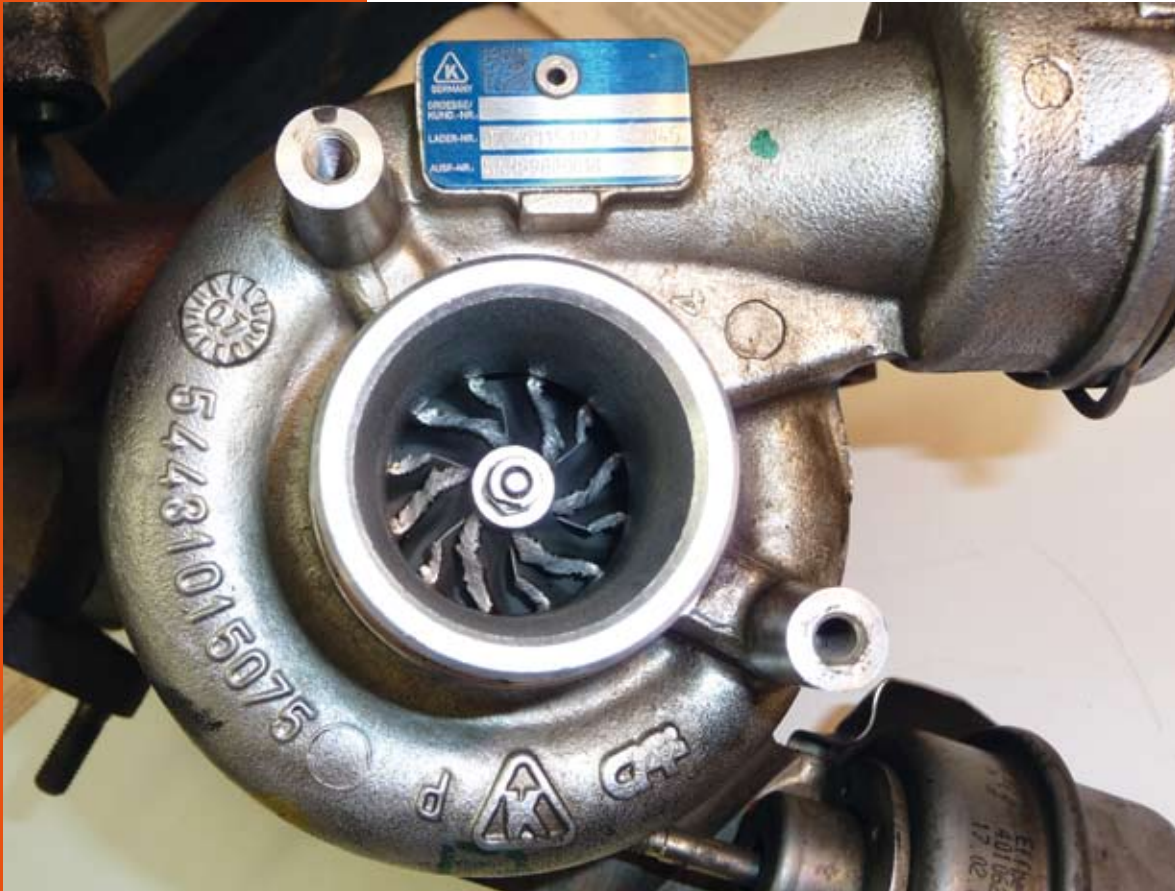


La bilanciatura



Tra gli organi meccanici più soggetti a lavorare durante il funzionamento della vettura vi è sicuramente il turbo. Se la manutenzione della macchina non è ottimale il suo funzionamento può essere irregolare e, quindi, provocare consumi eccessivo o cattivi funzionamenti del motore. Alla base di tutto, comunque, l'equilibrio tra gli elementi

L'evoluzione tecnologica di tutti i motori di ultima generazione è stata accelerata ed aiutata in modo considerevole dallo sviluppo parallelo di migliori sistemi di equilibratura.

