

## L'ANGOLO TECNICO

### LA RICERCA DELL'EQUILIBRIO, OVVERO NON VIBRARE E' MEGLIO!

“Porca miseria.....mi formicolano tutte le mani!” oppure “Non riesco a tene’ i piedi fermi sulle pedane!” o ancora “Quasi, quasi me se smontavano i denti!”.

Chi non ha mai pronunciato o pensato o sentito dire, queste e altre cose del genere dopo aver cavalcato una moto dal motore particolarmente vibrante. Alcune moto, da ferme, con piccoli colpi di gas, miracolo, si spostano da sole sul cavalletto!

E già, le moto vibrano (e fanno vibrare!), alcune lo fanno di più, altre di meno, a volte anche quando sono apparentemente uguali e quindi ci si aspetterebbe da loro comportamenti quantomeno simili (e poi si dice che le moto non hanno un'anima!) dimostrando che ognuna ha il suo bel caratterino che la contraddistingue. Ma cosa produce le vibrazioni e come si combatte il fenomeno vibratorio? Le vibrazioni che si formano in un propulsore in funzionamento, sono causate dai movimenti rotatori e alternati dei suoi organi meccanici interni nonché, in parte, dalle fasi di combustione (scoppi) che imprimono forti accelerazioni ai suddetti organi.

Tutto ciò che ruota, se non è bilanciato, se non ha masse omogenee intorno al proprio asse di rotazione, genera forze centrifughe che tendono a svincolare il corpo rotante, tentando di farlo.....partire per la tangente.

Allo stesso modo anche i corpi in moto rettilineo alternato (forze d'inerzia alternate di 1° ordine e di 2° ordine), cioè quelli

che fanno su e giù, creano problemi e fastidi di tipo vibratorio, a causa delle repentine inversioni di marcia e delle forti accelerazioni (**Fig. 1**).

Tanto per far capire l'entità delle forze in ballo, si consideri, per esempio, che un albero motore con un raggio di manovella (la metà del valore della corsa) di 40 mm, ad una velocità di rotazione di 5000 giri/minuto, con un solo grammo di squilibrio sul perno di manovella, genera una forza libera rotante di ben 1 Kg (ing. L. Buzzi e ing. G. Manni “Equilibratura degli alberi a gomito”).

Gli organi in movimento all'interno di un propulsore, che possono causare vibrazioni, sono quindi e principalmente albero motore, bielle e pistoni ma anche volano, campane frizione, ingranaggi (soprattutto quelli più grandi) e altri accessori ai quali viene imposto un movimento rotatorio e/o alternato.

Da parte delle case costruttrici contrastare a pieno il fenomeno vibratorio, è cosa veramente difficile a meno di non elevare considerevolmente i costi di produzione e di vendita in modo apparentemente ingiustificato, quindi la bilanciatura dei motori usciti dalle fabbriche, ha delle tolleranze piuttosto grandi e perciò parecchio perfettibili.

Ma le vibrazioni non sono solo fastidiose ma anche dannose, è stato infatti calcolato che un propulsore ben bilanciato può raggiungere una

durata di vita che va dal 25% al 100% in più rispetto ad un motore non lavorato in tal senso.

Altri vantaggi che la bilanciatura porta, oltre la riduzione delle vibrazioni e all'aumento della longevità, sono la riduzione del rumore, l'aumento della potenza (fino al 10%), l'aumento del rendimento meccanico, la

