

ARGOMENTO Verifica di alberi, ruote dentate, scelta di cuscinetti a rotolamento

RIFERIMENTO Volume 2, Capitolo 13; Volume 3, Capitoli 5 e 6

Nel disegno allegato (figura A) è rappresentato un albero che trasmette una potenza di 100 kW alla velocità angolare di 1450 giri/min. La ruota dentata calettata su di esso per mezzo del profilo scanalato a profili cilindrici (UNI 8953-8×46×54T), presenta le seguenti caratteristiche geometriche:

- numero dei denti $z = 17$;
- modulo $m = 5$ mm;
- angolo di pressione $\theta = 20^\circ$;
- larghezza della fascia dentata $b = 50$ mm.

L'albero alla sua estremità è dotato di un ulteriore profilo scanalato (UNI 8953-8×42×48T) destinato ad accogliere la flangia di un giunto.

Il candidato, in base alle conoscenze acquisite durante il percorso formativo, tenendo conto dei dati indicati e completati dalle sue opportune assunzioni, esegua:

- la verifica di stabilità dell'albero e della ruota dentata, scegliendo opportunamente i materiali;
- la scelta dei cuscinetti fissando un obiettivo di durata di 8000 ore;
- il disegno costruttivo dell'albero, completo di quote, tolleranze (geometriche e dimensionali) e gradi di rugosità.

Inoltre, facendo riferimento a un determinato numero dei pezzi da produrre, definisca il ciclo di lavorazione dell'albero, mettendo in evidenza le sequenze delle operazioni di produzione e di collaudo, il grezzo di partenza, le macchine, gli utensili, i parametri di taglio e i trattamenti termici.

Le dimensioni non indicate si ricavano dal disegno.

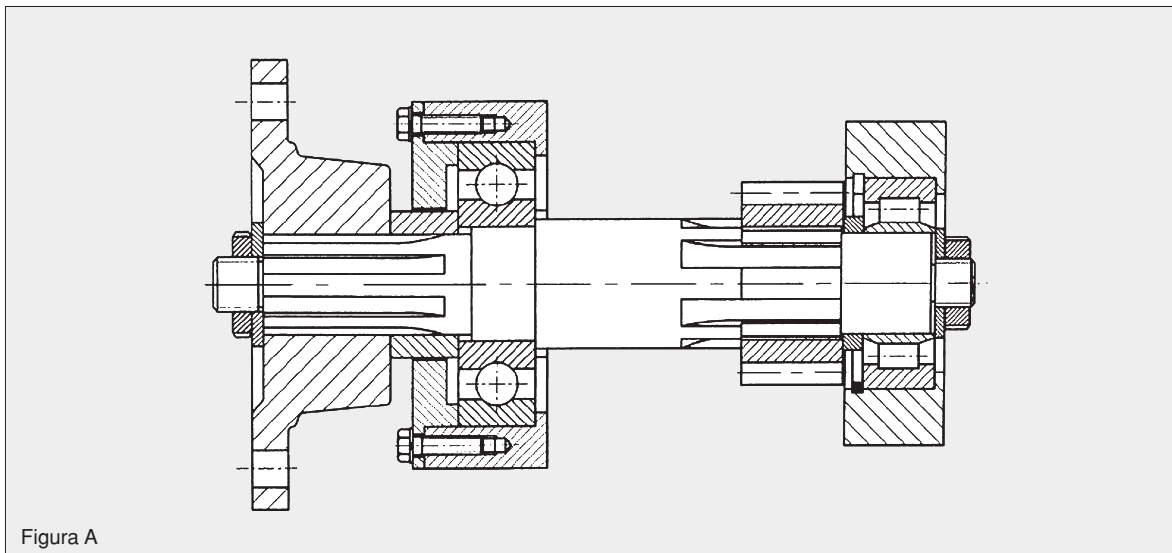


Figura A

Partendo dalla larghezza della ruota dentata (che è un dato del problema, 50 mm) e ipotizzando che il disegno allegato sia in scala, si calcola (figura B) che la mezzzeria della ruota dista 55 mm dall'appoggio B e 149 mm dall'appoggio A, come indicato nello schema di figura C.

Verifica dell'albero

Per la sua verifica l'albero viene schematizzato come una trave tra due appoggi, sollecitata da un momento torcente M_t e dalla forza F trasmessa all'albero stesso dalla ruota dentata.

