di Massimo Clarke

BILANCIERI A DITO E BICCHIERINI

Qual è la soluzione migliore? Perché?

CAMMA

DETTA ANCHE ECCENTRICO, DURANTE LA ROTAZIONE AZIONA UNA PUNTERIA O UN BILANCIERE, DETERMINANDO IL MOVIMENTO DELLA VALVOLA

HO NOTATO che in certi motori bialbero molto spinti il diametro dei bicchierini di aspirazione è più grande di quello dei bicchierini di scarico. Non riesco a capire per quale ragione. Secondo me sarebbe più giusto ridurre il diametro dei bicchierini dal lato di aspirazione, dove ci sono valvole più grandi e quindi più pesanti (sono quelle che pongono un limite al regime di rotazione, giusto?).

Ho letto che i motori di F.1 impiegano bilancieri a dito al posto dei bicchierini. Potreste darmi qualche informazione in più? Questa scelta è dettata dal fatto che i bilancieri a dito sono più leggeri, oppure le motivazioni sono altre?

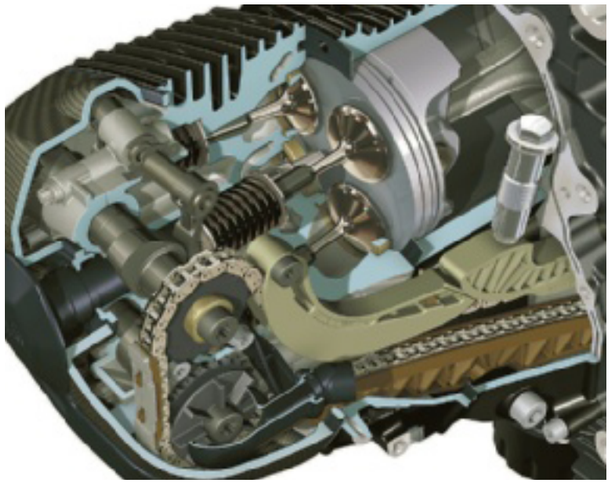
Massimo Bresciani

PER prima cosa, mettiamo in chiaro alcuni concetti. Nei motori di prestazioni molto elevate si impiegano alberi a camme piuttosto spinti, che impartiscono alle valvole delle alzate assai cospicue e leggi del moto decisamente radicali. Non è solo un fatto di anticipi di apertura e di ritardi di chiusura (ovvero di fasatura di distribuzione), quindi. Le valvole devono sollevarsi con estrema rapidità e, analogamente, devono tornare a chiudersi molto velocemente.

Questo significa che il diametro del cerchio di base delle camme non può essere molto ridotto. Sotto un certo valore non si può scendere proprio per ragioni geometriche. Per visualizzare questo, provi a disegnare una CAMME e quindi ad aumentare l'alzata senza modificare il cerchio di base; a un certo punto essa si trasformerà in una sorta di vera e propria leva (diventa troppo "eccentrica", per intenderci) e quindi non potrà funzionare, a meno di aumentare il diametro del cerchio di base. Provi a fare un esempio al contrario: per una data alzata, disegni una camma con cerchio di base di diametro molto piccolo e un'altra nella quale esso è molto, ma molto grande; in questo secondo caso si avrà in pratica un grande cerchio con un piccolo risalto (l'alzata risulta infatti assai modesta, in relazione al diametro).

Dunque, a questo punto dovrebbe essere ben chiaro che, un aumento dell'alzata e una legge del moto della valvole radicale impongono un cerchio di base abbastanza considerevole; più di tanto, però, non si sale per ragioni di ingombro e di velocità di strisciamento. La camma sarà in ogni caso decisamente "eccentrica", ovvero risulterà tanto più alta quanto maggiore è l'alzata che si vuole impartire alla valvola.

Questo rende necessaria l'adozione di punterie a bicchiere di diametro considerevole. Se si monta un albero a camme più spinto, il diametro di quelle originali può non essere più sufficiente in quanto a un certo punto della rotazione la parte sommitale della camma (ossia il cosiddetto "nasello") va a finire oltre il margine della punteria! Questo non deve accadere, in quanto in tal caso il meccanismo camma/punteria addirittura non potrebbe funzionare. Occorre quindi impiegare punterie dotate di un diametro maggiore (e quindi più pesanti). È per questa ragione che, essendo le camillimetrie di aspirazione più spinte di quelle di scarico (ovvero, essendo maggiore l'alzata), da tale lato in certi motori si impiegano punterie con un diametro superiore rispetto a quelle di scarico. Per fare un paio di esempi, hanno fatto ricorso a questa soluzione motori come il Suzuki GSX R 600 e il Kawasaki ZX-6R.