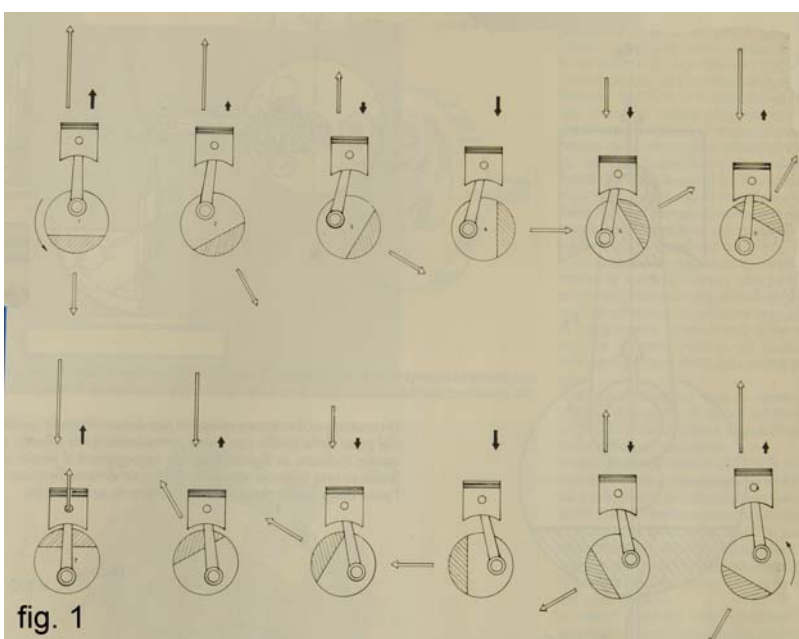


fig. 1

## L'ANGOLO TECNICO

diminuzione del consumo di carburante, l'aumento della velocità e delle accelerazioni e la riduzione della manutenzione del motore, del telaio e della ciclistica.

Nonostante questo il lavoro di equilibratura viene spesso sottovalutato e non eseguito da quanti si avvicinano al rifacimento o all'elaborazione di un motore. Anche chi, una volta smontato il propulsore, potendo verificare la bontà dell'equilibratura standard del proprio motore, quasi sempre non lo fa.

Ora vediamo più da vicino quali sono le parti del motore maggiormente coinvolte nella vicenda vibrazioni, quali sono le forze da controllare e quali sono le operazioni da svolgere per arrivare ad una soddisfacente bilanciatura. Gli organi che devono essere sottoposti a controlli e lavorazioni, sono principalmente, come detto in precedenza, albero motore, biella/e e pistone/i, poi in secondo luogo volano, campana frizione e ingranaggio grande della trasmissione primaria (quello collegato direttamente alla campana della frizione).

A questo punto bisogna considerare che ci sono notevoli differenze tra l'equilibratura dei propulsori monocilindrici, bicilindrici e/o con maggiore frazionamento, come ci sono differenze tra motori che hanno diverse inclinazioni degli assi longitudinali dei cilindri, sia sui mono che sui bicilindrici o sui plurifrazionati. Ovvio che in questa sede il discorso verterà solo sui mono e i bicilindrici a "V", ossia lo schema tipico dei motori Morini.

Le masse rotanti come volano, campana frizione e

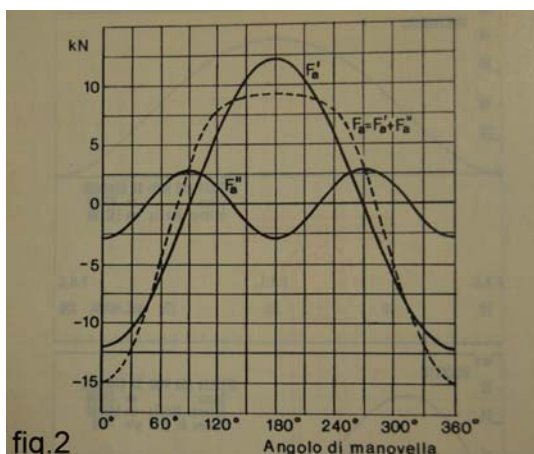


fig. 2

ingranaggio della primaria, sono facili da bilanciare sia staticamente che dinamicamente. Ponendo questi organi su una struttura capace di farli ruotare liberamente e senza attriti, si potrà verificare l'eventuale sbilanciatura e porvi rimedio asportando materiale nella zona più pesante per ristabilire l'equilibrio (equilibratura statica) per poi passare ad un'equilibratura più fine, quella dinamica (da fare con apposito macchinario presso una rettifica).

Invece le masse sottoposte a moto alternato e che provocano la formazione di forze d'inerzia, sono un po' più toste da domare.

