

# PER LA DISTRIBUZIONE: CATENA O CINGHIA?

**I sistemi di distribuzione dei quattro tempi motociclistici con assi a camme in testa, si sono portati progressivamente su due soluzioni ormai generalizzate: la cinghia dentata e la catena (a rulli oppure Morse), con progressivo abbandono degli alberelli a coppie coniche (totale) e delle cascate di ingranaggi (sopravvive solo su Honda VFR 250R). Qui esaminiamo l'evoluzione, i pregi e i difetti dei due metodi in auge.**

di Sandro Colombo

## Premesse

I primi motori a quattro tempi di produzione motociclistica sono stati per la maggior parte a valvole laterali ed il comando dell'asse a camme nel basamento è stato affidato per la maggior parte ad ingranaggi (dato il ridotto interesse) e solo in qualche caso alla catena.

Anche il passaggio alle valvole in testa, sempre con punterie ed asse a camme nel basamento, non ha modificato questa situazione. Una maggiore varietà di schemi si è presentata con l'adozione di assi a camme in testa (per molti anni limitata ai soli modelli da competizione) e qui bisogna fare dei distinguo proprio in funzione del tipo di impiego. Nella competizione hanno dominato alternativamente l'alberino parallelo al cilindro con due coppie coniche (tipo Norton e Ducati) o i comandi a cascata di ingranaggi. La relativa importanza dei costi ha favorito quelle soluzioni che davano la maggiore sicurezza ed esattezza di fasatura trascurando, dato il tipo di impiego, un altro requisito: quello della silenziosità.

La catena ha visto alcune applicazioni di successo anche nel campo delle competizioni, ma molto limitatamente ri-

spetto ai due sistemi già citati.

La rivincita della catena è venuta con l'applicazione delle distribuzioni ad assi a camme in testa alla produzione di serie dove costo, da un lato, e silenziosità, dall'altro, non lasciavano molte alternative.

In questi ultimi anni, sulla scia di quanto accade in campo automobilistico, anche la cinghia dentata ha fatto la sua apparizione nei motori da moto con risultati promettenti.

Esamineremo ora le caratteristiche principali dei due sistemi impostando le premesse per un loro confronto.

## I comandi a catena

In Europa i comandi della distribuzione a catena sono sempre stati affidati a catene di tipo classico a bussole o a rulli.

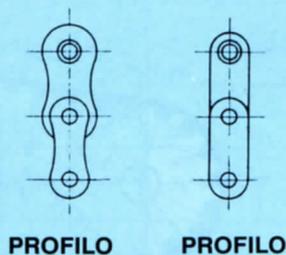
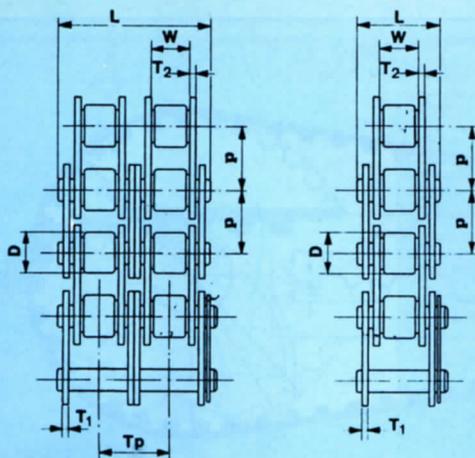
Il passo iniziale di 3/8", rivelatosi ingombrante per i diametri che venivano ad assumere gli ingranaggi dovendosi partire da un minimo di 15-16 denti per l'albero motore, è stato progressivamente sostituito da un passo 8 mm con diverse larghezze e diversi spessori delle piastre a seconda del tipo di applicazione. Si tratta quasi sempre di catene a rulli per garantire una minore usura

degli ingranaggi, rulli che possono essere di tipo avvolto o di tipo imbutito. Il problema principale in un comando a catena è quello del contenimento delle usure fra perni e bussole che si traducono in un allungamento che può essere causa di rumore, oltre che di sfasamenti relativi fra albero motore e gli assi a camme. Per ovviare a questo inconveniente perni e bussole vengono eseguiti in acciai appropriati e trattati opportunamente.

