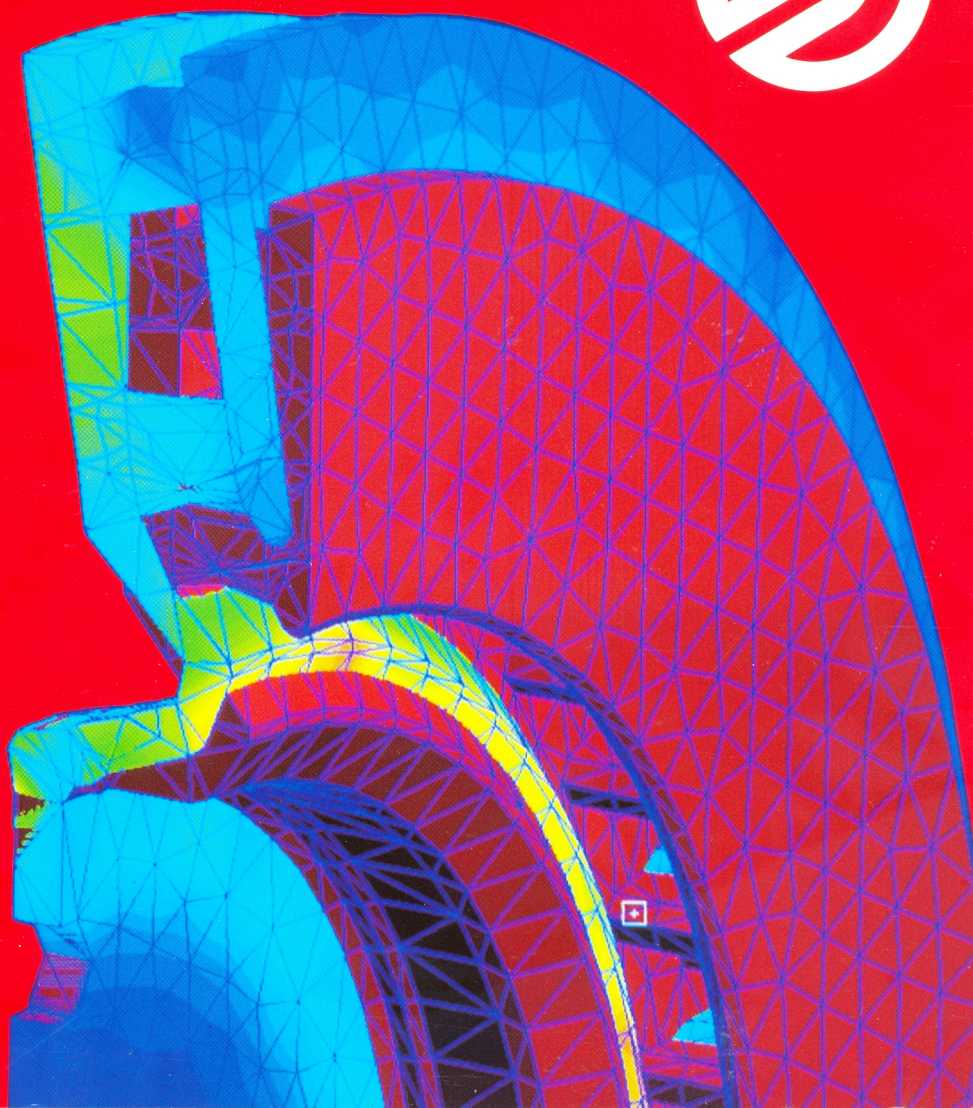
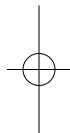
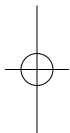
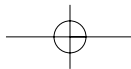


Guida Brembo al montaggio e alla manutenzione del disco freno

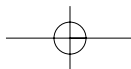




Il Manuale del Disco Freno
di Jean-Paul Pompon
redazione coordinata da Marc Aguetzaz

© Brembo SpA, 1997
© Brembo SpA, 1998
© Brembo SpA, 2006

Design Giordano Conca



Prefazione

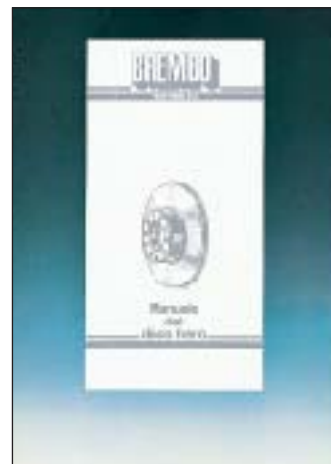
Curno, 15 settembre 1997

Nel giugno del 1985, Brembo pubblicò il suo primo *Manuale del disco freno*. Si trattava di una ventina di pagine che precisavano il ruolo (spesso misconosciuto) del disco nell'impianto frenante "a disco", fornivano indicazioni sul controllo e la manutenzione del disco e sottolineavano le competenze necessarie per produrre un componente in grado di garantire prestazione, sicurezza e durata.