Le forze d'inerzia da contrastare per limitare le vibrazioni sono prevalentemente quelle alternate di 1° ordine, e cioè quelle più determinanti il fenomeno in questione (ma anche quelle più facilmente contrastabili) che sono causate dal movimento dei pistoni e da una parte della massa della biella, e quelle di 2° ordine, sempre dipendenti dalle masse in moto alternato, ma influenzate dall'inclinazione della biella durante il funzionamento del propulsore (il **Rapporto Lambda** = raggio di manovella, cioè metà valore della corsa, rapportato alla lunghezza della biella, che di solito si tende a mantenere nell'ordine di 0,20-0,25 cioè due volte, due volte e mezzo il valore della corsa, fornisce anche in fase di progetto, l'idea delle vibrazioni provenienti dalle alternate di 2° ordine).

Tutte e due i tipi di forze d'inerzia alternate, dipendono dal quadrato del numero dei giri e dal raggio di manovella, ma quelle di 2° ordine sono considerevolmente più basse e perciò meno influenti di quelle di 1° ordine (valgono circa il 20% di quelle di 1° ordine) ed hanno una frequenza di due volte superiore rispetto quelle di 1° ordine, risultando quindi più difficilmente contrastabili (**Fig. 2 e 3**).

A questo punto occorre precisare che quanto andrò a dire sui lavori di equilibratura dei componenti del motore, ma anche e soprattutto quanto ho detto in termini teorici fino ad ora, è

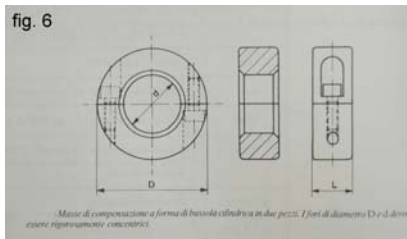


fig. 3

## L'ANGOLO TECNICO

largamente lacunoso e incompleto, ma trattandosi di un argomento alquanto difficile, il presente articolo vuole essere solo divulgativo e non ingegneristico, pratico e non teorico. Ad ogni modo i lavori di equilibratura e bilanciatura che sto per elencare e i calcoli che serviranno per trovare il valore delle masse di compensazione specifiche per realizzare l'equilibratura stessa, sono stati da me eseguiti e collaudati (sui bicilindrici) con, a quanto pare, buoni risultati.

Il lavoro di equilibratura dei vari componenti del motore coinvolti nei movimenti rotatori e rettilinei alternati, inizia con un'accurata



massa di compensazione che dovrà essere applicata al perno di manovella in modo da poter equilibrare

l'albero motore (Fig. 6) ...e mo so' dolori!!!



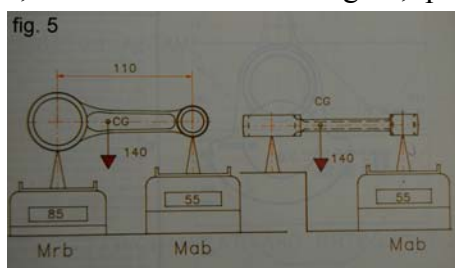
I calcoli per arrivare a stabilire il peso della massa di compensazione li vedremo nella prossima puntata, per adesso guardate a cosa bisogna arrivare...(Fig. 7).



pesatura e bilanciatura.

Le prime misurazioni ponderali dovranno essere fatte

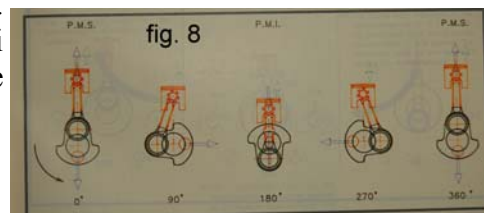
sulla biella (Fig. 4 e 5), che dovrà essere pesata dalla parte della testa e successivamente dalla parte del piede, così come visto in figura, per stabilire quanta massa di questo elemento è sottoposta a rotazione (Mr) e quanta a moto



rettilineo alternato (Ma). Spesso, per convenzione, si assegnano a Mr i 2/3 del peso totale della biella e a Ma il restante 1/3. Se si tratta di un motore bicilindrico il peso delle due bielle dovrà essere fatto combaciare, lavorando, se necessario, per asportare materiale dall'elemento più pesante. Anche nel caso dei pistoni, se il propulsore è un bicilindrico, il peso dovrà risultare uguale in entrambi gli stantuffi, sia che siano sottoposti a lavori di alleggerimento o che non lo siano. A questo punto i dati ricavati, non rimarrà che inserirli in una formula "ad hoc" per scoprire la

