

**CORSO DI
ELEMENTI COSTRUTTIVI DELLE MACCHINE
(NUOVO ORDINAMENTO)**

APPELLO DEL 13 GENNAIO 2006

In figura è mostrato, nelle sue proiezioni frontale e laterale, l'albero intermedio di una trasmissione meccanica ad ingranaggi a denti dritti. Si noti che l'albero ha forma simmetrica rispetto alla mezzeria.

Nelle condizioni di progetto, tale albero è destinato a lavorare per 250 ore ruotando a 30 giri al minuto con coefficiente di sicurezza $X = 1.75$.

Dopo 150 ore di lavoro, ci si rende conto che l'albero dovrà permanere in servizio per un tempo superiore a quello originariamente previsto. Di conseguenza, per allungare la vita operativa del pezzo, si decide di smontare l'albero e di calettare le ruote dentate in posizione scambiata, in modo che quando la trasmissione viene nuovamente assemblata l'albero (ma non le ruote) risulti rovesciato.

Si chiede di valutare:

- il momento motore massimo M_{mot} applicabile al pignone motore nelle condizioni iniziali di progetto;
- la durata della seconda fase di lavoro mantenendo invariato il momento applicato, la velocità ed il coefficiente di sicurezza.

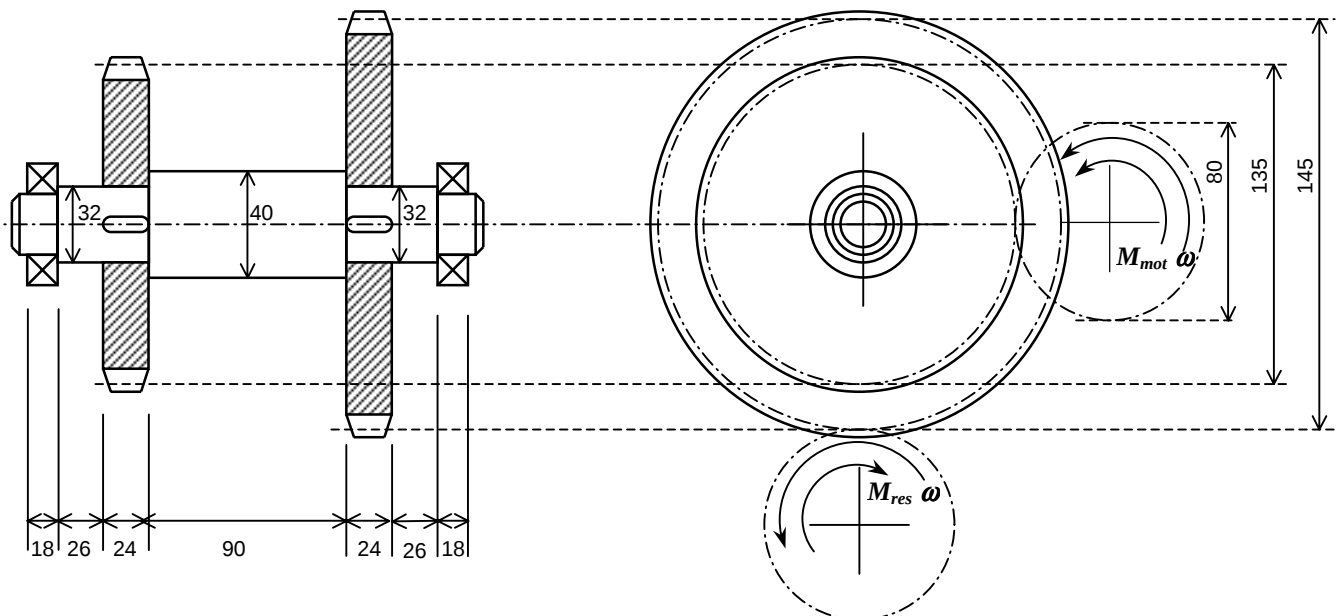
Altri dati:

Materiale (acciaio da bonifica 40NiCrMo7): $\sigma_R=1180\text{ MPa}$, $\sigma_S=940\text{ MPa}$, $\sigma_{LF}=450\text{ MPa}$

Finitura superficiale: *rettifica media*

Angolo di pressione: $\theta = 20^\circ$

Raggi di raccordo non quotati: $r = 2\text{ mm}$



SOLUZIONE BREVE

Primo quesito:

