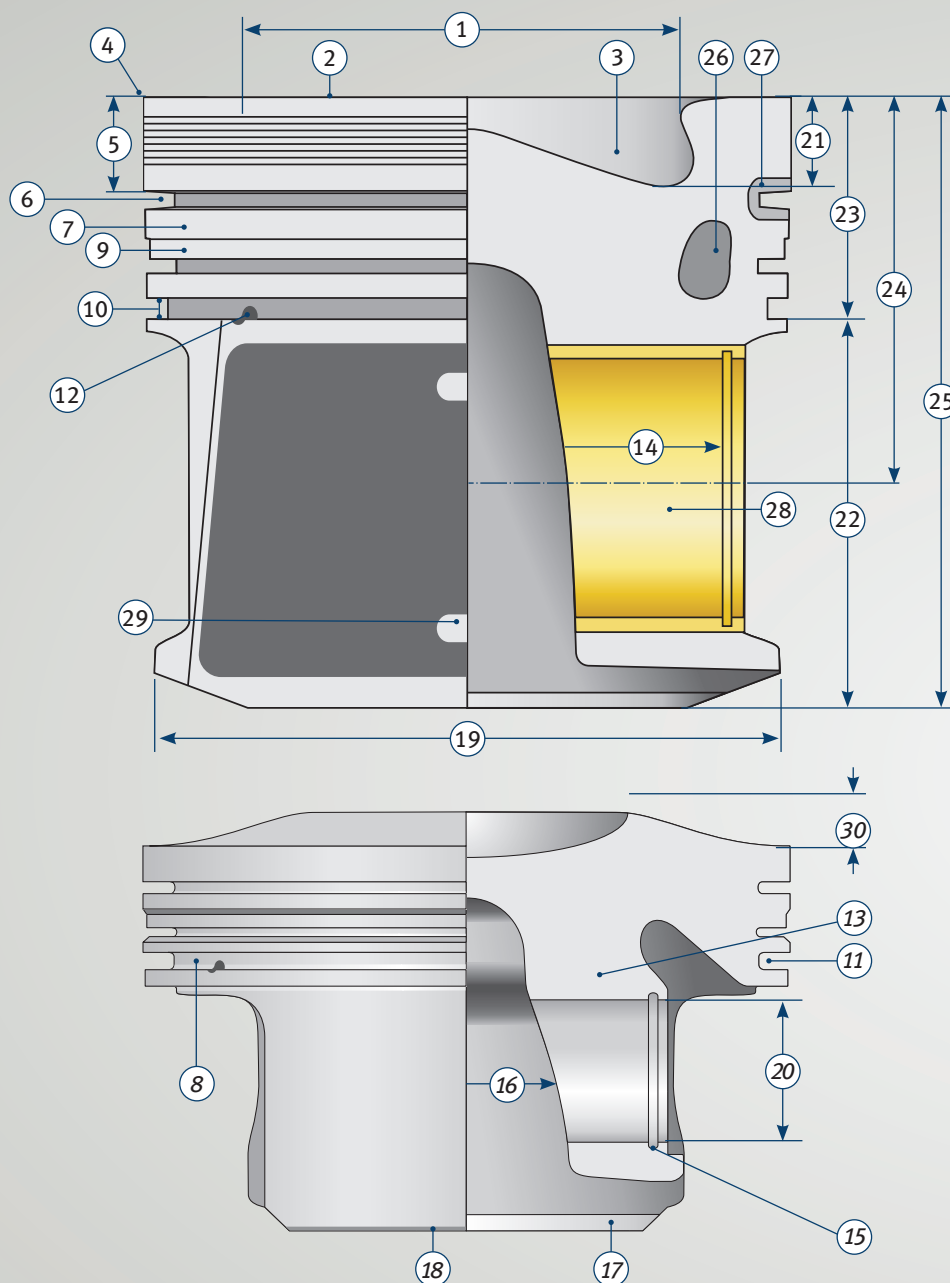
fasce elastiche e la parete del cilindro. In questo modo il velo di olio si riduce. Questo può portare ai segni di grippaggio dovuti al ciclo a secco. A causa del disallineamento del pistone nel cilindro e dei relativi movimenti verso l'alto e il basso, sulle fasce elastiche si sviluppa un effetto pompante che convoglia l'olio nella camera di combustione e provoca un maggiore