All'interno di un propulsore sono veramente molti gli organi che necessitano un'accurata bilanciatura, ma addirittura gli stessi macchinari necessari per la loro lavorazione o i loro componenti necessitano di essere equilibrati (vedi mandrini e pulegge dei centri di lavoro). Sembra banale ricordarlo ma sapete quanti motorini elettrici vi sono sulla vostra vettura? Pensate per un attimo agli indotti dei motorini dei tergicristalli, dei sedili, dei vetri, degli specchietti, dei fari e altri... tutti questi elementi sono stati equilibrati da qualcuno per voi.

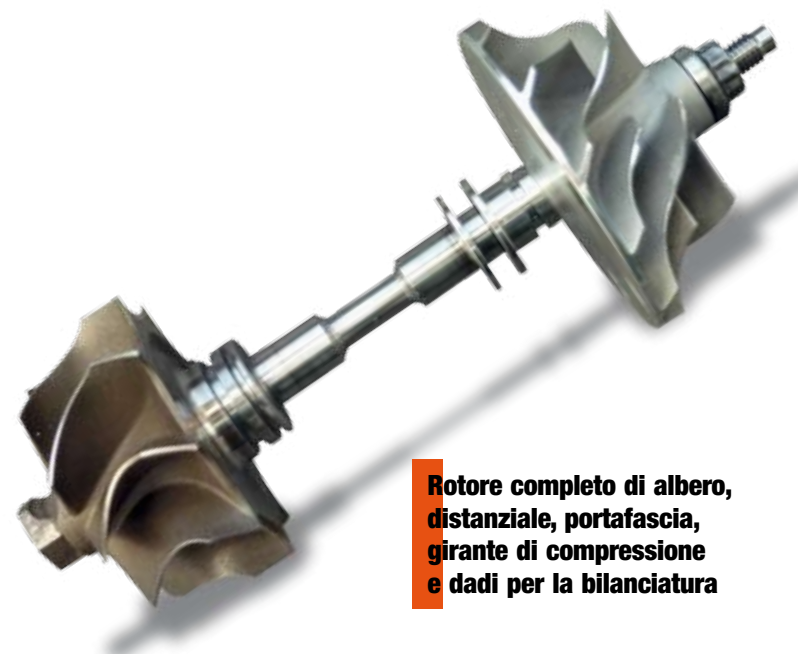
Per un organo in rotazione una maggior precisione di bilanciatura significa soprattutto un minor assorbimento di energia per la rotazione, ovviamente miglior

rendimento, minori vibrazioni e maggiore silenziosità. Se pensiamo ad un mandrino che lavora in alta velocità, un'ottima bilanciatura significa anche una maggior precisione di lavoro. La necessità di bilanciare raggiungendo sempre più elevati standard di precisione ha spinto i costruttori di bilanciatrici a migliorare i loro prodotti aumentandone la precisione, l'affidabilità e la ripetitività nel tempo. Questo sviluppo tecnologico ha consentito ai progettisti di realizzare propulsori che inquinano meno, rotori che hanno accelerazioni fulminee e inerzie ridottissime in funzione della loro micro massa.

Per definizione un corpo si dice bilanciato quando posto in rotazione l'asse di rotazione coincide perfettamente con l'asse del baricentro di disegno. Nel caso in cui l'asse di rotazione non coincide con l'asse del baricentro di disegno, il rotore è squilibrato e quanto è maggiore la distanza tra i due

assi tanto è maggiore lo squilibrio. Nel caso in cui i due assi, quello di rotazione reale e quello di baricentro di disegno non coincidano, ma rimangano paralleli, lo squilibrio sarà statico, se i due assi oltre a non coincidere hanno fra loro anche un angolo di inclinazione, lo squilibrio sarà definito dinamico.

Dovendo correggere lo squilibrio di un determinato rotore dobbiamo essere consapevoli che il suo squilibrio non varia al variare del regime di rotazione; l'unica cosa che potrà variare è l'effetto prodotto dallo squilibrio al variare della velocità di rotazione. Nel caso in cui riuscissimo ad eliminare completamente lo squilibrio ad un determinato regime di rotazione, non avremmo più vibrazioni a nessun regime. Da ciò si può affermare che il numero di giri di bilanciatura per un corpo rigido è indifferente. Il suo valore, invece, potrà essere definito in funzione del sistema e del macchinario adottato per la bilanciatura.