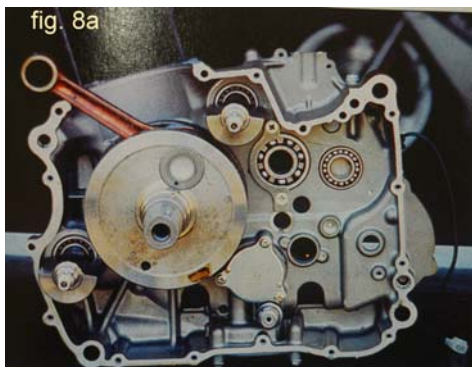
E su un motore monocilindrico? Diciamo subito che su un propulsore ad un cilindro in cui non sono stati inseriti degli alberi controrotanti, l'equilibratura sarà un lavoro di compromesso. E' un po' come la famosa coperta corta: se tiri da una parte si scopre dall'altra e viceversa! E' il caso dei nostri Corsaro, Corsarino e 175. Per ottenere l'equilibrio delle masse alterne su un mono, il metodo tradizionalmente più usato è quello della contrappesatura dei volantini, ma questo sistema risolve solo parzialmente il problema, in quanto se appesantiamo l'albero motore dalla parte opposta delle masse in movimento alternato, otteniamo l'equilibratura solo nei punti morti, PMS e PMI, con conseguente annullamento delle forze sui supporti dell'albero motore, ma in qualsiasi altra posizione rimane uno squilibrio che è massimo quando l'albero si trova a 90 e 270 gradi di rotazione, causando una sollecitazione sui supporti che provoca le vibrazioni (Fig. 8). In pratica le sollecitazioni si trasformano da verticali, lungo l'asse del cilindro (PMS e PMI), a orizzontali, quando l'albero si trova rispettivamente a 90 e 270 gradi, trasversalmente o quasi, rispetto l'asse del cilindro.

Da ciò si deduce che è





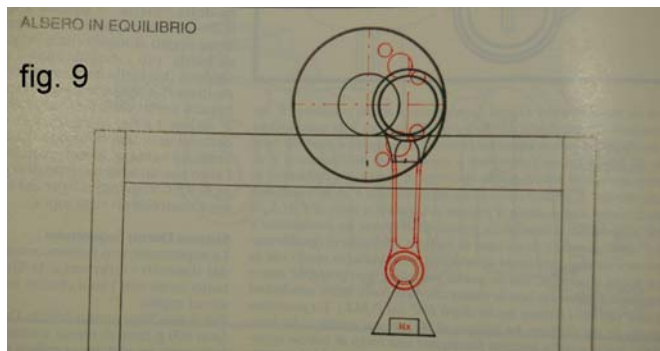
sconveniente annullare completamente la forza alternata verticale in assenza di contralberi di rotazione (**Fig. 8a**), in quanto questa, inesorabilmente, apparirà anche come forza alternata orizzontale e priva di bilanciatura.



L'unico vantaggio è che le forze alternate in "versione" orizzontale, sono meno fastidiose di quelle verticali, perché lavorano

come il movimento (avanzamento) del veicolo.....in orizzontale, appunto. In queste condizioni, ergo, bisogna accontentarsi del raggiungimento del famoso compromesso di cui sopra. La misura del compromesso la dà il **Fattore di Bilanciamento (K)**, che dipende principalmente dall'inclinazione del cilindro: un cilindro verticale ha un K uguale al 60-65%, uno inclinato di 30° ha il K uguale al 52-58%, mentre un cilindro orizzontale arriva ad un K del 30-35%. Le percentuali suddette rappresentano la percentuale di neutralizzazione delle vibrazioni. La formula per ricavare il Fattore di Bilanciamento, quando questo non si conosce, in quanto l'albero motore ha una biella non scomponibile ed è già montato (e non si ha voglia di smontarlo...), è:  $K = Mr : Ma \times 100$  dove Ma è la massa totale sottoposta a moto alternato (Mba + pistone + spinotto + boccola + segmenti; Mba è la massa della biella sottoposta a moto alternato ricavabile dalla pesatura della biella dalla parte del piede, vedi **Fig.4 e 5**); Mr sarà uguale a Mba + **Mx** dove Mx sarà ricavabile dall'equilibratura statica del complessivo albero motore + biella, disposto su coltelli (**Fig. 9**). Mx potrà essere individuato aggiungendo peso ad un piccolo contenitore agganciato al piede di biella, finché il raggio di manovella non verrà a trovarsi perpendicolare all'asse longitudinale della biella (quadratura). Trovato o conosciuto il K, con la formula inversa  $Mr = K \times Ma : 100$ , possiamo venire a scoprire la massa che dovrebbe contrappesare l'imbiellaggio