consumo di olio. In determinate circostanze il perno del pistone subisce una spinta assiale. Questo può causare l'usura o la rottura del fermo perno (ved. capitolo «Danni ai pistoni dovuti a fermi perno rotti»).

Possibili cause

- Fusti della biella piegati o torti.
- Occhi della biella con alesaggi inclinati.
- Alesaggio del cilindro non ortogonale rispetto all'asse dell'albero motore.
- Cilindro singolo montato in modo errato (deformazioni al montaggio).
- Perni di biella non paralleli rispetto all'asse dell'albero motore.
- Occhi della biella con alesaggio inclinato (mancato parallelismo degli assi).
- Gioco del cuscinetto di biella eccessivo, in particolare in combinazione con fusti della biella asimmetrici (spostamento centrale tra occhio della biella e cuscinetto di biella grande).

4 | Glossario – Termini tecnici e denominazioni sul pistone



- 1 Ø camera
- 2 Cielo del pistone
- 3 Camera
- 4 Bordo del cielo
- 5 Bordo della superficie (elemento di raccordo cielo)
- 6 Scanalatura per segmento di compressione
- 7 Colletto
- 8 Fondo della scanalatura
- 9 Colletto spostato indietro
- 10 Fianchi della scanalatura

- 11 Scanalatura per anello raschiaolio
- 12 Foro di ritorno dell'olio
- 13 Alesaggio del perno del pistone
- 14 Fissaggio per distanza tra scanalature
- 15 Scanalatura per anello di sicurezza
- 16 Distanza alesaggio
- 17 Adattamento
- 18 Bordo inferiore del mantello
- 19 Diametro pistone 90° rispetto all'alesaggio del perno del pistone
- 20 Alesaggio del perno del pistone

- 21 Profondità camera (MT)
- 22 Parte del mantello
- 23 Parte della fascia elastica
- 24 Altezza di compressione
- 25 Lunghezza pistone
- 26 Canale di raffreddamento olio
- 27 Trave anulare
- 28 Collare del perno del pistone
- 29 Ø finestra di misurazione
- 30 Bombatura cielo (BÜ)

Spiegazione dei termini tecnici

Abrasivo

Levigante/smerigliante.

Accensione per incandescenza

Accensione spontanea della miscela di aria e carburante prima del vero processo di accensione da parte della candela di accensione. L'accensione per incandescenza viene avviata dai componenti che accendono (guarnizione testata, candela di accensione, valvola di scarico, depositi carboniosi o simili).

Andamento della rottura

Direzione della rottura.

Asimmetrico

Non speculare, non simmetrico.

Attrito misto

Fenomeno che si verifica se il velo di olio si riduce tra due partner di scorrimento separati meccanicamente uno dall'altro da un velo di olio. Singoli rilievi di materiale del partner di scorrimento entrano così in contatto con le punte del materiale dell'altro e sfregano tra di loro. L'attrito misto viene chiamato anche attrito semi-fluido.

Battito continuo

Combustione con battito che si arresta sempre durante il funzionamento del motore.

Biella a contrazione

Biella in cui il perno del pistone è collegato saldamente alla biella. Nel gruppo del pistone con la biella, l'occhio della biella si scalda e il perno del pistone si raffredda notevolmente. A causa del ritiro del perno e della dilatazione dell'alesaggio della biella si forma un interstizio che consente di inserire manualmente il perno del pistone. Con il successivo raffreddamento o riscaldamento dei componenti il gioco viene eliminato e il perno del pistone si incastra nella biella. Il pistone non deve essere riscaldato alla contrazione del perno nell'occhio della biella.