SOPRA, LA DISTRIBUZIONE DEL BICILINDRICO BOXER MONTATO SULLA HP2 SPORT. LA VALVOLE SONO AZIONATE TRAMITE BILANCIERI A DITO, SOLUZIONE UTILIZZATA ANCHE MOTORI DI F.1.

In quest'ultimo le punterie a bicchiere di aspirazione hanno un diametro di 26,5 millimetri, sono alte 19 millimetri e pesano 15,3 gramillimetrii, mentre quelle di scarico sono da 24 millimetri, hanno un'altezza di 17 millimetri e un peso di 12,9 gramillimetrii. Per inciso, l'alzata delle valvole di aspirazione è di 8,6 millimetri e quella delle valvole di scarico di 7,2 millimetri. Per quanto riguarda i bilancieri a dito, effettivamente quelli destinati a motori di potenza specifica molto considerevole (vedi Formula Uno, KTM, Rotax e BMW) sono realizzati in modo da lavorare fondamentalmente a compressione e non a flessione e quindi sono molto leggeri.

L'adozione di un riporto superficiale DLC consente di raggiungere impunemente pressioni di contatto con la camma assai elevate e pertanto rende possibile contenere entro valori molto modesti la larghezza di questi componenti, cosa vantaggiosa per la leggerezza. Per fare un esempio, un bilanciere a dito della BMW S 1000 RR pesa qualcosa meno di 12 gramillimetrii, mentre le punterie dei motori della Honda CBR 1000 e della Suzuki GSX R 1000 pesano 16,5 gramillimetrii. Il vantaggio diventa ancora più evidente se si considera che la parte del bilanciere in prossimità del fulcro in effetti si muove ben poco…

In merito alla possibilità di impiegare leggi del moto molto radicali, offerta dai bilancieri a dito, c'è da tenere presente che oltre al profilo degli eccentrici entra in gioco anche la curvatura del pattino (e che il punto di contatto si sposta lungo quest'ultimo, durante la rotazione della camme). Spesso le camme che lavorano sui bilancieri a dito hanno un fianco che non è convesso o rettilineo, ma leggermente concavo!

Basta osservare da vicino quelle di una BMW S 1000 RR. Le ricordo infine che gli alberi a camme di alcuni motori di F.1 addirittura adottano bilancieri nei quali il raggio di curvatura del pattino non è costante, ma varia gradualmente…

GLI SPINOTTI COME SONO FATTI QUELLI BICONICI?

VORREI sapere cos'è uno spinotto biconico. Perché non costruiscono gli spinotti in titanio? Sarebbero molto più leggeri. È vero che quelli impiegati dalla KTM sono realizzati in un materiale speciale?

Franco Garinei
Roma

GLI SPINOTTI sono organi meccanici molto semplici dal punto di vista geometrico e costruttivo, però svolgono una funzione di importanza fondamentale e devono sopportare impunemente sollecitazioni estremamente elevate. Collegano il pistone alla biella e quindi sono sottoposti a carichi di entità impressionante, dovuti tanto alla pressione dei gas, quanto alle forze d'inerzia (che agiscono alternativamente in un senso e nell'altro). Uno spinotto risulta pertanto sollecitato a flessione, a compressione e a trazione. Tende perciò a deformarsi elasticamente "inarcandosi" e ovalizzandosi (per vero e proprio "schiacciamento"). Deve quindi avere una grande robustezza ed essere assai rigido, ma al tempo stesso deve essere leggero, per quanto possibile, essendo comunque un componente in moto alterno.

La lubrificazione della quale gode non è certo ottimale, sia in quanto nelle zone di lavoro di olio non è che ne arrivi poi tanto (la situazione è migliorata con l'adozione di getti per il raffreddamento dei pistoni). Nel piede della biella il lubrificante entra in genere tramite uno o due piccoli fori, il cui posizionamento può rivelarsi critico, mentre per quanto riguarda le PORTATE del pistone, oggi in genere si fa ricorso a due fresature assiali praticate nelle zone meno caricate (la soluzione precedente prevedeva uno o due fori, che però costituivano comunque dei punti di concentrazione di stress). Il movimento relativo tra lo spinotto, che di norma è flottante (ovvero montato con gioco in entrambi i componenti che collega), la biella e il pistone è di entità modesta, mentre i carichi in gioco sono, come detto, assai rilevanti.