In tempi relativamente recenti i soliti acciai da cementazione hanno lasciato il posto, per i perni, ad acciai da bonifica ad elevato contenimento di carbonio che vengono poi sottoposti ad un trattamento di cromizzazione. Questo trattamento facilita la formazione, in superficie, di strati di pochi micron di carburi particolarmente resistenti alle usure.

Un altro accorgimento importante, sempre per il contenimento delle usure, riguarda le geometrie delle superfici di accoppiamento.

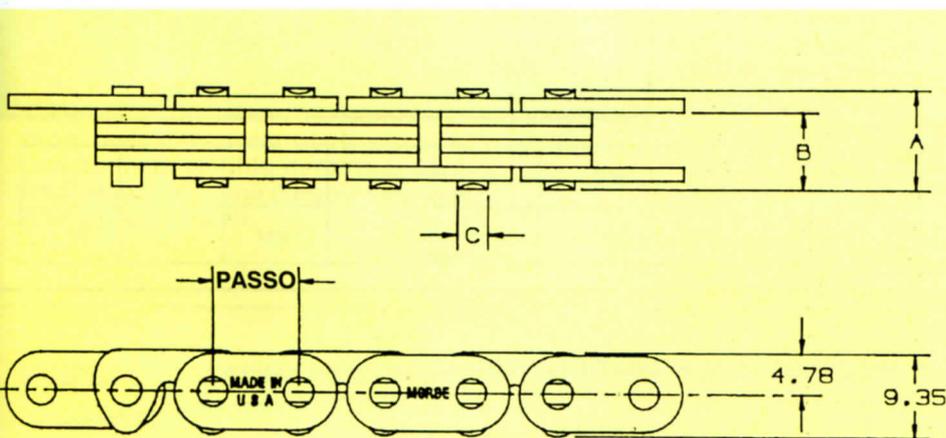
Come è noto, nella costruzione di una catena le bussole vengono pressate nelle piastre interne per formare le maglie. In questa pressatura si ha una contrazione del diametro interno della



- p** passo
- W** larghezza interna
- D** diametro rullo
- Tp** passo trasversale
- T<sub>1</sub>** spessore piastra esterna
- T<sub>2</sub>** spessore piastra interna
- L** lunghezza perno
- P** peso
- R** carico medio di rottura
- catena a bussola
- \* profilo piastre dritto

REGINA N.	p		W min		D max	Tp	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	L max	P		R
	mm	inches	mm	inches						kg/m	Lbs/foot	
ASA 25 RC ●	6,35	1/4	3,18	1/8	3,30	—	0,90	0,90	8,60	0,15	.10	4800
C 104 C ● *	7,774	—	5,00	—	4,59	—	1,03	1,27	11,80	0,31	.21	7700
C 106 ● *	8,00	—	3,90	—	4,77	—	1,03	1,27	11,80	0,31	.21	9800
C 107 H ● *	8,00	—	5,72	—	4,77	—	1,27	1,53	13,80	0,40	.27	12300
C 107 HC ● *	8,00	—	5,72	—	4,77	—	1,27	1,53	13,80	0,40	.27	12300
ASA 35 ●	9,525	3/8	4,77	3/16	5,08	—	1,27	1,27	12,30	0,33	.22	9800
C 120 ● *	9,525	3/8	3,90	5/32	6,35	—	1,03	1,27	11,00	0,35	.23	9800
C 121 ● *	9,525	3/8	5,72	7/32	6,35	—	1,03	1,27	12,80	0,39	.26	9800
C 121 HC SR ● *	9,525	3/8	5,72	7/32	6,35	—	1,27	1,53	13,70	0,45	.30	12250
C 122 ● *	9,525	3/8	5,72	7/32	6,35	—	1,20	1,40	13,70	0,43	.29	9800
C 206 ● *	8,00	—	3,90	—	4,77	8,30	1,03	1,27	19,30	0,60	.40	17600
ASA 35/2 ●	9,525	3/8	4,77	3/16	5,08	10,13	1,27	1,27	22,30	0,66	.44	18600
C 221 ● *	9,525	3/8	5,72	7/32	6,35	10,24	1,03	1,27	23,10	0,74	.50	18600
C 221 C SR ● *	9,525	3/8	5,72	7/32	6,35	10,24	1,03	1,27	23,10	0,74	.50	18600
C 222 BC ● *	9,525	3/8	5,72	7/32	6,35	10,24	1,20	1,40	23,80	0,89	.60	18600
C 226 ● *	12,70	1/2	7,75	5/16	8,51	13,92	1,40	1,63	30,50	1,40	.94	35300
ASA 35/3 ●	9,525	3/8	4,77	3/16	5,08	10,13	1,27	1,27	32,50	0,99	.67	26500
C 322 BC ● *	9,525	3/8	5,72	7/32	6,35	10,24	1,20	1,40	34,10	1,35	.91	26500