Bombatura

Forma leggermente a botte del pistone nel settore del mantello.

Camera a turbolenza

Parte della camera di combustione nei motori diesel a iniezione indiretta. A differenza della precamera, l'apertura di uscita della camera è più grande e sbocca in modo tangenziale nella camera a turbolenza. In fase di compressione l'aria che entra nella camera gira in vortice a causa della forma della camera a turbolenza. Questo è utile per una buona combustione.

Cavitazione

Cavità dei materiali bagnati dall'acqua o da altri liquidi. Con la formazione di una depressione e la temperatura sulla superficie si formano bollicine di vapore (come nell'ebollizione), che però scoppiano subito. Allo scoppio la colonna d'acqua rimbalza sul materiale con una forte energia cinetica, staccando particelle minuscole di materiale dalla superficie. La formazione di bollicine può essere causata da oscillazioni, ma anche da una forte depressione.

Cedimento del materiale

Modifica della struttura e, conseguentemente, della forma del mantello con il pistone in uso (ved. Glossario «Gioco di montaggio del pistone»).

Cilindro con alette

Cilindri nei motori principalmente raffreddati ad aria dotati, sul lato esterno, di alette di raffreddamento per il raffreddamento motore.

Common Rail

Termine usato per indicare i sistemi diesel a iniezione diretta del tipo più moderno. Gli iniettori ad azionamento elettrico vengono alimentati da un listello di iniezione comune (rail) con carburante ad alta pressione.

Diluizione olio

Si parla di diluizione olio se l'olio viene diluito dal carburante. Cause: frequente esercizio su brevi tratti, errori nella preparazione della miscela, difetti nell'impianto di accensione o compressione insufficiente a causa di problemi meccanici al motore. Il carburante incombusto sbatte contro la parete del cilindro, qui si miscela con l'olio e raggiunge così anche la coppa dell'olio. La viscosità e il potere lubrificante dell'olio diminuiscono, mentre l'usura e il consumo di olio aumentano.

Direttive sui gas di scarico

Disposizioni nazionali o internazionali per limitare le emissioni dei gas di scarico degli autoveicoli.

Direzione di inclinazione

Senso di rotazione intorno all'asse del perno del pistone. Poiché il pistone non ruota intorno al proprio asse, ma si inclina semplicemente nel cilindro, si parla di direzione di inclinazione.

Disallineamento

Pistone che si è angolato a causa di una biella torta o piegata nel cilindro e che presenta una portanza caratteristica asimmetrica allo smontaggio.

Disassamento

Spostamento costruttivo di pochi decimi di millimetro dell'asse del perno del pistone verso il lato mandata del pistone. L'inversione della corsa del pistone nel punto morto superiore viene così effettuata prima della combustione vera e propria. Per questo l'inversione della corsa del pistone avviene con una rumorosità minore e in modo più dolce di quanto avverrebbe in presenza di una combustione avviata e in caso di sollecitazione molto maggiore. Nei motori diesel il disassamento del perno del pistone può avvenire anche sul lato di contropressione per motivi termici.

Erosione

Asportazione del materiale per effetto dell'energia cinetica delle sostanze (solide, liquide o gassose) che agiscono sulla superficie.

Fabbisogno di ottani

Il fabbisogno di ottani di un motore è dato dalle caratteristiche costruttive di quest'ultimo. Esso aumenta al crescere del rapporto di compressione, della temperatura del motore, dell'anticipo dell'accensione, del riempimento, del carico del motore e della struttura sfavorevole della camera di combustione. Il numero di ottano di un motore (NOMM, numero di ottano «motor method») deve essere sempre inferiore di alcuni punti rispetto al numero di ottano del carburante a disposizione per evitare un funzionamento con battito del motore in tutti gli stati di esercizio.