Rotore completo di albero, distanziale, portafascia, girante di compressione e dadi per la bilanciatura



La nuova unità per la bilanciatura dei rotori commercializzata dalla ITP



In ordine orario: 1. rotore bilanciato su VSR, sul dado si nota la fresatura della bilanciatura; 2. coreassi; 3-4. girante di compressione bilanciata: si notano le fresature di bilanciatura sul nasello della girante e sul piano interno



Coreassi, geometria, conchiglie e valvola prima dell'assemblaggio finale

Bilanciatura del turbo

Riportando la nostra attenzione al turbocompressore, appare evidente che ciò che dovremo bilanciare è quell'insieme di componenti che solidali fra loro ruotano all'interno dell'intero sistema a cui fa parte il complessivo turbo. Partendo dall'alberino monteremo i vari distanziali, il porta fascia, la girante di compressione e il dado con la specifica coppia di serraggio (che è importantissima e non va assolutamente sottovalutata). Anche una persona poco esperta in fatto di bilanciatura si rende conto immediatamente che più il rotore da bilanciare lavora a velocità elevata, più la sua massa totale

diminuisce e maggiore sarà la necessità di avere squilibri residui sempre più piccoli.

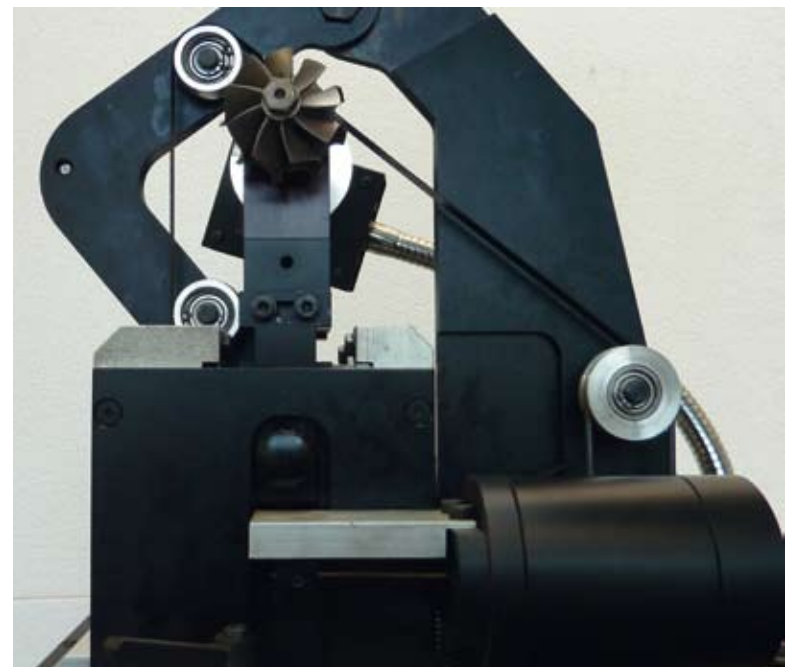
Dobbiamo inoltre ricordare che la quantità di squilibrio residuo sarà da valutare in funzione del peso massa del rotore e della sua velocità di rotazione in esercizio. Dovremo sempre conoscere la tolleranza da raggiungere per ogni singolo rotore, ben sapendo che un piccolo rotore che pesa 0,05 kg e ruota ad una velocità di esercizio di circa 200.000 r.p.m. deve essere bilanciato molto più accuratamente di un rotore che ha un peso di 0,3 kg e raggiunge una velocità massima di rotazione di 130.000 giri. È molto importante sapere

il regime di lavoro del rotore, conoscerne il peso, calcolare il giusto valore di tolleranza e raggiungere un adeguato valore di squilibrio residuo. Nel campo dei turbocompressori la pratica ci ha dimostrato che non è corretto spingersi molto al di sotto del valore di tolleranza, perché ciò porta a un innalzamento del numero di giri che può provocare sibili fastidiosi per l'utente.