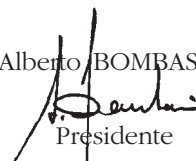
Oggi più che mai, il disco freno è un organo vitale ancora poco conosciuto. Le regole del gioco sono cambiate. L'amianto è stato eliminato dalla composizione delle pastiglie, i veicoli sono più pesanti. Per esempio, la Golf 1.5 del 1974 pesava 780 kg a vuoto, mentre la Golf 3 1.4 pesa 1030 kg. Eppure monta sempre lo stesso disco freno con codice Brembo 08.4177.10 da 239x12 mm. La condizione di questo veicolo non è di per sé critica, ma esistono autovetture nelle quali un'evoluzione analoga porta a oltrepassare i limiti del disco freno. Sarà opportuno cercare di capirne il perché ed è ciò che si propone di fare, tra l'altro, questo *Manuale*. Le vetture sono anche più veloci e silenziose. Gli utenti, più esigenti, sono sempre meno disposti a tollerare rumori e vibrazioni, in passato non sempre percepiti nel rumore di fondo, oggi spesso udibili e raramente accettati.

Ho ritenuto necessario che Brembo riprendesse questo documento per farne uno strumento destinato a spiegare i principi e gli sviluppi del sistema frenante a disco in generale, nonché del disco freno in particolare: come funziona, perché e come si usura, in che modo garantire la manutenzione dei veicoli?

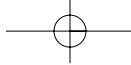
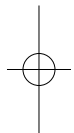
Infatti, montare con competenza un disco freno Brembo, significa assicurare per lungo tempo a tutti i veicoli prestazioni elevate, sicurezza e comfort.



Alberto BOMBASSEI



Presidente



Capitolo 4

CAUSA E CONSEGUENZE DEL DETERIORAMENTO DI UN DISCO: ESEMPI PRATICI

Nei capitoli precedenti, abbiamo trattato, da un punto di vista talvolta teorico, i vari tipi di alterazione e di deterioramento che possono interessare il disco. Possiamo ricordarli classificandoli in quattro gruppi:

- le **modificazioni geometriche**, che possono essere misurate abbastanza facilmente con un calibro a corsoio, un palmer o un comparatore;
- le **modificazioni strutturali**, che possono essere rilevate esaminando la superficie della pista del disco. Questa osservazione può essere fatta a occhio nudo solo se vi è alterazione del colore. Talvolta, è necessaria un'osservazione al microscopio;
- l'**usura** o, piuttosto, le usure, poiché le cause e i risultati sono molteplici;
- le **cricche**, che possono provocare **rottore**.



Abbiamo anche descritto, senza però scendere troppo nei dettagli, i principali **meccanismi** di deterioramento, che combinano le sollecitazioni di origine termica e meccanica.

Descrivendo la **produzione** dei dischi, abbiamo passato in rassegna i vari difetti che potrebbero avere origine da una fabbricazione non sufficientemente controllata: ondulazione, DTV, planarità scorretta, difetto di equilibratura, ma anche composizione della ghisa non adatta o eterogenea.

In questo capitolo, non torneremo sulle conseguenze di queste imperfezioni, poiché gli attuali controlli fanno sì che gli inconvenienti di frenatura dovuti

ad una fabbricazione difettosa siano estremamente rari, dell'ordine di qualche ppm. In compenso, passeremo in rassegna, da un punto di vista molto pratico, i vari difetti e deterioramenti provocati dall'**utilizzo**. La parola utilizzo è intesa in senso lato, poiché prende in considerazione il **montaggio** del disco, le frenate in **condizioni estreme**, l'**usura eccessiva** e il coinvolgimento degli **altri componenti** del freno.

L'esame dei diversi casi di deterioramento dei dischi mostra che la maggioranza di essi avrebbe potuto essere evitata se si fosse prestata maggiore attenzione al montaggio. Questo riguarda non solo certi controlli che è possibile quantificare attraverso misurazioni, ma anche, più semplicemente, un



attento esame visivo dei vari componenti. A titolo di esempio e prima di tentare di classificare i vari tipi e le cause di deterioramento, ecco due casi pertinenti. Trattandosi di casi estremi e poco frequenti, sono stati separati dall'elenco delle situazioni più ricorrenti.