Gamma di catene di distribuzione a rulli a semplice e doppio rango della Regina Warner.



Passo	Larghezza nominale catena	A Lunghezza perni	B Distanza estremità perno dal filo piastra guida	C Diametro perni	Spessore del dente
9.525	11.11	11.43	9.37	3.34	5.97 / 5.72
9.525	12.70	13.00	10.69	3.34	7.49 / 7.24

Catena di distribuzione a denti invertiti tipo Morse Ultralite particolarmente indicata per il comando della distribuzione di motori da moto.

bussola in corrispondenza alle piastre per cui la bussola viene ad assumere una forma che viene detta «a botte». Se il foro originale interno delle bussole è perfettamente cilindrico questi restringimenti portano le bussole a lavorare inizialmente sui perni in due zone ristrette di contatto, con forti usure iniziali e sgraditi allungamenti nel periodo iniziale di vita del motore. Si è cercato di fare in modo di evitare questo inconveniente realizzando bussole appositamente sagomate (con scarichi interni ai lati) in modo che la superficie di contatto diventi cilindrica dopo la pressatura delle bussole nelle piastre.

La somma di questi due accorgimenti (bussole sagomate e cromizzazione) ha allungato sensibilmente la vita delle catene di distribuzione di tipo classico. Ulteriori miglioramenti, sempre ai fini di contenere gli allungamenti e le rumorosità, sono stati adottati in sede di definizione del layout della distribuzione.

In particolare sono stati adottati dispositivi di contenimento e di guida dei tratti tesi della catena e ampi tenditori per i tratti laschi. Si tratta in generale di tenditori del tipo a recupero di gioco

che evitano l'insistere sulla catena dei forti carichi che erano necessari con i vecchi tenditori a semplice molla.

In questi, infatti, una leggera molla di recupero (in qualche caso aiutata anche dalla pressione del circuito di lubrificazione) porta avanti un pistoncino che rimane poi bloccato da un saltarello di non ritorno. Il tenditore recupera così il gioco che si è formato, fornisce un appoggio fermo al ramo lasco, ma non lo spinge in modo eccessivo (e quindi non contribuisce a caricare la catena).