Fase di espansione

Ciclo di lavoro.

Fila di scorie

Residui delle scorie che si accumulano nel materiale in caso di deformazione termica di componenti del motore durante la produzione (valvole, perni del pistone, ecc.). In determinate circostanze causano un indebolimento del materiale ed eventualmente anche una rottura durante il successivo funzionamento del motore.

Fili in grafite

Deposito di grafite nel substrato con un pezzo fuso in grafite lamellare (ghisa grigia). Se, al trattamento finale del cilindro, i fili lamati vengono puliti con lo spazzolamento di levigatura, qui si può accumulare l'olio per la lubrificazione dei pistoni.

Frattura di fatica

Rottura che non si forma improvvisamente a causa del sovraccarico del materiale, ma si sviluppa in modo più o meno veloce. La velocità di rottura può andare dai pochi secondi ad alcune ore o alcuni giorni. La rottura inizia a causa di un inizio di cricatura, un danno o delle oscillazioni. Un tratto caratteristico delle fratture di fatica è che la superficie della frattura

non è uniformemente grigia e opaca, ma presenta retinature che testimoniano il proseguimento graduale della rottura.

Formazione dell'involucro di lamiera

Torsione del materiale sulla superficie di scorrimento del cilindro che si forma a causa di pietre abrasive smussate o di un'espansione eccessiva delle pietre abrasive.

Gioco del pistone

Il gioco del pistone si regola secondo la dilatazione termica dei componenti durante il funzionamento. Il pistone subisce una modifica della forma a causa delle relative caratteristiche costruttive e dei diversi spessori di parete al riscaldamento. Il pistone si dilata così maggiormente in corrispondenza di spessori del materiale più grandi, cosa che viene tenuta in considerazione in fase di costruzione.

Gioco di montaggio del pistone

Gioco tra il pistone e il cilindro che garantisce la scorrevolezza del nuovo pistone nel cilindro durante il montaggio e il funzionamento.

Il nuovo pistone si deforma ancora in modo permanente durante le prime ore di esercizio. In questo caso si parla di cedimento. Da un lato, questo è causato dal riscaldamento e, quindi, da nuovi cambiamenti della struttura, dall'altro dalla sollecitazione meccanica. La dimensione massima del pistone, che viene raggiunta sempre nel settore del mantello, è quindi soggetta ad altre modifiche delle misure che hanno effetti diversi a seconda della forma costruttiva, della composizione del materiale e della sollecitazione specifica. Si tratta di una caratteristica operativa perfettamente normale dei pistoni in alluminio e non rappresenta quindi motivo per una contestazione. Il mantello del pistone si deforma plasticamente anche in caso di danni ai pistoni causati da una lubrificazione insufficiente, da un surriscaldamento o da un sovraccarico del motore. Questo determina deformazioni e modifiche delle misure ancora maggiori. In caso di danni, il gioco di montaggio del pistone viene spesso utilizzato per la valutazione dell'usura o i giochi di montaggio

vengono poi erroneamente ricalcolati, anche se il pistone non è più della forma e non ha più le dimensioni presenti quando era ancora nuovo. La dimensione massima del pistone sul mantello viene spesso giudicata troppo piccola e sembra provare la presenza di usura sul pistone, anche se le sottili scanalature di lavorazione o il rivestimento sul mantello del pistone si sono mantenuti completamente.

Queste dimensioni del pistone, rilevate su un pistone in uso, e i giochi di montaggio calcolati conseguentemente non servono a valutare né la qualità del lavoro di manutenzione motore, né la qualità del materiale e le misure del pistone nello stato nuovo.

Se il gioco di montaggio è troppo piccolo, si possono in realtà solo verificare segni di grippaggio dovuti al gioco (ved. capitolo «Segni di grippaggio dovuti al gioco»). Se il gioco di montaggio è troppo grande, nello stato freddo del motore si verifica una rumorosità leggermente maggiore a causa della maggiore inclinazione del pistone. Non vi possono quindi essere segni di grippaggio dovuti al pistone, un consumo di olio maggiore, né altri danni.