Nel primo caso, il **mozzo è deformato** oppure presenta un'**oscillazione elevata**, a seguito probabilmente di un urto. Il disco è stato montato senza effettuare la riparazione. Un tale montaggio provocherà un progressivo aumento delle vibrazioni in frenata. Se l'oscillazione fosse particolarmente rilevante, tali vibrazioni potrebbero essere percepite fin dalle prime frenate. Le illustrazioni mostrano che il disco, in posizione obliqua, si è consumato di sbieco, prima su un lato e, dopo un mezzo giro, sull'altro. Un esame visivo o condotto con l'ausilio di un comparatore permette di evidenziare le eventuali anomalie di montaggio.

Questo esame, qui suggerito per determinare un cattivo funzionamento, si rivela ancora più utile durante il montaggio, al fine di garantire l'operatività del sistema frenante.

Il secondo caso è eccezionale e persino caricaturale. Un attento esame dello stato del disco, delle pastiglie e il rilevamento di difetti visibili sono sempre una preziosa fonte di informazioni sulle condizioni generali di funzionamento del sistema. Nella fotografia, un corpo estraneo (una vite) si è inserita tra il disco e la pastiglia, probabilmente durante il rimontaggio. L'illustrazione mostra i danni che questo pezzo di acciaio può causare, consumando il disco e provocando così un'usura irregolare, fonte di vibrazioni e di rumore in frenata.



4.1 DETERIORAMENTI DOVUTI AL MONTAGGIO DEL DISCO

4.1



4.1.1 SERRAGGIO SCORRETTO

Descrizione del difetto: formazione di cricche sul piano di appoggio della campana sul mozzo. Questa è dovuta al montaggio e al serraggio erronei delle viti. La sequenza di serraggio non è stata rispettata e la coppia di serraggio non è adeguata. Il mancato rispetto della sequenza e della coppia di serraggio prescritti può provocare una deformazione del piano di appoggio, anche in assenza di cricche visibili.

Conseguenze: la deformazione del piano di appoggio determina delle vibrazioni percettibili immediatamente dopo il montaggio, non appena si preme il pedale del freno.

Consigli di montaggio: montare un altro disco, rispettando la sequenza e la coppia di serraggio prescritti.



4.1.2 MANCATO RISPETTO DELLA COPPIA DI SERRAGGIO

Descrizione del difetto: il piano di appoggio della campana si è staccato dal resto del disco. Vi sono segni evidenti di un serraggio eccessivo, soprattutto in corrispondenza dei due fori di fissaggio. È una dimostrazione del mancato rispetto della coppia e della sequenza di serraggio.

Conseguenze: forte rumore di raschiamento e assenza di coppia frenante.

Consigli di montaggio: montare un altro disco, rispettando la sequenza e la coppia di serraggio prescritti.



4.1.3 ECCESSIVO SERRAGGIO DELLA VITE DI POSIZIONAMENTO

Descrizione del difetto: il piano di appoggio del disco può deformarsi facilmente quando la vite che serve solo a posizionare il disco è troppo serrata. Questo eccessivo serraggio può provocare la rottura del piano di appoggio, come si può vedere nella fotografia.

Conseguenze: non è più possibile mantenere l'oscillazione entro valori accettabili. In frenata, com-

paiono forti vibrazioni fin dai primi chilometri dopo il montaggio.

Consigli di montaggio: le viti di posizionamento sono utilizzate solo per assicurare un corretto posizionamento del disco. Non serrarle eccessivamente.

4.1.4 MONTAGGIO DI UN DISCO CHE NON CORRISPONDE ALLA VETTURA

Descrizione del difetto: formazione di cricche sul piano di appoggio della campana. Segni di scarso adattamento tra il diametro di centraggio del disco e quello del mozzo.

Conseguenze: l'appoggio del disco contro il mozzo della ruota non è corretto. Tale difetto di montaggio provoca immediatamente delle vibrazioni dovute ad un'oscillazione eccessiva.

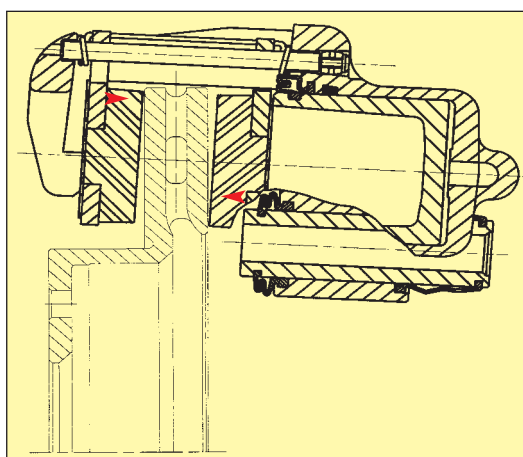
Consigli di montaggio: verificare sui cataloghi che il riferimento sia corretto: modello, anno di fabbricazione. Non forzare mai il montaggio.