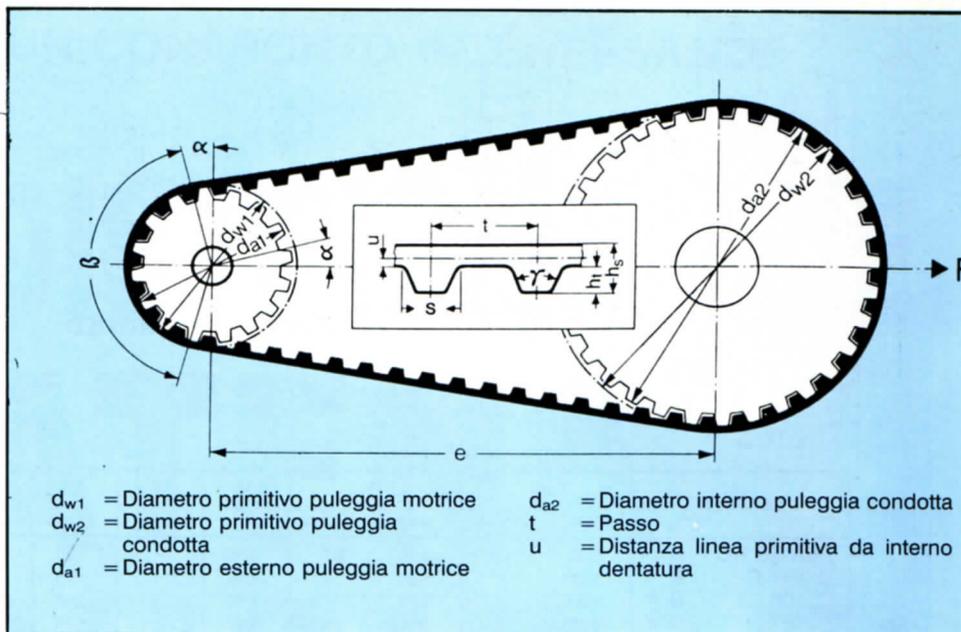
I costruttori giapponesi hanno adottato largamente catene a rulli nei comandi distribuzione con un passo (7,75 mm) di poco diverso da quello unificato ISO di 8 mm in uso presso di noi.

Per i piccoli motori, incluso qualche 125, sono anche scesi ad un passo di 1/4" (6,35 mm).

L'uso di passi piccoli ha vantaggi e svantaggi. Fermo restando che, per i carichi connessi a determinati tipi di distribuzione, non si può scendere sotto certi diametri per i perni della catena (ed i passi vengono determinati di conseguenza) l'adozione di catene a passo lungo porta, come abbiamo già accennato, a diametri spesso inaccettabili per motivi di ingombro. Se si riduce il numero di denti per contenere i diametri si accentua quello che viene definito «effetto poligonale», una irregolarità pericolosa nella trasmissione del moto. Questo effetto poligonale causa una successione di accelerazioni e decelerazioni nel moto dannosa per la vita della catena, effetto tanto maggiore quanto più ridotto è il numero di denti del pignone di comando. Per capire come si genera basta fare riferimento ad un pignone con un numero di denti esageratamente basso, supponiamo sei. Quando il perno è in contatto con il dente si trova su un raggio di valore  $R$ , quando si trova al centro della corda fra due denti si trova su un raggio che vale  $R \cos 30^\circ = 0,866 R$  e quindi passando da un dente al centro della corda ( $30^\circ$  che a 6000 giri/1' sono 08/1000 di secondo) la velocità lineare della catena, e delle camme ad essa collegate, varia di un 13,4%).

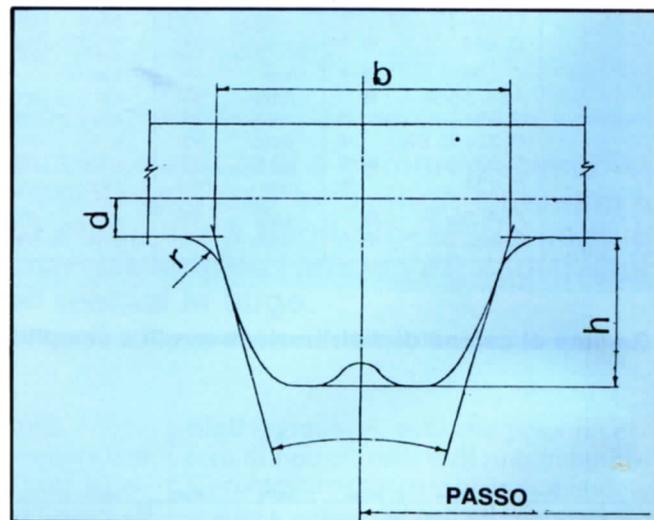
È inoltre ovvio che una riduzione del numero di denti porta anche alla riduzione del numero di denti in presa con la catena al momento di trasmissione del carico con la pratica concentrazione di tutto il carico su un solo perno o quasi.