Il gioco di montaggio non va confuso con il gioco del pistone. Il gioco si regola solo secondo la dilatazione termica del pistone e non può essere misurato.

Gruppo

Set di riparazione composto dalla canna del cilindro e dal pistone.

Inclinazione del pistone

Inversione della corsa del pistone nel cilindro dal lato mandata al lato di contropressione e viceversa. L'inclinazione del pistone è il secondo rumore più forte nel motore alternativo a combustione interna dopo il rumore di combustione.

Ingolfamento

Apporto eccessivo di carburante nella camera di combustione. Il carburante sbatte contro i componenti a causa della cattiva polverizza-

zione o della miscela eccessivamente ricca e può diluire o lavare il velo di olio sulla superficie di scorrimento cilindro. Conseguenza: lubrificazione insufficiente, formazione di zone usurate o di segni di grippaggio.

Inserto portasegmento

Anello in ghisa (con un'elevata percentuale di nichel) inserito nel pistone in alluminio in cui viene introdotta la prima scanalatura anulare. Il primo anello di tenuta (e talvolta anche il secondo) si trova così in una scanalatura resistente all'usura. In questo modo sono possibili pressioni di lavoro e, quindi, sollecitazioni maggiori. Le travi anulari vengono generalmente utilizzate nei pistoni diesel, secondo il procedimento Alfin.

Interstizio

Spazio che rimane tra il cielo del pistone e la testata nel punto morto superiore del pistone. Durante la revisione di un motore è sempre necessario fare attenzione che l'interstizio rispetti l'indicazione del produttore (a questo proposito ved. Glossario «Sporgenza pistone»). L'interstizio viene chiamato anche misura del piombo, perché esso può essere misurato con l'ausilio di un filo a piombo: In fase di assemblaggio il filo a piombo viene inserito nel cilindro e il motore viene messo una volta in funzione. Il filo a piombo viene premuto e può poi essere controllato. La misura rilevata sulla base del filo schiacciato è la misura del piombo.

Inversione della corsa

Inversione della corsa del pistone nel cilindro dal lato di contropressione al lato mandata e viceversa. Durante il movimento verso l'alto il pistone appoggia sul lato di contropressione del cilindro e si sposta sul lato mandata in corrispondenza del punto morto superiore.

Involucro di lamiera

Materiale staccato e torto che copre la superficie di scorrimento del cilindro in caso di trattamento finale difettoso o incompleto (levigatura/smerigliatura a croce).

Lato di contropressione

Il lato del pistone o del cilindro opposto al lato mandata.

Lato mandata

Il lato del pistone o del cilindro su cui il pistone si sostiene durante la combustione. Il lato mandata si trova sul lato opposto rispetto al senso di rotazione dell'albero motore.

Levigatura

Trattamento finale del cilindro tramite smerigliatura a croce.

Lubrificazione insufficiente

Si ha una lubrificazione insufficiente quando il velo di olio viene ridotto e non è più in grado di svolgere pienamente la sua funzione. Cause: vi è troppo poco olio, il velo di olio sfrega o quest'ultimo è stato diluito con il carburante. Questo porta dapprima a un attrito misto e successivamente anche allo sfregamento o al grippaggio dei componenti.

Lubrificazione tramite centrifugazione dell'olio

Lubrificazione con l'olio che fuoriesce secondo le disposizioni dai punti di appoggio dell'albero motore. Tale olio serve a bagnare e lubrificare dal basso le superfici di scorrimento cilindro con olio.

Motore a iniezione diretta

Motori in cui il carburante viene iniettato direttamente nella camera di combustione.

Movimento verso il basso del pistone

Movimento del pistone verso l'albero motore durante il ciclo di aspirazione e lavoro (motore a 4 tempi).