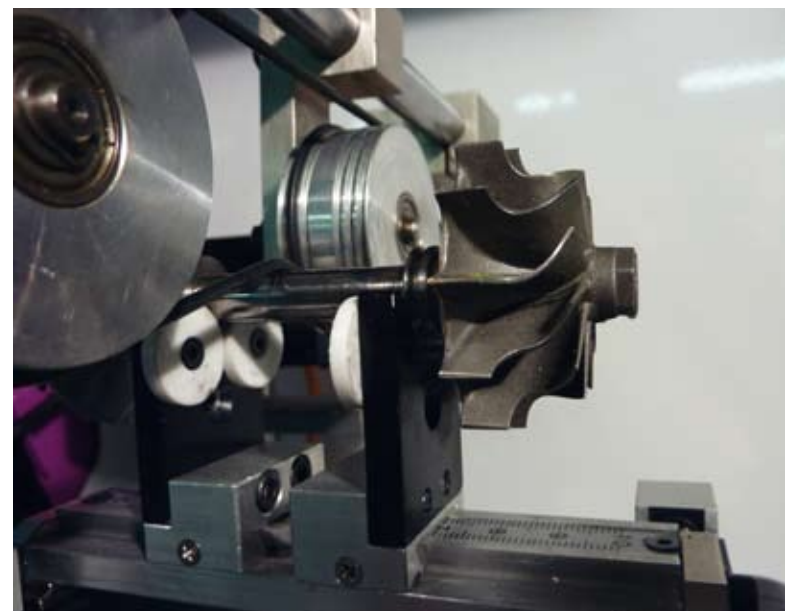
Le bilanciatrici

Oggi la tecnologia offre strumentazioni estremamente precise che consentono di raggiungere risultati eccezionali con la garanzia per il cliente di una corretta revisione. Il mercato mette a disposizione del riparatore di turbocompressori un vasto assortimento di bilanciatrici.

Si tratta di unità strutturate per equilibrare il rotore (albero turbina, distanziali girante di compressione e dado) e macchinari studiati per equilibrare il nucleo della turbina montato sul



Esempio di bilanciatura a supporti oscillanti



Esempio di bilanciatrice a supporti rigidi

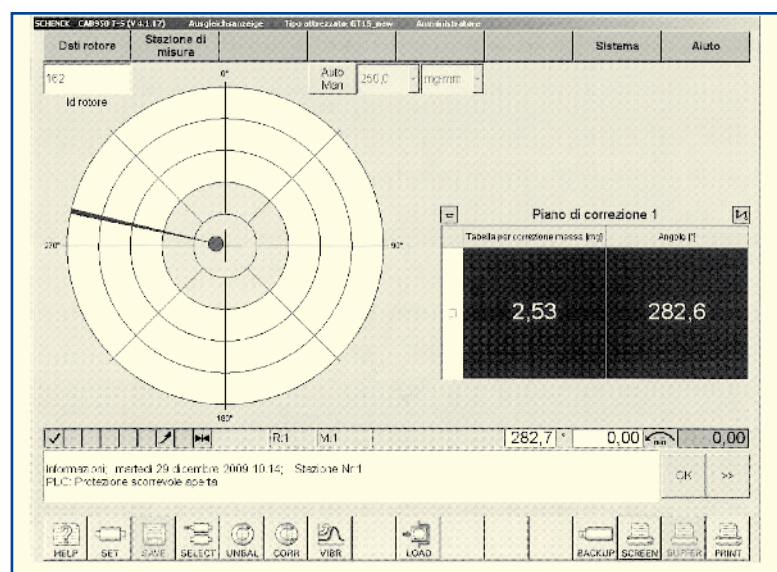
corpo centrale già pronto per essere inserito all'interno delle conchiglie di scarico e aspirazione. Unità in grado di offrire questi servizi sono chiamate bilanciatrici VSR.

La bilanciatura più importante è senza dubbio la prima, quella del rotore. Per poter raggiungere valori di equilibrio adeguati al tipo di utilizzo che andremo a fare, dovremo necessariamente operare con una macchina a supporti rigidi e non usare cuscinetti per l'appoggio del rotore. Non dimentichiamo che il rotolamento del cuscinetto produce di fatto una vibrazione, come anche il rotolamento dell'asse su una superficie rugosa. Ovviamente migliori sono le condizioni di prova, migliore e più preciso sarà il risultato della bilanciatura.

