Capitolo 4

Su un manovellismo agiscono forze esterne, dipendenti dal tipo di macchina, e le forze d'inerzia.

Le **forze esterne** sono costanti in certi tipi di macchina, come nelle macchine idrauliche:

$$F = \rho \cdot g \cdot h \cdot S$$

Se F è allineata con la direzione di spostamento della testa a croce, può essere scomposta in due componenti:

- una componente ortogonale alle guide: $F'' = F \cdot \operatorname{tg} \beta$, che si scarica sulle guide stesse;
- una componente diretta lungo l'asse della biella:

$$F' = \frac{F}{\cos \beta}$$

che sollecita la biella a compressione. Se la biella è tozza, si può dimensionare a compressione semplice, altrimenti a carico di punta.

La componente F' può essere scomposta a sua volte in due componenti:

- una componente diretta lungo l'asse della manovella

$$F_r = F \cdot \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

- una componente diretta tangenzialmente alla manovella: , che produce il moto dell'albero.

Per il calcolo delle **forze d'inerzia** che agiscono sul piede di biella, $F_i = m_i \cdot a$, si considera una massa m_i che comprende le masse dello stantuffo, dello spinotto, delle fasce, della testa a croce e dei 2/3 della lunghezza della biella.

La manovella è soggetta a un moto rotatorio e quindi a una **forza centrifuga** $F_c = m_c \cdot \omega^2 \cdot r$, dove la massa m_c comprende le masse della testa di biella, del bottone di manovella, di 1/3 della lunghezza della biella e della manovella. Per evitare errori, in quanto la forza centrifuga dovrebbe essere applicata nel baricentro della manovella e non in B, si riduce la massa della stessa:

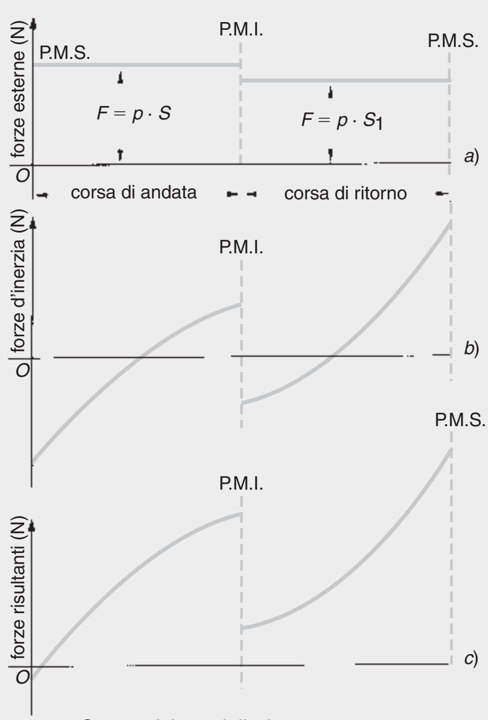
$$m'_m = m_m \cdot \frac{r_0}{r}$$

dove r_0 è la distanza del baricentro da O.

Il calcolo delle **forze risultanti** si esegue sommando per ogni posizione le forze esterne a quelle d'inerzia, assumendo positive quelle che favoriscono il moto. Il dimensionamento degli organi è eseguito considerando le forze risultanti nella posizione dove queste sono massime(figura A).

Per i **motori endotermici** il problema è più complesso in quanto le forze esterne non sono costanti. Partendo dal ciclo termico del motore nel piano p-V, si passa al piano p-α e quindi a F-α moltiplicando p per la sezione S. Le forze esterne si possono quindi sommare alle forze d'inerzia (figura B).

Figura A



Composizione delle forze esterne con le forze d'inerzia

La forza che produce il momento motore non è solo la componente F_t delle forze esterne. Indicando con N la forza risultante sulla biella, si può scrivere:

$$F_t = F \cdot \frac{\operatorname{sen}(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

e quindi

$$N_t = N \cdot \frac{\operatorname{sen}(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

Analiticamente si ricava quindi per il **momento motore** l'espressione:

$$M_m = N \cdot r \cdot \left(\operatorname{sen} \alpha + \frac{\cos\alpha \cdot \operatorname{sen}\alpha}{\sqrt{\mu^2 - \operatorname{sen}^2 \alpha}} \right)$$

Il momento motore non è quindi costante e si annulla al P.M.I e al P.M.S. Graficamente si può ricavare moltiplicando il diagramma di N_t per r.