Movimento verso l'alto del pistone

Movimento del pistone dall'albero motore verso la testata (ciclo di compressione e emissione, nel motore a 4 tempi).

Numero di cetano

Numero distintivo per la qualità di ignizione del

gasolio. La qualità di ignizione è tanto maggiore, quanto più elevato è il numero di cetano.

Numero di ottano

Il numero di ottano di un carburante (NORM, numero di ottano «research method») indica il potere antidetonante di una benzina. Tanto maggiore è il numero di ottano, quanto maggiore è il potere antidetonante del carburante.

Pistone con canale di raffreddamento

Pistone sottoposto a sollecitazioni termiche con un canale di raffreddamento inserito nel cielo del pistone. Durante il funzionamento, in questo canale di raffreddamento viene iniettato olio.

Plateau honing

Trattamento finale nella levigatura del cilindro durante il quale le punte della superficie del materiale vengono staccate e si viene a creare il cosiddetto plateau. In questo modo la superficie viene così levigata, il comportamento del rodaggio viene migliorato e l'usura diminuisce.

Pompa-iniettore

Costruzione speciale nel motore a iniezione diretta diesel in cui l'iniettore e la generazione della pressione (pompa) costituiscono un'unità e sono montati direttamente nella testata. La pressione di iniezione viene generata tramite un pistone pompa che, a differenza della pompa rotativa o di iniezione in linea, viene azionata direttamente dall'albero a camme del motore. Gli iniettori vengono azionati elettricamente. La durata e la quantità di iniezione sono regolate elettronicamente da una centralina di comando.

Portanza del pistone

Fenomeno sul mantello del pistone dove quest'ultimo poggia sul cilindro.

Potere antidetonante

Resistenza della benzina all'accensione spontanea.

Precamera

Parte della camera di combustione nei motori diesel a iniezione indiretta. Il carburante viene iniettato nella precamera in punto in cui si accende. A causa della sovrappressione che si forma nella precamera il pistone si muove verso il basso.

Press-fit

Canna cilindro asciutta che viene premuta nell'alesaggio di base del cilindro con l'ausilio di uno speciale lubrificante adatto allo scopo. In questo caso si tratta (tranne alcune eccezioni) di una canna semi-finished. L'alesaggio deve cioè essere ultimato in seguito con la perforazione e la levigatura.

Vantaggio: la canna è salda nell'alesaggio di base del cilindro.

Primi segni di grippaggio

Stadio preliminare dei segni di grippaggio in caso di mancanza di olio lubrificante o di incipiente limitazione del gioco.

Problema di allineamento della biella

Mancanza di parallelismo tra l'asse dell'albero motore e l'asse del perno del pistone.

Punto morto

Punto in cui il senso di rotazione del pistone viene invertito durante il movimento verso l'alto e il basso nel cilindro. Si distingue tra punto morto inferiore e superiore.

Quota di liberazione grafite

Numero dei fili in grafite liberati tramite lo spazzolamento di levigatura. Un valore utilizzabile è $\geq 20\%$.

Regolazione Lambda

Dispositivo di regolazione nell'elettronica del motore a benzina per controllare e regolare la composizione della miscela.

Retinature

Linee che si trovano sulla superficie della frattura di fatica e sono causate dall'avanzamento più o meno veloce della rottura. La rottura avviene gradualmente. Per ogni ulteriore pezzo che si rompe si genera una retinatura. Il

punto di partenza della rottura si trova al centro delle retinature.

Rinforzo in fibra

Rinforzo in fibra del margine della camera nei pistoni dei motori a iniezione diretta del diesel. Prima del processo di colaggio un anello smussato in ossido di alluminio viene inserito nello stampo da fonderia. Esso penetra durante il processo di colaggio dell'alluminio liquido. Il margine della camera ha così una resistenza maggiore alla formazione di cricche. I rinforzi in fibra sono possibili solo durante il processo di fusione in cui l'alluminio viene compresso ad alta pressione (ca. 1000 bar) nello stampo da fonderia.