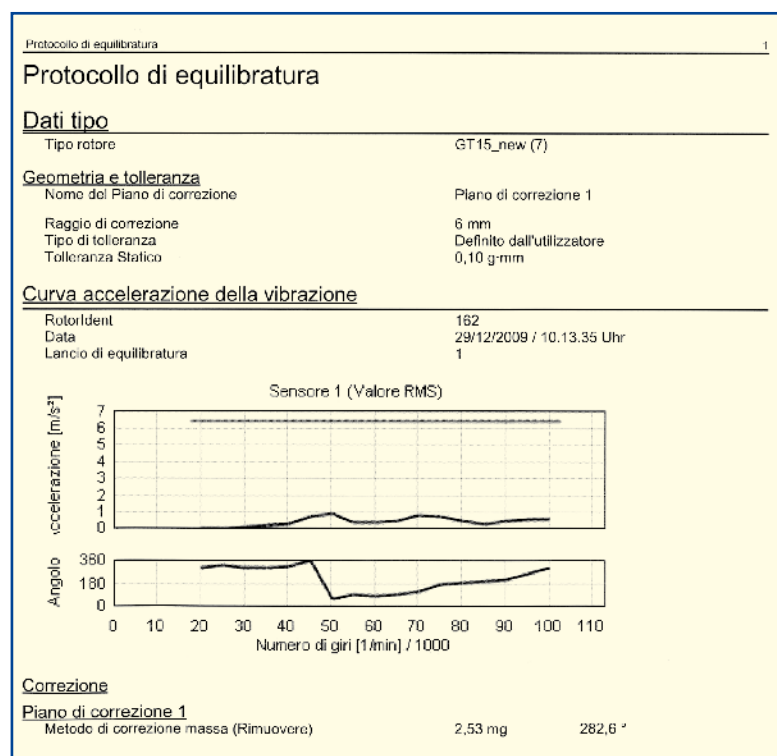
Normalmente questa prima bilanciatura consente di operare sui piani interni delle giranti evitando così di creare variazioni di profilo che possono generare sia turbolenze che fischi o sibili.

Un corpo si dice bilanciato quando posto in rotazione l'asse di rotazione coincide perfettamente con l'asse del baricentro di disegno; quanto è maggiore la distanza tra i due assi tanto è maggiore lo squilibrio

L'operatore accorto, in questa prima fase di bilanciatura, scende ben oltre i valori di tolleranza, perché con un piccolo investimento di tempo/macchina risparmierà molto nella seconda fase di equilibratura. Se operiamo su rotori in ottime condizioni, che non hanno subito in precedenza surriscaldamenti eccessivi e so-



Protocollo di bilanciatura con banco VSR che evidenzia solamente la quantità di peso da apportare (2,53 mg a 282,6 gradi)



Protocollo di bilanciatura con VSR e lettura in accelerazione

no esenti da usura, raggiungendo valori di circa dieci volte più bassi della tolleranza ammessa in relazione al loro peso, la seconda bilanciatura con la macchina precedentemente definita VSR si trasformerà da una vera e propria seconda bilanciatura in velocità in un semplice controllo di funzionalità.

La seconda bilanciatura, quella del rotore assemblato o "core assy", permette di verificare il risultato finale della riparazione controllando lo squilibrio residuo anche ad alti regimi di rotazione e le eventuali perdite di olio del nucleo turbina che viene fatto lavorare in condizioni simili a quelle reali, con olio in temperatura e in pressione. L'unico inconveniente di questa equilibratura è la massima massa asportabile per portare il rotore in bilanciatura.

In effetti in questa fase la bilanciatrice registra i vari punti

di squilibrio del rotore, e ci fornisce una risultante di compensazione in un unico punto sul dado. Di fatto è una bilanciatura di finitura, non ci permette di bilanciare masse di peso superiore alla massa asportabile dal dado, che fra l'altro è molto vicino all'asse di rotazione (un dado di un turbocompressore GT15 ha un raggio di meno di 6 mm). Le bilanciatrici del tipo "VSR" normalmente non leggono lo squilibrio in peso, segnalando una posizione angolare, ma leggono un'accelerazione (una forza).