In passato gli spinotti avevano una notevole lunghezza (si avvicinava molto al diametro del pistone), ma in seguito essa è notevolmente diminuita. Le portate dei pistoni si sono avvicinate e gli spinotti sono diventati progressivamente più corti, il che ha comportato due vantaggi: il peso è sceso e la rigidezza è aumentata. In molti casi, comunque, i costruttori hanno aumentato lo spessore delle pareti, diminuendo il diametro del foro interno. Come ovvio le sollecitazioni sono particolarmente elevate nella zona dello spinotto che viene a trovarsi tra ciascuna portata e il piede di biella; aumentano infatti mano a mano che si procede da una estremità verso la parte centrale. Questo ha reso possibile in molti casi una diminuzione del peso di questo componente, ottenuta impartendo al foro dello spinotto stesso una forma conica, con diametro che, da entrambi i lati, aumenta andando verso l'estremità. Nella parte centrale il foro mantiene una forma cilindrica. In passato questa soluzione era largamente impiegata, mentre oggi lo è in misura minore e con zone coniche del foro generalmente di ridotta lunghezza.

In diversi motori di altissime prestazioni il foro è perfettamente cilindrico, eccezion fatta, talvolta, per le due parti terminali soltanto (roba di pochi millimetri, tutto somillimetriato). Oggi gli spinotti dei motori motociclistici di alte prestazioni hanno indicativamente un diametro dell'ordine di 0,21 – 0,25 volte l'alesaggio e una lunghezza pari a 0,56 – 0,68 volte l'alesaggio stesso. Facendo riferimento ai quadricilindrici ultrasportivi di 600 cm ^{3}, si può osservare come gli spinotti siano tutti da 15 millimetri di diametro, eccezion fatta per quello della Suzuki GSX-R che è da 14 millimetri, e abbiano un peso mediamente dell'ordine di 32 – 38 gramillimetrii. Il foro interno ha un diametro compreso tra un massimo di 9,5 millimetri e un minimo di 8 millimetri.

PORTATE

SONO LE DUE PARETI DEL PISTONE NELLE QUALI SONO RICAVATI I FORI PER LO SPINOTTO. HANNO UN NOTEVOLE SPESSORE E COLLEGANO I FORI IN QUESTIONE DIRETTAMENTE CON IL CIELO

Per quanto riguarda i materiali, vengono impiegati generalmente degli acciai da cementazione, spesso al cromo. Solo in alcuni motori di prestazioni particolarmente elevate si usano degli acciai da nitrurazione (come l'eccellente 31 Cr Mo V9), dal costo superiore, ma dalle migliori caratteristiche complessive. In alcuni modelli prodotti dalla KTM si impiegano degli spinotti che, come quelli usati nei motori di F.1, sono dotati di un rivestimento superficiale di DLC (Diamond Like Carbon), avente uno spessore di 2-3 micron e una durezza di 1.600 – 2.500 punti Vickers. I riporti DLC sono numerosi e presentano differenze anche abbastanza rimarchevoli l'uno dall'altro. In campo motoristico sono apparsi inizialmente sui bilancieri a dito delle F.1 e in seguito si sono diffusi in misura via via crescente. Oggi si impiegano anche sulle valvole e sulle canne delle forcelle e stanno trovando applicazioni anche su di un numero sempre maggiore di modelli di serie. Le loro caratteristiche più apprezzate sono il bassissimo coefficiente d'attrito e la notevole durezza, che si traducono in una eccezionale resistenza all'usura, ovvero in una grande durata anche in condizioni di lavoro particolarmente gravose e nella capacità di sopportare pressioni di contatto molto elevate.

Dunque, la KTM non impiega un materiale "esotico" per gli spinotti, ma dell'ottimo acciaio, sul quale viene poi applicato un sottile strato di DLC. In merito al titanio, il limite è costituito dal modulo elastico di gran lunga inferiore a quello dell'acciaio e da una spiccata tendenza all'ingranamento (ovviabile grazie all'impiego di un adatto riporto superficiale); so che sono in corso delle sperimentazioni, ma non sono in grado di dirle di più.

Semplici finché si vuole, gli spinotti sono comunque lavorati con una precisione molto elevata. Le tolleranze dimensionali e geometriche sono, in altri termini, ridotte al minimo. Una particolare attenzione viene dedicata alla finitura superficiale e nelle esecuzioni moderne in genere la rugosità Ra è eguale o inferiore a 0,10 micron.