4.1.5 MONTAGGIO SCORRETTO DEL CORPO DELLA PINZA SUL FUSELLO

Descrizione del difetto: le piste si sono staccate dal mozzo. Si nota un'usura asimmetrica delle piste frenanti: la parte centrale della pista esterna rispetto al veicolo e la parte periferica della pista interna. In questo caso, la sollecitazione meccanica ha provocato la rottura del disco e il distacco delle piste frenanti.

Conseguenze: percezione di un urto di rottura in frenata. Rumori di raschiamento molto forti. La sicurezza è compromessa.



Consigli di montaggio: prima di montare due dischi nuovi, verificare l'allineamento e il montaggio del corpo della pinza sul fusello.



4.1.6 SERRAGGIO SCORRETTO DEL DISCO E DEI CUSCINETTI SUL MOZZO



Descrizione del difetto: la coppia di serraggio troppo elevata provoca lo sfondamento della sede del cuscinetto.

Conseguenze: il funzionamento del sistema frenante è compromesso a causa dell'instabilità del disco sulle sedi dei cuscinetti. Ne conseguono forti vibrazioni fin dalla prima frenata.

Consigli di montaggio: sostituire il mozzo, i cuscinetti e il disco. Rispettare la coppia di serraggio durante il montaggio.

4.1.7 MOZZO SPORCO

Descrizione del difetto: quando il disco è stato montato, il piano di appoggio del mozzo non era pulito: presenza di ruggine o di sporco. Il serraggio su questo piano imperfetto ha provocato un'eccessiva oscillazione del disco nuovo.

Conseguenze: questa anomalia di montaggio provoca delle vibrazioni che com-

paiono dopo alcune centinaia o migliaia di frenate e che aumentano con la percorrenza. L'usura irregolare del disco da parte delle pastiglie genera un aumento del DTV – che è all'origine della vibrazione – e del rumore.

Consigli di montaggio: pulire accuratamente le superfici di contatto. Verificare l'oscillazione del disco dopo il montaggio.



4.1.8

4.1.8 NOTEVOLE OSCILLAZIONE DEL MOZZO DELLA RUOTA

Descrizione del difetto: l'eccessiva oscillazione del mozzo provoca un'usura delle fasce frenanti non parallela al piano del disco. Il surriscaldamento localizzato è evidenziato dal colore più scuro delle due zone usurate. Questo è dovuto al raschiamento alternato del disco sulle pastiglie a causa di una sensibile oscillazione del mozzo della ruota.

Conseguenze: vibrazioni percepibili fin dall'inizio e in progressivo aumento. Comparsa di un forte rumore.

Consigli di montaggio: verificare l'oscillazione del mozzo della ruota, che deve tassativamente rientrare nelle tolleranze specificate per il montaggio del disco.



4.2 DETERIORAMENTI DOVUTI ALL'UTILIZZO

4.2.1 ASSENZA DI RODAGGIO

4.2



Descrizione del difetto: il disco presenta delle colorazioni di intensità e sfumatura variabili (blu, viola, dorato), visibili principalmente nelle zone di raffreddamento (canalino e interno della campana).

Conseguenze: lievi vibrazioni iniziali che aumentano progressivamente. Un surriscaldamento di questo tipo provoca un'alterazione delle

caratteristiche meccaniche della ghisa, poiché vi è una modificazione della sua struttura dovuta alla formazione di cementite (Fe_3C).

Consigli di utilizzo: invitare sistematicamente gli utenti a effettuare un periodo di rodaggio. Durante i primi 200-300 chilometri di un percorso misto, frenare in modo breve e moderato. Non mantenere premuto per lungo tempo il pedale del freno, in modo da evitare un prolungato contatto delle pastiglie con i dischi.

4.2.2 UTILIZZO INTENSIVO

Descrizione del difetto: lo spessore del disco è assai inferiore allo spessore minimo prescritto (4 mm di meno in totale). Le cricche sono evidenti. Le macchie di calore sono visibili in corrispondenza delle alette di ventilazione. Questo è un segno premonitore della formazione di altre cricature.

Conseguenze: rumori, vibrazioni.

Consigli di utilizzo: si tratta di una situazione tipica di alcuni veicoli sportivi che, su strada, sono sottoposti a un utilizzo intensivo ed eccessivo.



4.3 USURA ECCESSIVA

4.3.1 SUPERAMENTO DEL LIMITE

Descrizione del difetto: lo spessore delle piste frenanti, misurato con l'ausilio di un micrometro), è inferiore al valore di spessore minimo prescritto e impresso sul diametro esterno del disco o della campana.

Conseguenze: riduzione delle prestazioni e del comfort.

Consigli: verificare periodicamente lo stato d'usura del disco. Il disco deve essere sostituito ogni due o tre sostituzioni delle pastiglie. Le pastiglie devono essere sostituite a ogni rimpiazzo dei dischi.