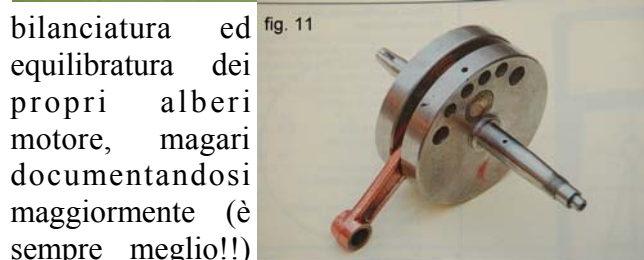
alla distanza del raggio di manovella (attraverso foratura dei volantini e inserimento di metallo più pesante dell'acciaio, come il mallory), o alleggerimento della parte alta dei volantini



(quella vicino al bottone di biella) (**Fig. 10 e 11**).



Buoni calcoli a tutti coloro che vorranno impegnarsi nel lavoro di



bilanciatura ed equilibratura dei propri alberi motore, magari documentandosi maggiormente (è sempre meglio!) prima di intraprendere la strada del "piccolo equilibratore".

Sul prossimo numero del MMC News, vi mostrerò i calcoli per arrivare all'equilibratura dell'albero motore dei nostri cari V2 a 72°.

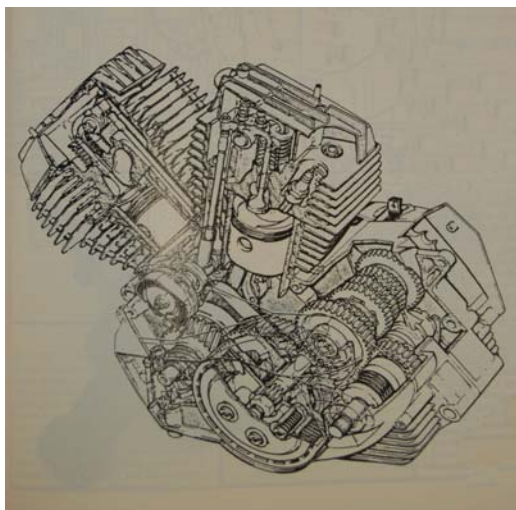
Alla prossima!

Fabio

## L'ANGOLO TECNICO

### EQUILIBRIAMO LE VIBRAZIONI SUI V2 A 72°

Nel precedente articolo abbiamo visto quali sono le parti del motore che devono essere bilanciate ed equilibrate per attenuare il fenomeno delle vibrazioni e abbiamo elencato le cause, le forze d'inerzia che causano il fastidioso tremore che affligge moto e conducente. Abbiamo anche visto, seppur in modo molto rapido, quali sono i principi che bisogna seguire per equilibrare un motore monocilindrico, come i nostri Corsaro e Corsarino, e le operazioni pratiche da portare avanti, anche qui senza inoltrarci in spiegazioni e calcoli troppo



difficili, per portare a termine il lavoro. A questo punto concentriamoci sui bicilindrici V2 di 72° e cerchiamo di .....equilibrarli (se ne hanno bisogno) (**Fig.1**).