In effetti è facilmente intuibile che se il rotore ha un piccolo squilibrio residuo (accettabile all'interno della tolleranza ammessa,) più aumentiamo la velocità di esercizio e più lo squilibrio residuo tenderà ad aumentare il valore letto dalla bilanciatrice. Ci troveremo quindi di fronte a grafico che tenderà a raggiungere



Anteprima della bilanciatura per rotori TB 300 prodotta dalla Balance Systems e commercializzata dalla ITP che verrà presentata a Francoforte Hall 6.0 stand A32

Dati tipo rotore		TURBOCHARGER (modificato)	29.12.2009 09:41
Tipo squilibrio:	Dinamico		
a = 152.0 mm	b = 57.20 mm	c = 22.00 mm	
r1 = 10.00 mm	n = 1800 1/min	r2 = 10.00 mm	
Tolleranza:	Sui piani di corr.	Def. dall'utilizzatore	
Sinistra: 120. mgmm		Destra : 120. mgmm	
Punti di correzione:			
Piano:	Sinistra	Destra	
Distribuzione:	Polare	Polare	
Procedimento di correzione:			
Piano:	Sinistra		
Procedimento:	Peso		
Materiale:	togliere		
Piano:	Destra		
Procedimento:	Peso		
Materiale:	togliere		
Risultati di misura:			
Lancio: 1		Numero giri di misura: 1481 1/min	
Sinistra: -0.61 mg		al 235° in tol: 6.13 mgmm	
Destra : -2.16 mg		al 269° in tol: 21.6 mgmm	

Protocollo di bilanciatura rotore

valori maggiori in relazione all'aumentare della velocità.

Macchinari moderni e più sofisticati consentono di visualizzare il peso espresso in millesimi di grammo da asportare e la reale posizione angolare dello squilibrio residuo al variare dell'accelerazione, e di controllare le reazioni dell'effetto prodotto dallo squilibrio al variare della velocità di esercizio al fine di avere la certezza assoluta che ad ogni regime di rotazione, da zero r.p.m. alla massima velocità di esercizio il rotore sia all'interno del campo di tolleranza.

Sul territorio nazionale è vasto il panorama delle aziende ben strutturate per la bilanciatura dei moderni rotori; addirittura vi sono aziende in grado di offrire la bilanciatura di rotori conto terzi o progettare e realizzare macchinari per specifiche esigenze di bilanciatura. Dobbiamo solamente

rivolgerci ad interlocutori competenti in grado di risolvere il "nostro problema di bilanciatura".

Capita spesso di sentire affermazioni del tipo "le turbine a geometria variabile non si possono riparare"! Perché, che senso ha questa frase?

Se un costruttore è in grado di produrre un turbocompressore, un bravo tecnico, con adeguata attrezzatura lo può ricondizionare, impariamo a porre le domande giuste all'azienda alla quale stiamo affidando il nostro turbocompressore da rigenerare o semplicemente da riparare e verifichiamo che sia in grado di fare ciò che ci promette con una idonea attrezzatura.

Una bilanciatrice è un sofisticato strumento di misura, deve vivere in un ambiente pulito, possibilmente climatizzato, isolato da vibrazioni o interferenze sia magnetiche che elettriche.



Alberino prebilanciato dove si notano le bilanciature sia sul piano esterno che su quello interno

Una bilanciatrice è un sofisticato strumento di misura, deve vivere in un ambiente pulito, possibilmente climatizzato, isolato da vibrazioni o interferenze sia magnetiche che elettriche

Periodicamente deve essere controllata dal produttore per verificare se i valori che indica corrispondono con esattezza ai valori reali di squilibrio del rotore analizzato, normalmente oltre alla registrazione dell'intervento sull'apposito registro aziendale, viene anche posto sul macchinario un cartellino che conferma la data della verifica con la sigla del responsabile.

Non è raro imbattersi in aziende che utilizzano macchinari obsoleti, magari anche "maggiorenni" che per incuria non sono mai stati controllati. Come diceva un noto personaggio televisivo: "meditate, gente meditate!!"



di Annibale Grandi