Calcoliamo il momento torcente sapendo dal testo la velocità di rotazione dell'albero (1450 giri/min) e la potenza trasmessa (100 kW):

$$M_t = 9549,3 \cdot \frac{100}{1450} \cong 658,6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Per calcolare la forza F occorre calcolare il diametro primitivo della ruota dentata, ricavabile dai dati del testo:

$$d_{p1} = m \cdot z = 5 \cdot 17 = 85 \text{ mm}$$

Il raggio primitivo è quindi $r_{p1} = 42,5 \text{ mm}$.

La forza tangenziale che agisce sulla ruota è:

$$F_t = \frac{M_t}{r_{p1}} = \frac{658\,600}{42,5} \cong 15\,496 \text{ N}$$

e la forza che agisce sull'albero:

$$F = \frac{F_t}{\cos \theta} = \frac{15\,496}{\cos 20^\circ} \cong 16\,490 \text{ N}$$

Si determinano quindi facilmente le reazioni vincolari:

$$R_A = \frac{16\,490 \cdot 55}{(149 + 55)} \cong 4446 \text{ N}$$

e quindi

$$R_B = 12\,044 \text{ N}$$

Il massimo del momento flettente si ha nella sezione C , in corrispondenza della mezzeria della ruota dentata, e vale:

$$M_{fC} = 4446 \cdot 149 \cong 662\,450 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Quindi in corrispondenza del profilo scanalato UNI 8953-8×42×48 (zona giunto, diametro dell'albero 42 mm) l'albero si verifica solo a torsione, mentre in corrispondenza del profilo scanalato UNI 8953-8×46×54 (zona ruota dentata, diametro dell'albero 46 mm) va verificato tenendo conto di un momento flettente ideale pari a:

$$M_{f(id)} = \sqrt{M_{fC}^2 + 0,75 \cdot M_t^2} = \sqrt{662\,450^2 + 0,75 \cdot 658\,600^2} \cong 874\,150 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Nel primo caso abbiamo una sollecitazione

$$\tau = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{M_t}{d^3} = \frac{16}{\pi} \cdot \frac{658\,600}{42^3} \cong 45,2 \text{ N/mm}^2$$

per cui k_t (o τ_{am}) deve essere superiore a $45,2 \text{ N/mm}^2$, e k (o σ_{am}) superiore a

$$45,2 \cdot \sqrt{3} \cong 78,4 \text{ N/mm}^2$$

Nel secondo caso, invece, abbiamo una sollecitazione;

$$\sigma = \frac{32}{\pi} \cdot \frac{M_t}{d^3} = \frac{32}{\pi} \cdot \frac{874\,150}{46^3} \cong 91,5 \text{ N/mm}^2$$

Comanda quindi, per la scelta del materiale dell'albero, la sezione in corrispondenza della ruota dentata. Assunto un coefficiente di sicurezza pari a 9, si dovrà scegliere un materiale che abbia una σ_r pari almeno a 820 N/mm^2 . Si vede a pag. 391 del Manuale, tab. 48, che, per barre di diametro tra 40 e 100 mm, come nel nostro caso, si può scegliere come materiale un acciaio 42CrMo4.

Verifica della ruota dentata

Poiché il testo non dà il rapporto di trasmissione, non è possibile verificare la ruota a usura, come sarebbe opportuno, ma si potrà fare unicamente una verifica a flessione. Si userà quindi la formula