43

4.3.2 USURA ECCESSIVA CON CRICCATURE

Descrizione del difetto:

a) Il disco

Il valore limite indicato sulla circonferenza esterna del disco è stato superato di più di 1 mm. Inoltre, il disco è stato sottoposto a temperature operative troppo elevate dovute allo spessore ridotto delle fasce. Si formano così cricche di origine termica.

b) Le pastiglie

Si nota anche un'usura più marcata della zona centrale del disco, mentre la zona corrispondente della pastiglia è meno usurata. Questo può essere attribuito



alla presenza di punti duri nel materiale di attrito, indice di una miscela male omogeneizzata. Può anche denotare un cattivo funzionamento della pinza.

Conseguenze: la deformazione ha provocato delle vibrazioni in frenata. A lungo termine, possono svilupparsi delle criccate che possono portare alla rottura del disco.



Consigli: controllare periodicamente l'usura del disco. Il disco deve essere sostituito ogni due o tre sostituzioni delle pastiglie.

4.3.3 COMPARSA DI CRICCHE



Descrizione del difetto: il disco è stato sottoposto a temperature di funzionamento troppo elevate: nella parte esterna della pista frenante vi sono tracce evidenti di surriscaldamento. Le alte temperature operative favoriscono la comparsa delle cricche.

Conseguenze: deformazioni e “rimbalzi” delle pastiglie a caldo, causa di vibrazioni in frenata. Con il tempo, possibilità di rottura del disco con lo sviluppo delle cricche.

Consigli: il disco usurato deve essere sostituito. Controllarne periodicamente lo stato di usura.

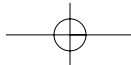
4.3.4 USURA ECCESSIVA E PASTIGLIE COMPLETAMENTE CONSUMATE



Descrizione del difetto: il disco è estremamente usurato ed è stato danneggiato dal supporto metallico della pastiglia, il cui materiale di attrito è completamente scomparso. Per questo disco, il cui spessore quando è nuovo è di 7 mm, lo spessore misurato è di 3,5 mm, mentre lo spessore minimo prescritto è di 5 mm.

Conseguenze: rumore molto forte, spazio di frenata molto lungo, funzionamento critico della pinza.

Consigli: sostituire le pastiglie al raggiungimento del limite di usura. Far verificare il circuito della spia di usura delle pastiglie.



4.3.5 ROTTURA DOVUTA A UN'ECESSIVA USURA

Descrizione del difetto: le piste mostrano segni evidenti di surriscaldamento, provocato dalla massa molto ridotta del disco usurato. Questa situazione ha provocato il distacco della pista dal mozzo.

Conseguenze: urto violento in frenata. Rumore di raschiamento molto forte in frenata. Possibile problema di sicurezza.

Consigli: controllare lo spessore del disco ogniqualvolta si sostituiscono le pastiglie. Sostituire il disco prima del raggiungimento del limite di usura.

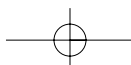


4.3.6 USURA ECCESSIVA DELLE PASTIGLIE E SPOSTAMENTO DEL SUPPORTO

Descrizione del difetto: lo spessore del disco è inferiore al valore limite. Il disco è stato consumato dal supporto della pastiglia, il cui materiale di attrito è completamente scomparso. Il supporto metallico è fuoriuscito dalla sua sede nella pinza e ha quasi interamente ritagliato la campana dal disco. Le fasce frenanti possono presto staccarsi dalla campana.

Conseguenze: rumori di raschiamento, perdita di efficienza (pedale a fine corsa), possibile sfregamento tra il disco e la pinza, spinta non simmetrica della pinza.

Consigli: verificare ed eventualmente revisionare la pinza. Sostituire i dischi e le pastiglie.



4.4 DETERIORAMENTI DOVUTI AGLI ALTRI ORGANI DEL SISTEMA FRENANTE

4.4.1 USURA IRREGOLARE DL VARI ELEMENTI



Descrizione del difetto: una fascia frenante di uno dei dischi è in contatto con il supporto metallico della pastiglia. Dopo l'esame delle pastiglie, si rileva una disparità di usura dovuta al bloccaggio della pinza (le pastiglie dell'altra pinza sono in perfetto stato).

Conseguenze: usura completa delle due pastiglie della pinza, comparsa di rumori e vibrazioni, corsa del pedale fino al pianale. Spazio di frenata molto lungo.

Consigli: verificare, revisionare o sostituire la pinza. Sostituire completamente i dischi e le pastiglie.



4.4.2 DISCO VETRIFICATO

Descrizione del difetto: presenza di finissimi depositi di materiale di attrito sulla superficie del disco che conferiscono un aspetto lucido (la successiva corrosione ha fatto saltare una parte di tale strato).

Conseguenze: perdita di efficacia in frenata, spazi di frenata troppo lunghi. Il pedale è molto duro, senza reazione di frenata.