Come già visto nello scorso articolo, il lavoro comincia con la pesatura delle bielle e dei pistoni ed entrambi gli organi meccanici dovranno risultare dello stesso peso. Se così non fosse, la prima cosa da fare per rendere uguali i pesi delle bielle e degli stantuffi, sarà l'asportazione di materiale finché la massa delle due coppie di elementi, risulterà uguale. Per togliere peso dalle bielle, si potrà asportare metallo dal fusto (poco e solo lì dove, sui lati, si notano delle irregolarità di fusione) e sul cappello di testa (la parte sicuramente più pesante), sull'arco tra le due viti

di unione, dove c'è il maggiore spessore. Ovviamente il materiale dovrà essere tolto lì dove serve: se c'è una differenza tra le pesate dei due fusti e dei due piedi di biella, in queste zone si agirà per eliminare peso dall'elemento più pesante, mentre se c'è differenza tra le due teste di biella, si opererà in quelle specifiche zone. L'attrezzo che può essere usato per questa operazione, è un frullino dotato di disco per la per sgrossatura di metalli acciaioli e in seguito, per levigare e lisciare bene le superfici lavorate, un disco lamellare con una grana da 120-150.

Per alleggerire il pistone più pesante (o anche per alleggerirli entrambi) invece si potrà operare, con molta attenzione, sulla parte inferiore del cielo, all'interno dello stantuffo, attraverso delle fresature o delle parziali forature (con una punta da trapano arrotata a 110°-120°, quindi poco appuntita, in modo da permettere l'asportazione di materiale senza andare troppo in profondità) facendo attenzione a rimanere nei margini di sicurezza (spessore minimo del cielo circa 2,5-3 mm). Togliere peso dalla testa del pistone ha anche il vantaggio di alleggerire lo stantuffo nel suo punto più pesante e poiché, come sappiamo, nei motori con camere di combustione Heron questo rappresenta un loro limite, asportare materiale da quello specifico punto, è sicuramente vantaggioso. Starei invece attento ad asportare peso dal mantello, riducendolo, perché, anche se più facile da eseguire, questa operazione limita la superficie del mantello rendendo lo stantuffo più instabile, a meno che l'alleggerimento non avvenga con il metodo, tanto caro anche ai vecchi tecnici della Moto Morini, della foratura del mantello, che è valido ma toglie peso nella zona più leggera del pistone.

Dopo aver eseguito i lavori di alleggerimento e aver ripetuto le pesate (mediante nel numero di tre) per confermare che i valori siano uguali nelle due coppie di organi meccanici, si inseriranno i valori trovati nella specifica formula necessaria a determinare la massa di compensazione che andrà poi applicata al perno di manovella dell'albero motore, per poterlo equilibrare.

E' interessante notare che alcuni preparatori al

## L'ANGOLO TECNICO

momento di equilibrare i loro motori, motociclistici e/o automobilistici, costruiscono delle maschere, spesso utilizzando carter e basamenti modificati ad hoc, che gli consentono di equilibrare l'insieme albero motore-bielle-pistoni, durante il loro funzionamento reale, senza quindi dover adoperare masse di compensazione. Si tratta di far girare l'albero motore completo di bielle e pistoni (che si muovono nei loro cilindri e nell'esatta posizione in cui lavoreranno realmente nel propulsore), sulla macchina equilibratrice e di misurare gli eventuali squilibri, correggendoli immediatamente con delle forature sui contrappesi dell'albero motore. Fico, eh!!

Ma torniamo a noi e alla formula di cui parlavamo prima. La formula è:

$$MB = MbR \times 2 + [ (MbA \times 2 + Mpist \times 2) \times \cos 72^\circ ]$$

Dove **MB** è la massa della bussola (di compensazione); **MbR** è la massa rotante della biella (considerata al 100%); **MbA** è la massa alterna della biella; **Mpist** è la massa del pistone; **cos72** è il coseno dell'angolo tra la V dei cilindri che equivale a 0,31 e che rappresenta la percentuale di compensazione (K) della somma delle masse alterne.

MbR può essere ricavata empiricamente calcolando i 2/3 del peso totale della biella, oppure facendo le pesate di cui abbiamo parlato fino ad ora (metodo sicuramente più preciso), mentre MbA può essere ricavata calcolando il 1/3 del peso totale della biella, oppure, ovviamente, facendo le pesate.