$$m = G \cdot \sqrt[3]{\frac{M}{f_v \cdot \sigma_{am} \cdot \lambda}}$$

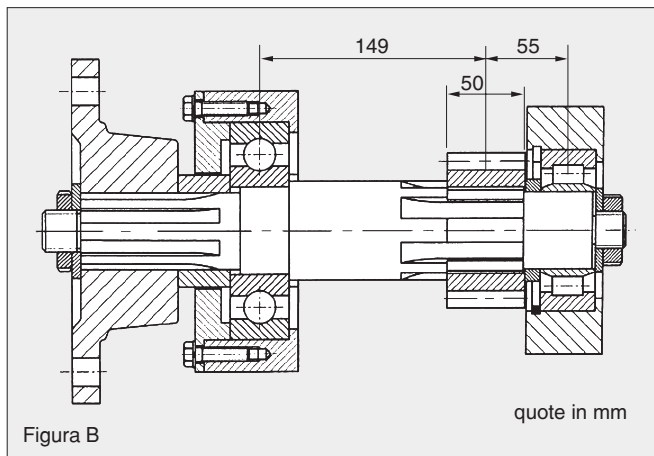


Figura B

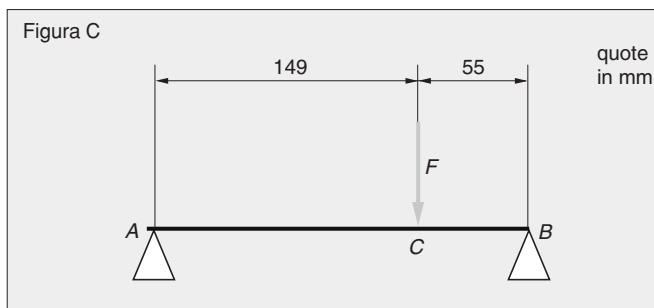


Figura C

La velocità per calcolare f_v è:

$$v = \omega \cdot r_{p1} = \frac{2\pi \cdot n}{60} \cdot r_{p1} = \frac{2\pi \cdot 1450}{60} \cdot 42,5 \cong 6450 \text{ mm/s} = 6,45 \text{ m/s}$$

Quindi

$$f_v = 0,85 - 0,02 \cdot 6,45 = 0,72$$

$\lambda = 10$ è valutabile conoscendo il modulo (5 mm) e la larghezza della ruota (50 mm). M è già stato calcolato (658 600 N · mm). G si può valutare dal Manuale ed è pari a 0,62.

Si ha quindi:

$$\sigma_{am} = G^3 \cdot \frac{M}{f_v \cdot m^3 \cdot \lambda} = 0,62^3 \cdot \frac{658\,600}{0,72 \cdot 5^3 \cdot 10} \cong 174 \text{ N/mm}^2$$

Pertanto si dovrà scegliere, come indicato nel Manuale o nella tabella 13.4 del volume 2, un acciaio legato al nichel.

Cuscinetti a rotolamento

Si scelgono in base alla durata prevista, che in questo caso è di 8000 ore.

Abbiamo già calcolato che il cuscinetto a rulli è soggetto a un carico $R_B = 12\,044$ N, mentre il cuscinetto a sfere è sottoposto a un carico $R_A = 4446$ N.

In entrambi i casi, essendo $n = 1450$ giri/min, la durata in milioni di giri si calcola con la formula (6.22) del volume 3:

$$L = \frac{60 \cdot n \cdot L_h}{1\,000\,000} = \frac{60 \cdot 1450 \cdot 8000}{1\,000\,000} = 696$$

I cuscinetti devono avere un coefficiente di carico dinamico, secondo la relazione (6.21), pari a:

$$C = F \cdot L^{1/p}$$

dove $p = 3$ per cuscinetti a sfera e $p = 10/3$ per cuscinetti a rulli.

Per il cuscinetto a sfere:

$$C = F \cdot L^{1/p} = 4446 \cdot 696^{1/3} \cong 39\,400 \text{ N}$$

Per il cuscinetto a rulli:

$$C = F \cdot L^{1/p} = 12\,044 \cdot 696^{3/10} \cong 85\,816 \text{ N}$$

Per il cuscinetto a sfere, in base al Manuale (tab. 39, pag. 680), si sceglie un cuscinetto della serie 03, con coefficiente di carico $C = 41\,000$ N, di diametro $d = 40$ mm. Disponendo di un catalogo SKF si vede che l'appellativo del cuscinetto è 6308. I suoi dati principali, che per inciso si possono ritrovare anche nel volume 3 alla tabella 6.4, sono:

$$C = 41\,000 \text{ N} \quad d = 40 \text{ mm} \quad D = 90 \text{ mm} \quad B = 23 \text{ mm}$$

La velocità massima (se lubrificato con olio) è $n = 9000$ giri/min.

Per il cuscinetto a rulli si sceglie un cuscinetto della serie 03, con coefficiente di carico $C = 99\,000$ N, di diametro $d = 45$ mm. I suoi dati principali, che si ritrovano o su un catalogo SKF o nel volume 3 alla tabella 6.10, sono:

$$C = 99\,000 \text{ N} \quad d = 45 \text{ mm} \quad D = 100 \text{ mm} \quad B = 25 \text{ mm}$$

La velocità massima (se lubrificato con olio) è $n = 7500$ giri/min.

Per quanto riguarda disegno costruttivo e ciclo di lavorazione dell'albero si rimanda ad altre discipline di studio.