Consigli: sostituire i dischi e le pastiglie. Utilizzare pastiglie di qualità originale.



4.4.3 USURA IRREGOLARE DELLE PISTE FRENANTI

Descrizione del difetto: le due pastiglie non erano posizionate nello stesso modo rispetto al disco. L'usura non è stata la stessa per ogni fascia. Al centro della fascia frenante, si notano macchie di calore dovute a una forte esposizione termica. La pinza e/o le pastiglie non sono state montate correttamente.

Conseguenze: progressiva comparsa di vibrazioni legate alle macchie di calore. Possibile comparsa di cricchiate.

Consigli: verificare ed eventualmente revisionare le pinze. Verificare il modello e la qualità del materiale di attrito delle pastiglie.

4.4.4 SOLCHI E RIGATURE PROFONDE

Descrizione del difetto: si notano righe profonde causate da corpi estranei che sono penetrati tra la pista di attrito e il disco. Il fenomeno può anche essere dovuto a un materiale inadatto delle pastiglie o alla presenza di abrasivi mal ripartiti nella miscela.

Conseguenze: rumore molto sgradevole sia in frenata che durante la marcia. Diminuzione dell'efficacia per effetto della riduzione della superficie di contatto tra il disco e le pastiglie.

Consigli: sostituire i dischi e le pastiglie.



4.4.5 DEPOSITI DL MATERIALE DI ATTRITO

Descrizione del difetto: le fasce frenanti presentano macchie molto scure distribuite su tutta la superficie. Queste macchie sono dovute a depositi di materiale di attrito provenienti dalla pastiglia. Questo provoca dei surriscaldamenti che causano a loro



volta una trasformazione della ghisa, con formazione di cementite molto dura.

Conseguenze: comparsa di vibrazioni in progressivo aggravamento.

Consigli: montare unicamente materiali di attrito adatti al freno e al veicolo.

4.4.6



4.4.6 FASCE FRENANTI PARZIALMENTE USURATE DALLA PASTIGLIA

Descrizione: la fascia frenante è usurata soltanto sulla parte esterna. La parte interna non è mai in contatto con le pastiglie e lo dimostra la corrosione (ruggine). Questa situazione potrebbe essere causata da:

- montaggio anomalo della pinza e quindi pastiglia che non appoggia completamente sulla fascia
- perdita di una parte del materiale d'attrito
- montaggio di pastiglie errate

Conseguenze: ridotta coppia frenante. Aumento della temperatura di esercizio, perché la superficie sulla quale lavora la pastiglia è ridotta (in questo esempio circa il 50%) rispetto alla superficie di normale funzionamento, con il rischio di surriscaldamento localizzato e quindi l'insorgenza di vibrazioni di tipo hot judder. Inoltre, la ridotta efficacia dell'impianto porta a sollecitazioni elevate e quindi usura veloce e/o irregolare (cold judder).

Consigli d'intervento: verificare il montaggio e il funzionamento corretto della pinza. Verificare il montaggio e le condizioni della pastiglia. Controllare che il modello di pastiglia sia quello destinato al veicolo.



4.4.7 FASCE FRENANTI PARZIALMENTE USURATE E VETRIFICAZIONE

Descrizione: questo disco presenta delle degradazioni che sono la somma dei difetti presentati in 4.4.2 e 4.4.6. In questo caso la pastiglia lavora solo sulla parte interna della fascia frenante. L'elevata sollecitazione ha portato al surriscaldamento, alla vetrificazione (deposito) e al distacco del materiale d'attrito.

Conseguenze: riduzione progressiva dell'efficienza dell'impianto. Successivamente, totale inefficienza dell'impianto a causa del distacco del materiale d'attrito.

Consigli: come 4.4.2 e 4.4.6.

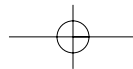


4.4.8 PASTIGLIE IMBARCATE

Descrizione: le pastiglie lavorano sulla parte centrale della fascia frenante. Potrebbero essere imbarcate.

Conseguenze: ridotto effetto frenante, con le conseguenze descritte al punto 4.4.6 e 4.4.7.

Consigli: verificare la planarità delle pastiglie e il funzionamento delle pinze.



4.4.9 MODIFICHE NEL VALORE DELL'OSCILLAZIONE DEL DISCO

Se le prime misurazioni effettuate sul disco montato e le successive osservazioni non hanno apportato risposte chiare, può essere utile perfezionare l'analisi dimensionale del disco.