Rottura violenta

Rottura che, in caso di sovraccarico, si verifica nel giro di poche frazioni di secondo senza l'inizio di una cricatura. Le superfici della frattura sono opache, ruvide e non usurate.

Slip-fit

Canna cilindro asciutta che può essere inserita manualmente nel monoblocco. Questa è normalmente già ultimata. L'alesaggio non deve quindi essere più perforato, né levigato. Svantaggio: presenza di gioco tra la canna cilindro e l'alesaggio di base del cilindro.

Spazzolatura di levigatura

Ultima fase di lavorazione nella levigatura. Le punte e le bavature vengono eliminate dalla superficie del cilindro e i fili in grafite vengono messi allo scoperto e puliti. Grazie alla spazzolatura di levigatura è possibile ottenere una quota di liberazione dei fili in grafite fino al 50%.

Sporgenza pistone

Sporgenza del pistone diesel sopra la superficie di tenuta del blocco cilindri nel punto morto superiore. Le dimensioni della sporgenza rappresentano un elemento importante che va osservato e controllato durante la revisione dei motori, affinché il rapporto di compressione sia corretto e il pistone non urti contro la testata.

Struttura di levigatura

Aspetto tipico della levigatura ottenuto tramite smerigliatura a croce (levigatura).

Superficie di compressione

Parte del cielo del pistone che si avvicina molto alla testata durante il funzionamento. Al termine del ciclo di compressione la miscela viene allontanata dal sempre più stretto settore marginale al centro della camera di combustione. Questo provoca la vorticosità dei gas e una combustione migliore.

Tensione tangenziale

Forza che spinge la fascia elastica nello stato montato contro la parete del cilindro.

Tracce di rotolamento

Tracce di usura sui fianchi delle fasce elastiche che si formano a causa della penetrazione di polvere o sporco nel motore. Lo sporco che si accumula nella scanalatura delle fasce elastiche causa, nella scanalatura e sui fianchi delle fasce elastiche, tracce di usura caratteristiche. Queste si formano perché la fascia elastica ruota durante il funzionamento e così lo sporco graffia le superfici secondo modelli ricorrenti.

Trafilato

Quantità di gas fuoriuscito che, durante la combustione, passa davanti alle fasce elastiche e raggiunge il basamento. La quantità di gas trafiletti è tanto maggiore, quanto peggiore è la qualità delle guarnizioni del pistone nel cilindro. Il valore medio per l'emissione di gas trafiletti è pari all'1% della quantità d'aria aspirata.

Tuning chip

Modifica del software di una centralina di gestione motore per aumentare la potenza del motore.

Zona usurata

Primo contatto tra due partner di scorrimento che si forma a causa di un danneggiamento della pellicola lubrificante. A differenza dei segni di grippaggio, nella zona usurata la superficie ha sì una struttura diversa, ma non è ancora cambiata molto.

Trasferimento di know-how



www.ms-motorservice.com

Consulenza di esperti

Formazione a livello globale
Direttamente dal produttore

Informazioni tecniche
Consigli pratici per il lavoro quotidiano

Video tecnici
Montaggio professionale spiegato in modo chiaro

Prodotti in dettaglio online
Informazioni online sui prodotti

OnlineShop
Accesso diretto ai nostri prodotti

Technipedia
State cercando informazioni tecniche sul motore?

Motorservice App
Accesso mobile al know-how tecnico

Notizie
Informazioni regolari per e-mail

Social Media
Aggiornamento costante



Informazioni personalizzate
Appositamente per i nostri clienti

Motorservice App Accesso mobile al nostro know-how tecnico



Per maggiori
informazioni

www.ms-motorservice.com/app

Partner Motorservice:

Headquarters:

MS Motorservice International GmbH

Wilhelm-Maybach-Straße 14-18

74196 Neuenstadt, Germany

www.ms-motorservice.com