Per contro, se si accettano i diametri conseguenti, una catena con passo lungo ha meno maglie e quindi l'allunga-

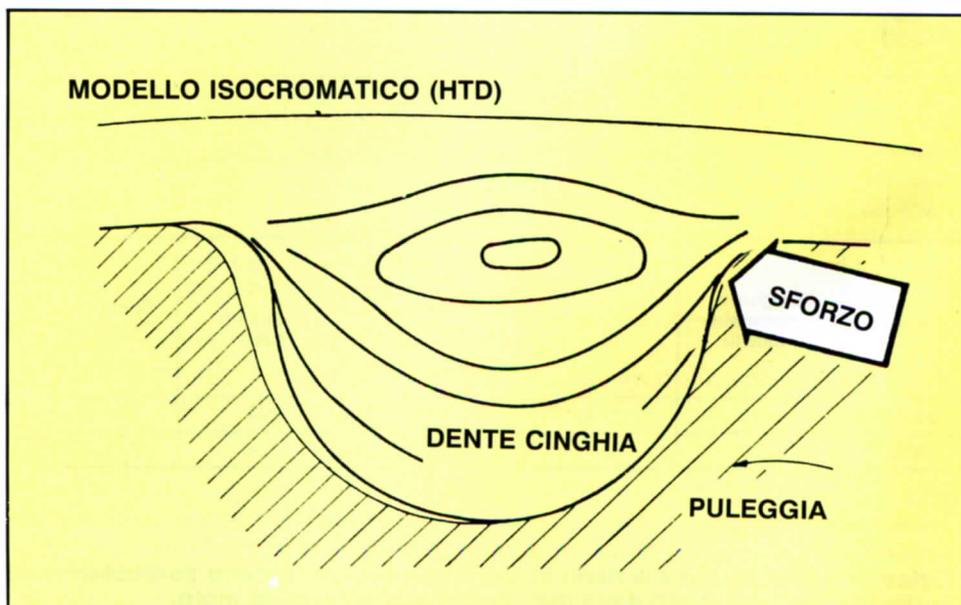


Schema di una trasmissione a cinghia dentata.

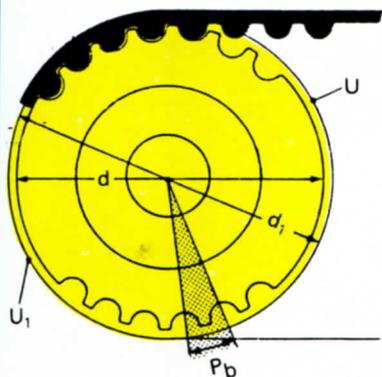
Profilo del nuovo tipo di dentatura delle cinghie Pirelli Isoran per motori a benzina per il passo 8 mm usato nei comandi motociclistici.



Tipo della cinghia	passo	h	b	$\alpha$	r	d
RHP	8,00	2,9	5,5	30°	1,0	0,7



CIRCONFERENZA PRIMITIVA DELLA PULEGGIA	$U = z \times P_b$
NO. DEI DENTI [ PULEGGIA CINGHIA	$z$ $z_b$
DIAMETRO PRIMITIVO	$d_1 = \frac{U}{\pi}$
PLD	PLD = 1,37V mm (.054")
DIAMETRO ESTERNO	$d = d_1 - \text{PLD}$
PASSO	$P_b =$ 9,525mm (3/8")
LINEA PRIMITIVA DELLA CINGHIA	$U_1 = z_b \times P_b$



Schema di definizione degli elementi fondamentali di una cinghia dentata Uniroyal a denti arrotondati.

mento inteso come prodotto del gioco fra perno e bussola per il numero di perni, risulta più contenuto. Ragionamenti opposti possono essere fatti per catene con passo corto: meno effetto poligonale a parità di diametri e maggior numero di maglie che contribuiscono all'allungamento.

A questo proposito deve essere però fatta anche una osservazione aggiuntiva (sempre a parità di diametri). Con passi lunghi e meno denti l'angolo di rotazione relativa fra perno e bussola è maggiore che non con passi corti e maggior numero di denti e quindi anche le usure unitarie sono proporzionalmente maggiori.

La pratica ha dimostrato che i valori più diffusi (7,75 o 8 mm) sono, in campo motociclistico, quelli che danno i migliori risultati.