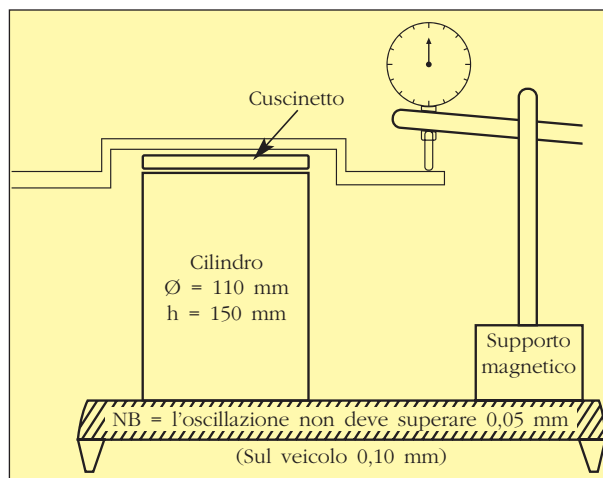
Poggiando il disco su un banco simile a quello raffigurato nelle illustrazioni a fianco, è possibile misurare le sue dimensioni, prescindendo dall'influenza esercitata dagli altri componenti del freno.

Dopo aver pulito con carta vetrata il **piano di appoggio** sul mozzo, il disco deve poter poggiare sul cuscinetto del banco senza oscillare. Ciò avviene tenendo il disco tra le dita alle due estremità di un diametro e valutando lo spostamento verticale. Nel caso in cui il disco sia instabile, ciò indica che il piano di appoggio è deformato a causa di un **serraggio** errato o eccessivo.

Con l'ausilio di un **comparatore** montato su un piede fisso, è possibile misurare l'**oscillazione costruttiva** del disco, a condizione che non sia stato rettificato dal meccanico al momento del montaggio. Questa misurazione viene eseguita appoggiando il comparatore sul bordo esterno o interno del disco, laddove le pastiglie non hanno usurato le fasce frenanti. Se il valore di oscillazione misurato è superiore a 0,05 mm, significa che all'origine il disco presentava una marcata oscillazione, causa certa della vibrazione. Se il valore è inferiore, si misura poi il valore dell'oscillazione acquisito appoggiando la punta del comparatore in mezzo alla fascia frenante: se è superiore alle tolleranze, questo indica un errato montaggio, causa di vibrazioni dopo alcune migliaia di chilometri (cold judder dovuto a un aumento del DTV).

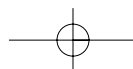
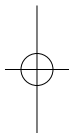
Infine, in marcia, è possibile definire se le vibrazioni sono prodotte dai dischi anteriori o dai tamburi posteriori. A bassa velocità, tirare leggermente il freno a mano: se compaiono vibrazioni, il problema

riguarda i tamburi posteriori (verificare ed eventualmente sostituire).



Le vibrazioni sono prodotte dal tamburo posteriore: cricche e punti blu.

Banco per il controllo dei dischi.



Bibliografia

LA FRENATURA

G.A.HARPER, *A history of brakes and friction materials*, IMechE 1971.

Directives CEE, Publications des Communautés Européennes, 26, rue Desaix, 75732 Parigi.

Charles G. HODGMAN, *Hanbook of chemistry and physics*, The Chemical Rubber Publishing Company.

F.P.BOWDEN e D.TABOR, *The friction and lubrication of solids*, Clarendon Press, Oxford.

E. RABINOWITZ, *Friction and wear of materials*, John Wiley and Sons.

A.J.DAY, T.P.NEWCOMB, *The dissipation of frictional energy from interface of annular disc brake*, Proc. IMech, vol 198D n°11, 1984.

G.NICHOLSON, *Facts about Friction*, P&W Price Enterprises, inc., Croyon, PA 19021.

H. ABENDROTH, *A new approach to brake testing*, Jurid Werke GmbH-Allied Automotive.

W.D. JONNER, A. CZINCZEL, *Upgrade levels of Bosch ABS*, Robert Bosch GmbH.

S.F. HUSSAIN, *Digital algorithm design for wheel lock control system*, Allied Automotive-Bendix chassis and brake components division.

H. DEMEL, H. HEMMING, *ABS and ASR for passenger cars - Goals and limits*, Robert Bosch GmbH.

A.K. BAKER, *Vehicle braking*, Pentech Press, Londres: Plymouth, 1986.

N.J. CLARK, *The effect of brake system evacuation and fill on initial brake pedal travel*, Bendix automotive system, NA.

J.M. PERRONNE, M. RENNER, G. GISSINGER, *On line measurement of braking torque using a strain sensor*, Institut de Recherche Polytechnique de Mulhouse.

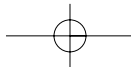
J.P. POMPON, C. BOUDEVILLAIN, *Guide du freinage des Poids Lourds, Tomes I et II*, Ferodo-Abex 1995 et 97.