Da notare che a seconda degli anni di produzione dei motori bicilindrici Morini, albero motore, bielle e pistoni, hanno pesi differenti. Le bielle dei motori della fine degli anni settanta e dei primi degli anni ottanta, sono più massicce e quindi più pesanti, di quelle dei motori della metà degli anni ottanta (c'è una differenza di circa 40-45 gr). Anche tra i pistoni Sciam e Asso c'è una leggera differenza e ancora di più tra gli alberi motore montati fino al 1983 e quelli adottati dopo quella data (gli alberi motore adottati dal 1983 sono più leggeri di circa 400-430 gr in virtù della

conformazione dei contrappesi). E qui c'è



Fig. 2 Confronto tra un albero motore 350 pre-83 (sn) e un altro dello stesso tipo ma con contrappesi modificati a mannaia

qualcosa che non torna e che fa dubitare un po'



Fig. 3 Albero motore Kanguro con contrappesi a mannaia (post 83)

sulla bontà dell'equilibratura originaria dei propulsori che montano l'albero motore più leggero, perché delle due una: o è sbagliata l'equilibratura dei

propulsori con albero motore più pesante (quelli con contrappesi di forma trapezoidale)

o è sbagliata quella degli altri (con contrappesi a mannaia), ma siccome io ho verificato sperimentalmente che gli alberi motore pre-ottantatre sono ben equilibrati.....tirate voi le somme! E poi, perché con dei pesi di masse alternate (pistoni e bielle) sostanzialmente rimasti inalterati nel corso del tempo, ad un certo punto si decide di cambiare completamente la morfologia e il peso dell'albero motore, squilibrando (così sembra!) completamente il motore? Mah! (**fig. 2 e 3**)

Comunque, una volta calcolata la massa della bussola di compensazione, bisogna passare alla sua realizzazione e qui o siete dotati di tornio o andate da chi è fornito del fondamentale



## L'ANGOLO TECNICO



Fig. 4 Albero motore 350 con bussola per equilibratura dinamica

macchinario. Sia come sia, la prima cosa da fare è rimediare un bel tondo di ferro (meglio se dolce; si lavora meglio!) del diametro di circa 55-60 mm e

dell'altezza di una misura equivalente alla larghezza del perno di manovella in cui deve essere alloggiata (fig. 4). La lavorazione del pezzo dovrà portare alla realizzazione di una bussola formata da due parti, che si uniscono tramite due viti a brugola (fig. 5). Il lavoro prosegue con il controllo del peso della bussola, che dovrà risultare come quello calcolato attraverso la formula precedentemente mostrata. Nel caso in cui il peso della bussola fosse maggiore del previsto, questo potrà essere modificato con l'asportazione di materiale (tornitura e/o foratura), mentre se la



Fig. 5 Bussola di compensazione.

sua massa risultasse inferiore a quella prevista, questa potrà essere aumentata con l'aggiunta di metallo pesante, tipo piombo, che

dovrà essere applicato alla bussola, una volta montata sul perno di manovella.

Costruita la bussola, con il giusto peso verificato, si dovrà passare alla prova di equilibratura statica per controllare che tipo di squilibrio esiste sull'albero motore. Si monta quindi l'albero su coltelli e con un'operazione di prova ed errore, asportando a mano a mano materiale dai contrappesi dell'albero motore (fig. 5a), si dovrà giungere ad una equilibratura statica soddisfacente



Fig. 5a Fori di equilibratura sulle mannaie dell'albero motore 350 cc

in cui l'albero, in qualsiasi posizione venga posto, non dovrà dare luogo a rotazioni decise ma eventualmente solo lievi. A questo punto il pezzo può essere messo sull'equilibratrice dinamica e, a bassa velocità di rotazione, si andrà a perfezionare l'equilibratura dell'albero motore (fig. 6). Ovvio che per le operazioni di equilibratura dinamica ci si dovrà rivolgere ad una seria officina di rettifica, specializzata in questo tipo di lavorazioni.

Cari morinisti "equilibrati", sperando di aver



Equilibratrice con trascinamento a giunto e trapano per alberi a gomito sino a 400 kg. La stessa equilibratrice può essere usata per equilibrare gli alberi di trasmissione.

Fig. 6 Equilibratrice dinamica

affrontato un argomento interessante e di averlo descritto in modo esaustivo, non mi resta che augurarvi buone.....lavorazioni meccaniche!!

Fabio