Un perfezionamento introdotto nei motocicli giapponesi o meglio su quelli

in cui la silenziosità fa premio sulla prestazione è costituito dall'adozione di catene tipo Morse a dentatura interna. Contrariamente alle similari prodotte per applicazioni più importanti, che hanno perni a contatto volvente con superfici affacciate su tutta la lunghezza, qui le piastre multiple sono collegate da perni cilindrici alternativamente bloccati o liberi nelle piastre fra loro adiacenti.

Il loro contributo alla silenziosità del complesso è notevole ed inoltre, a parità di numero di denti con le catene a rulli, i pignoni hanno diametri più piccoli ed il continuo contatto del profilo annulla l'effetto poligonale.

### I comandi a cinghia dentata

La cinghia dentata ha fatto il suo ingresso in campo automobilistico per il comando della distribuzione negli anni sessanta.

Si tratta, come è noto, di anelli armati con fibre ad alta resistenza meccanica con dentatura interna o, in qualche caso sui due lati.

A seconda delle tecnologie costruttive, i denti possono avere forma trapezoidale od arrotondata.

Le pulegge di comando devono essere dentate in accordo al tipo di profilo del dente e, ovviamente, al passo. Devono essere previsti anche degli spallamenti sulle pulegge per il contenimento laterale delle cinghie.

I passi più usati per i comandi distribuzione nelle costruzioni automobilistiche sono il 1/2" ed il 3/8" con larghezze della cinghia di 1".

In campo motociclistico si preferiscono passi più piccoli. La maggior parte delle applicazioni note usa un passo di 8 mm con larghezze attorno ai 19 mm.

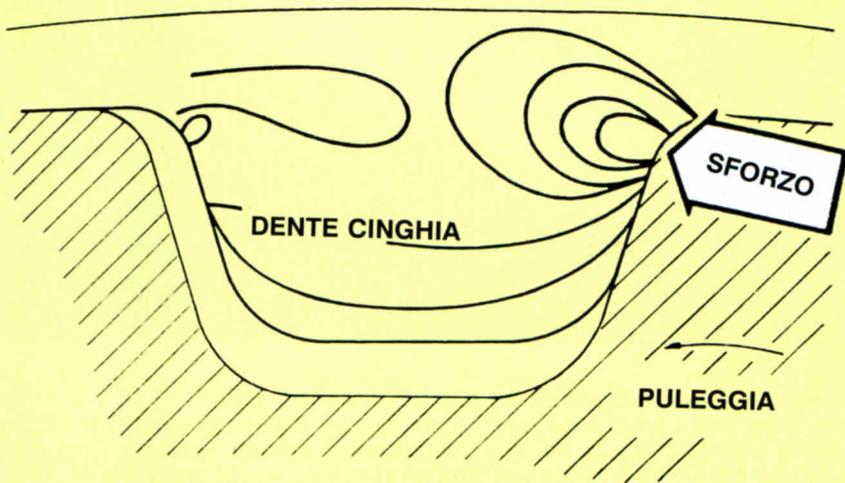
Un problema importante, nei comandi a cinghia dentata, data l'inesistibilità del collegamento è costituito dalla tensione da dare alla cinghia.

Tensioni troppo basse provocano possibili scavalcamenti nelle brusche accelerazioni o negli avviamenti con danni irreparabili al motore. Tensioni troppo elevate causano usure rapide per surriscaldamento della cinghia.