LA METALLURGIA

A. PASSANTI, *Introduzione alla metallografia delle leghe ferrose*, Remet S.A.S. 1979.

V. RIZZARDANI, E. POZZATO, *Tecnologia dei materiali: Gli acciai, Le ghise*, Edizione scientifiche SIDEREA.

ASSOFOND, *La metallurgia delle ghise*, Associazione Nazionale delle Fonderia, Milano.



Ferrous materials and metallurgy, JIS Handbook 1989, Japanese standards association.

S.K. RHEE, R.T. DUCHARME, W.M. SPURGEON, *Characterization of cast iron friction surfaces*, S.A.E. Lexington Avenue New York N° 720056, 1971.

IL DISCO

H. METZLER, *The brake rotor; Friction partner of brake linings*, Schwabische Huttenwerke GmbH, Werk Ludwigstal.

K.H. TIMTNER, *Calculation of disc brake components using the FEM with emphasis on weight reduction*, Alfred Teves Technologies GmbH, inc.

R.G. DUBENSKY, *Experimental techniques for rotor performance measurements*, Light Vehicle engineering, Kesley-Hayes Co.

A. FUKANO, H. MATSUI, *Development of disc brake design method using computer simulation of heat phenomena*, Brake system design section-Nissan Motor Co.Ltd.

D.C. SHERIDAN, A. KUTCHEY, F. SAMIE, *Approaches to the thermal modelling of disc brakes*, Power system research dept. General Motor research laboratories, Warren MI.

G.S. CHNIDT, *Analysis and optimisation of disc brake cooling via computational fluid dynamics*, R.KRUSEMANN, Mercedes-Benz AG, Adapco.

I RUMORI DI FRENATURA

J.T. BROCH, *Mechanical vibration and shock measurements*, Publication Briel et Kjaer, 1984.

A.M. LANG, H. SMALES, *An approach to the solution of disc brake vibration problems*, Paper C37, I.Mech.E. Conference on braking of road vehicles, 1983.

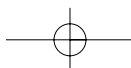
M.R. NORTH, *Disc brake squeal*, Paper C38, I.Mech.E. Conference on braking of road vehicles, 1976.

N. MILLNER, *An analysis of disc brake squeal*, SAE paper 780332, Detroit 1978.

E. DENYS, A. DOUARRE, J-P. POMPON, *Investigation of disc brake squeal using a laser scanning vibrometer*, Symposium T&N Paper N°12, Würzburg/Indianapolis, 1995.

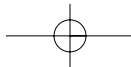
J.D. FIELDHOUSE, P. NEWCOMB, *The application of holographic interferometry to the study of disc brake noise*, SAE international congress, Detroit march 1993.

S. RHEE, M. JACKO, P.H.S. TSANG, *The role of friction film in friction, wear and noise of automotive brakes*, Allied signal inc. Automotive technical center.



CONSIGLI BREMBO ALL'UTENTE

- 1 - Il tipo di frenata, così come il tipo di guida, deve sempre essere adeguato alle condizioni climatiche, allo stato della strada e del traffico.
- 2 - Lo spazio di frenata dipende non solo dall'efficacia del sistema frenante, ma anche dallo stato dei pneumatici e degli ammortizzatori.
- 3 - La frenata ottimale, entro uno spazio limitato, è quella che fornisce una decelerazione massima senza che si verifichi il bloccaggio delle ruote, le cui conseguenze sarebbero la perdita di controllo del veicolo e della stabilità, nonché un aumento dello spazio di frenata.
- 4 - In caso di lunga discesa, è consigliabile utilizzare il freno motore e soprattutto non spegnere il motore. Dopo una breve sosta, verificare l'efficacia del pedale prima di ripartire.
- 5 - Quando la situazione richiede una sollecitazione lunga e continua del sistema frenante, rilasciare di tanto in tanto il pedale del freno per alcuni secondi.
- 6 - Dopo un arresto prolungato, le prime frenate sono influenzate dalla durata della sosta, associata alle condizioni climatiche. È necessario eseguire alcune frenate allo scopo di ripristinare la piena efficacia del gruppo disco-pastiglie.
- 7 - Accertarsi del corretto funzionamento di tutte le parti del sistema frenante: livello del liquido, usura delle pastiglie e del disco, lampadina delle luci posteriori, spia del freno a mano, eccetera. Seguire le istruzioni del costruttore per la sostituzione del liquido dei freni (frequenza, qualità).
- 8 - Verificare periodicamente l'efficacia del freno di stazionamento, cercando di spostare il veicolo con il freno a mano inserito.
- 9 - Utilizzare pezzi di ricambio prodotti da costruttori riconosciuti.
- 10 - Se possibile, utilizzare un veicolo dotato di un sistema di controllo della frenatura (ABS, eccetera).



Riproduzione di un organigramma prodotto da un costruttore per la diagnosi delle cause delle vibrazioni di un veicolo "critico". Documento destinato alla rete dei concessionari.