Indicando con B la sezione di calettamento della ruota più piccola e con C quella della ruota più grande, si potranno calcolare, nelle condizioni di progetto, le forze che sollecitano l'albero in funzione del momento motore incognito M_{mot} :

$$F_{cB} = 25 M_{mot} \quad N \quad (\text{componente circonferenziale della forza di contatto in } B)$$

$$F_{rB} = 9.1 M_{mot} \quad N \quad (\text{componente radiale della forza di contatto in } B)$$

$$F_{cC} = 23.28 M_{mot} \quad N \quad (\text{componente circonferenziale della forza di contatto in } C)$$

$$F_{rC} = 8.472 M_{mot} \quad N \quad (\text{componente radiale della forza di contatto in } C)$$

Dalle forze si ricavano i valori del momento flettente sui piani verticale e orizzontale:

$$M_{fvB} = 0.8195 M_{mot} \quad Nm$$

$$M_{foB} = 0.0838 M_{mot} \quad Nm$$

$$M_{fvC} = 0.0427 M_{mot} \quad Nm$$

$$M_{foC} = 0.7501 M_{mot} \quad Nm$$

che composte tra loro danno i seguenti valori del momento flettente in B e C :

$$M_{fB} = 0.8238 M_{mot} \quad Nm$$

$$M_{fC} = 0.7513 M_{mot} \quad Nm$$

Similmente si calcola il momento torcente in funzione del momento motore incognito:

$$M_t = 1.6875 M_{mot} \quad Nm$$

La sezione B risulta essere la più sollecitata.

In essa le componenti equivalenti della sollecitazione ciclica valgono (caso flessione rotante, torsione statica):

$$\sigma_{a eq} = k_e M_{fB} / W_f = 805724 M_{mot} \quad Pa \quad (\text{avendo posto } k_e = 3.14 \text{ per la presenza dello spallamento e della linguetta})$$

$$\sigma_{m eq} = M_t / W_t = 262279 M_{mot} \quad Pa$$

Dopo aver inserito questi valori nell'equazione della retta di Goodman:

$$\frac{805724 M_{mot}}{b_1 b_2 \sigma_{Nprog}} + \frac{262279 M_{mot}}{\sigma_R} = \frac{1}{X}$$

si ricava M_t , avendo prima valutato σ_{Nprog} per la durata di progetto N_{prog} :

$$N_{prog} = 250 \cdot 60 \cdot 30 = 450000 \text{ cicli}$$

$$\sigma_{Nprog} = \sigma_R (1000 / N_{prog})^{1/m} \quad \text{con } m = 7.166$$

Si sono inoltre assunti $b_1 = 0.83$ e $b_2 = 0.87$

Si ottiene infine: $M_{mot} = 234 Nm$

Secondo quesito:

Dopo 150 ore, l'albero ha compiuto $n_1 = 270000$ cicli di lavoro. Questi hanno portato un danno D_{B1} alla sezione B pari a $n_1 / N_{prog} = 0.6$ ed anche un danno alla sezione C che può essere valutato dopo aver calcolato il numero massimo N_{Cmax} che tale sezione potrebbe sopportare sotto i carichi che le competono.

Dalle relazioni precedenti, per la sezione C si può calcolare:

$$M_{fC} = 0.7513 M_{mot} = 176 Nm$$

$$\sigma_{a eq} = k_e M_{fC} / W_f = 172 MPa$$

$$\sigma_{m eq} = M_t / W_t = 61.4 MPa$$

$$\sigma_N = 458.8 MPa \quad (\text{dall'equazione della retta di Goodman})$$

$$N_{Cmax} = 870350 \quad (\text{dalla curva del Wöhler})$$

$$D_{C1} = n_1 / N_{Cmax} = 0.31$$

Dopo l'inversione della posizione dell'albero, la sezione originariamente in B , ed ora sollecitata dai carichi calcolati per la sezione C , potrà ancora sopportare un numero di cicli pari a:

$$n_{2B} = (1 - D_{B1}) N_{Cmax} = 348140$$

mentre la sezione originariamente in C , ed ora sollecitata dai carichi calcolati per la sezione B , ne potrà sopportare:

$$n_{2C} = (1 - D_{C1}) N_{prog} = 310400$$

In conclusione, essendo $n_{2C} < n_{2B}$, la durata nell'albero nella seconda fase di lavoro è di 310400 cicli, pari a 172.4 ore.