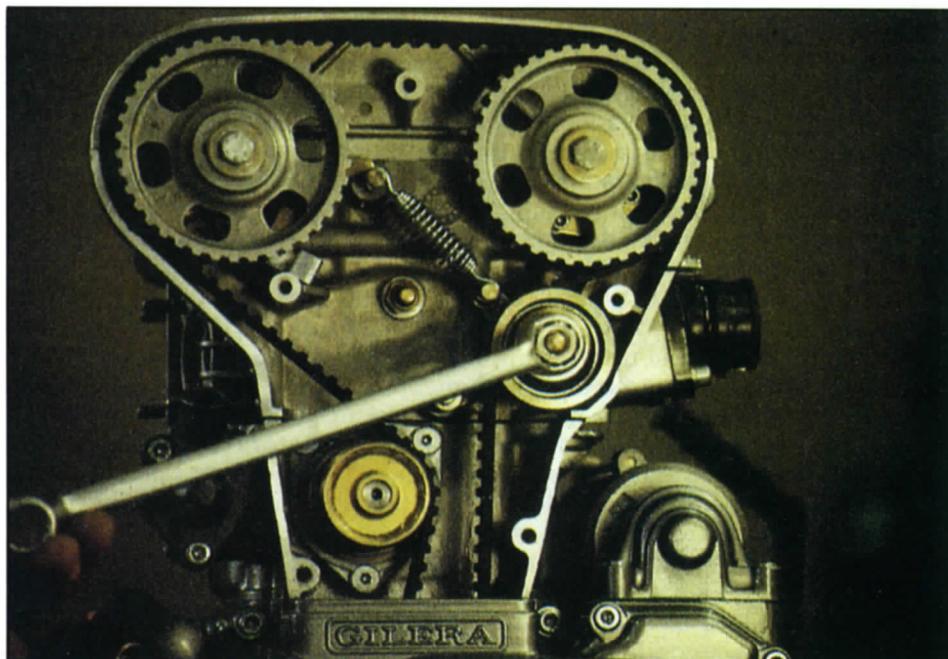
Il problema del tensionamento è ulteriormente complicato nei motori da moto (che sono interamente in lega leggera) dalle variazioni di interasse introdotte dalle dilatazioni termiche, per cui cinghie con giusta tensione a caldo possono essere troppo lasche a freddo e cinghie con giusta tensione a freddo possono essere troppo tese a caldo. Il giusto compromesso viene trovato in fase sperimentale ed i motori vengono

Confronto con modelli isocromatici della concentrazione degli sforzi in una normale cinghia dentata a denti trapezoidali e in una cinghia Uniroyal a denti arrotondati.

### MODELLO ISOCROMATICO (DENTE TRAPEZOIDALE)



►  
**Comando distribuzione a cinghia sui motori Gilera 350, 500 e 560 cc. La cinghia, che comanda anche la pompa dell'acqua, è tesa da un rullo tenditore montato su un eccentrico. La corretta tensione è fornita dalla molla visibile in figura che, agendo su un braccio incernierato, accosta il rullo e mette in tensione la cinghia. Il rullo viene successivamente bloccato nella sua posizione dal dado filettato sul perno dell'eccentrico.**



solitamente dotati di tenditore con molle tarate in modo da assicurare la giusta tensione prima del bloccaggio definitivo del tenditore attraverso un bullone.