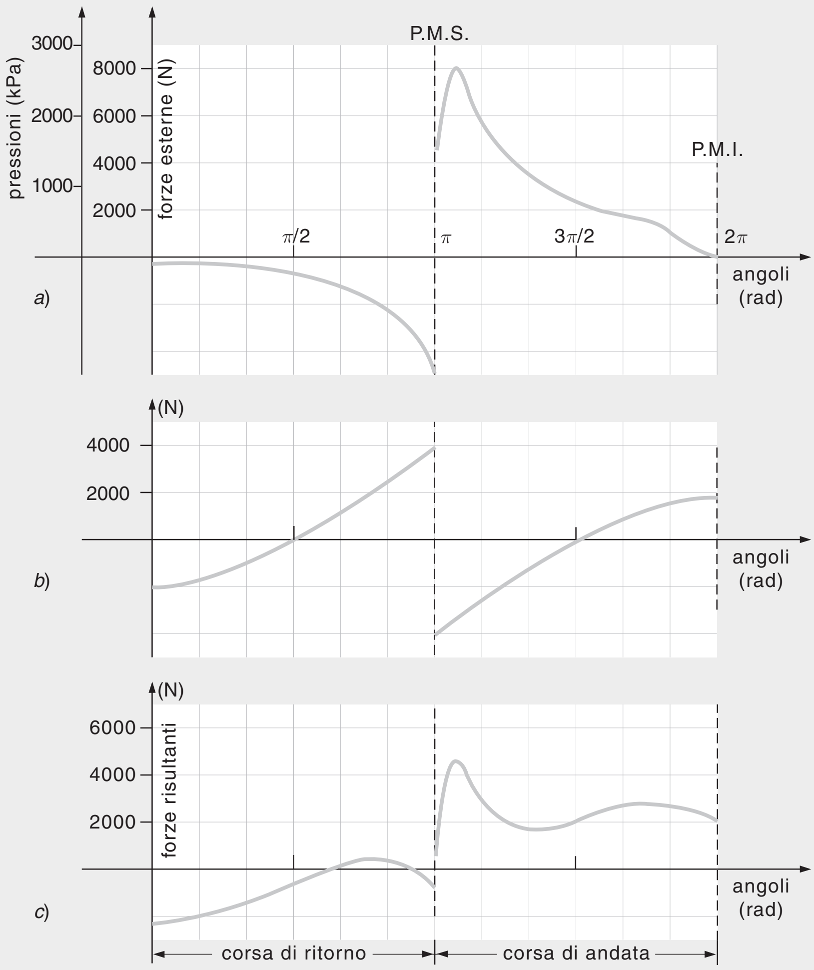
La biella è sollecitata da una forza

$$N' = \frac{N}{\cos \beta}$$

massima in posizione di quadratura.

Il calcolo delle **bielle lente** (regime di rotazione inferiore a 300 giri/min) inizia fissando forma e di-

Figura B



mensioni della sezione. Si valuta il valore del rapporto di snellezza λ e, se questo è inferiore a 30, si procede a una verifica a compressione semplice; se è compreso tra 30 a 100, si utilizzano formule empiriche o il metodo omega; se $\lambda > 100$ si fa ricorso alla formula di Eulero. Il grado di sicurezza necessario

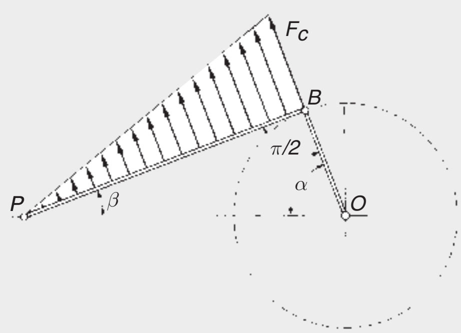
$$\frac{P_{cr}}{N} = a$$

deve essere molto elevato a causa delle sollecitazioni alternate nelle macchine a doppio effetto e viene scelto in funzione del tipo di macchina. Se il regime di rotazione aumenta è sufficiente un *a* anche basso. Per i motori a carburazione si sceglie *a* compreso tra 5 e 15.

Il calcolo delle **bielle veloci** tiene conto, oltre che dello sforzo normale, anche del momento flettente prodotto dalla forza centrifuga, che varia linearmente da 0 in P a un valore per unità di lunghezza in B (dove m è la massa per unità di lunghezza $F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$ della biella)(figura C). La tensione interna vale:

$$\sigma_{\text{tot}} = \frac{N'}{A} + \frac{M_f}{W_f}$$

Figura C



Si calcolano poi gli altri organi collegati alla biella. Se N_0 è la massima sollecitazione di trazione agente sulla biella, $N_0/2$ agisce sui ognuno dei due perni che uniscono le due parti in cui è divisa la testa di biella nelle grandi motrici:

$$\frac{N_0}{2 \cdot A} \le \sigma_{am}$$