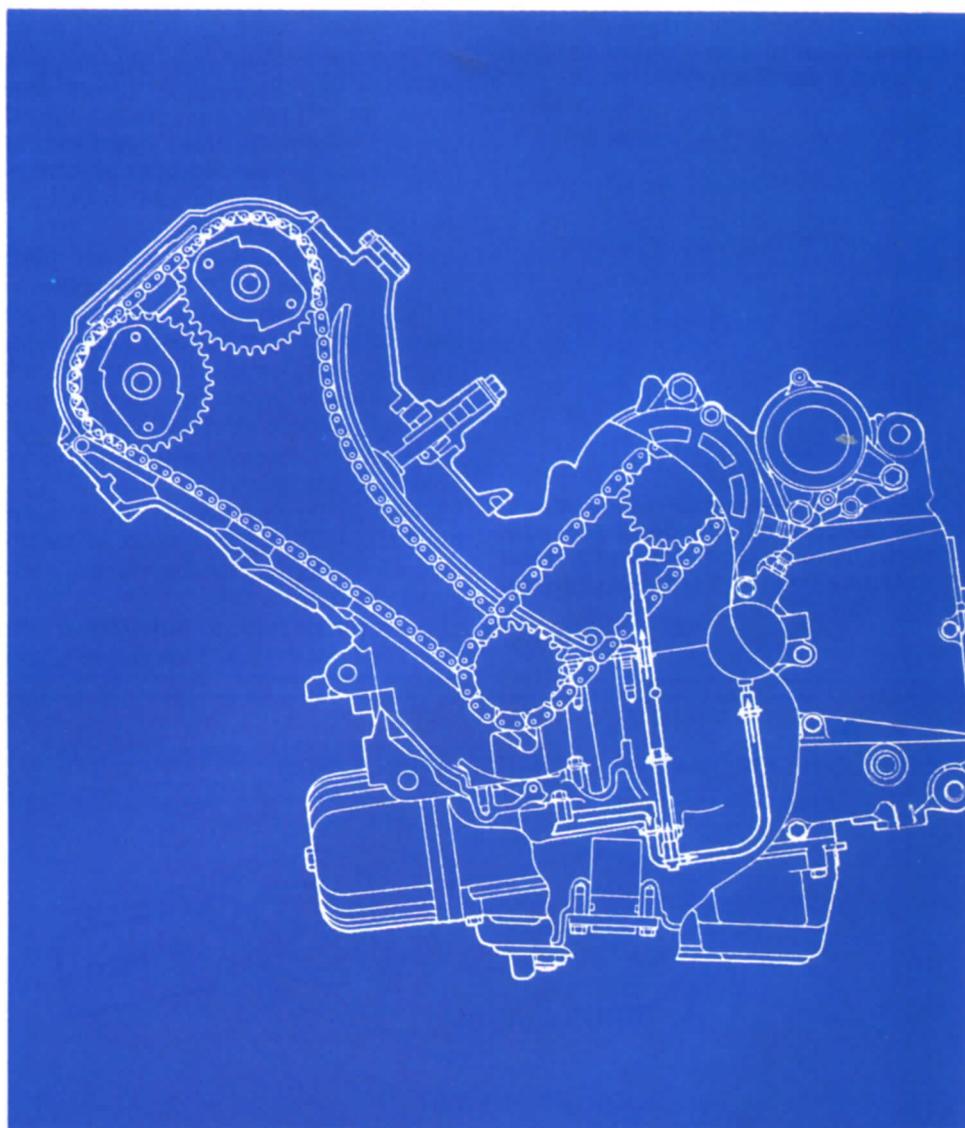
### Il confronto

In generale un confronto di questo tipo può essere impostato su cinque parametri: precisione del comando nel tempo, silenziosità, durata, costo, ingombro. Come precisione, o meglio come conservazione di questa precisione nel tempo, la cinghia dentata, data la sua inestensibilità è senz'altro superiore. La catena, con gli inevitabili allungamenti, introduce leggeri sfasamenti, anche se di ordine accettabile.

Anche per la silenziosità la superiorità della cinghia dentata, se la tensione è corretta, è fuori discussione.

La catena ha invece sicuramente maggior durata se si accettano le rumorosità che comportano accentuati allungamenti anche qualora il tenditore funzioni bene. Il costo, a parità di azionamenti, non è alla fine molto dissimile per i due sistemi. Dove la catena è sicuramente vincente è nel campo dell'ingombro e non solo per la differenza diretta fra le due larghezze, ma anche per il fatto che la cinghia richiede, dovendo lavorare a secco, l'inserimento sugli alberi di anelli di tenuta olio che hanno un discreto ingombro assiale. La cinghia è anche molto più flessibile nelle sue applicazioni ai pluricilindrici consentendo anche un comando centrale, cosa impossibile con la cinghia.

Dal punto di vista del Layout generale del motore, la catena consente anche, attraverso il vano che la contiene, un facile ritorno dell'olio dalla testa mentre nel caso della catena è necessario prevedere apposite canalizzazioni. ■



**Comando della distribuzione a catena del motore Yamaha FZR 750. Notare le guide fisse per i tratti tesi (anche nel breve tratto superiore) ed il pattino tenditore sul ramo lasco. Per questo comando è stata impiegata una catena a rulli passo 7,75. Per il comando dell'alternatore (sulla destra) è stata invece impiegata una catena silenziosa di tipo Morse a denti invertiti.**