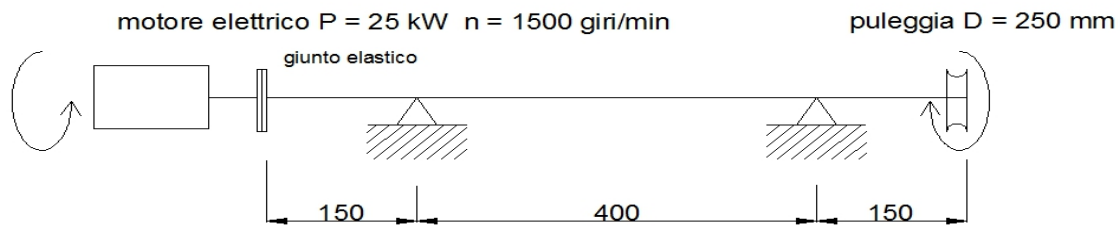


DIMENSIONAMENTO DELL'ALBERO

L'albero, che ha una lunghezza complessiva di 700 mm (0,70 m), è da considerarsi come una trave isostatica disposta su due cerniere ed assoggettata alle sollecitazioni semplici di flessione, taglio e torsione ed a quelle composte di flesso-torsione.



Dopo aver schematizzato il problema, si cercano in ogni sezione di esso le caratteristiche di sollecitazione. Pertanto, occorre determinare le forze che provengono dagli organi su di esso montati.

Il primo proporzionamento dell'albero si esegue in base al momento torcente che vale: $M_t = \frac{P_n}{\omega}$

dove:

$$P_n = 25 \text{ kW};$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 1500}{60} = 157 \text{ rad/s}.$$

Per cui, sostituendo si ha:

$$M_t = \frac{25000}{157} = 159 \text{ Nm} = 159000 \text{ Nmm}$$

Tenuto conto che la potenza in uscita viene trasmessa dall'albero ad una puleggia, di diametro $D = 250 \text{ mm} = 0,250 \text{ m}$ e calettata sulla estremità opposta a quella motrice di ingresso, si calcola la forza periferica utile che viene trasmessa alla cinghia:

$$F_p = 2 \frac{M_t}{D} = \frac{2 \cdot 159}{0,250} = 1272 \text{ N}.$$

La forza radiale F_r , rispetto al tipo di cinghia trapezoidale, è pari a:

$$F_r = f \cdot F_p = 2 \cdot 1272 = 2544 \text{ N}$$

dove f , il coefficiente di attrito radente fra cinghia e puleggia, viene scelto ed assunto dopo la consultazione del manuale¹.

10.2

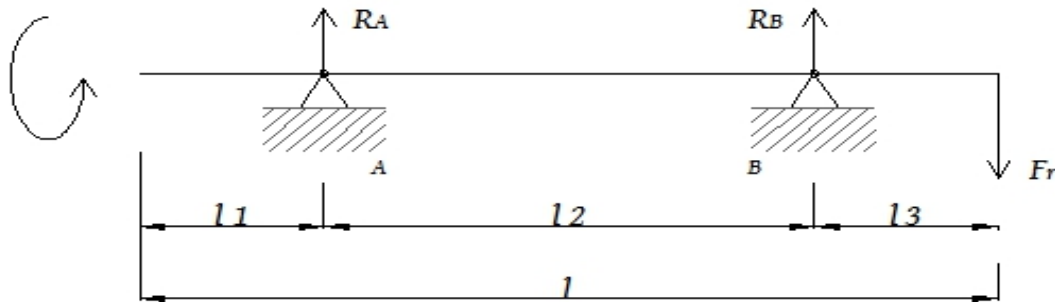
Disegno, p. o. i. V

Esercitazioni di laboratorio - disegno, prog.ne e org.ne ind.le
problema di progettazione meccanica e disegno
tema proposto all'Esame di Stato 2013

IISS "Marconi"
BARI

Ricerca delle caratteristiche di sollecitazione

Si procede con il calcolo delle reazioni vincolari esercitate dagli appoggi A e B.



L'albero, come già detto, può essere assimilato ad una trave isostatica avente le seguenti caratteristiche:

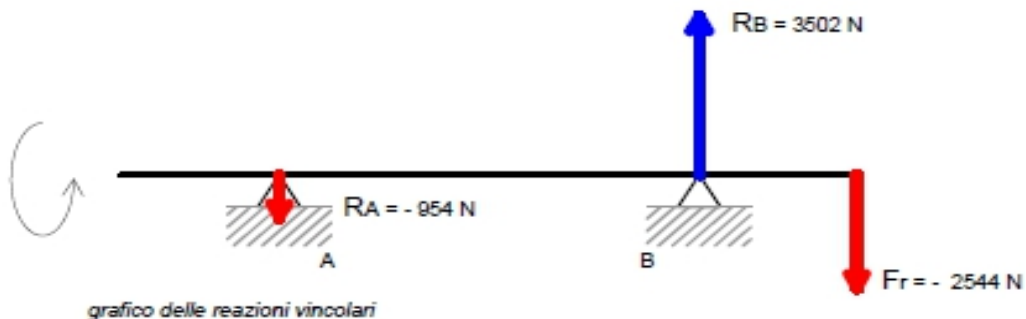
- Lunghezza complessiva $l = 0,70$ m;
- Lunghezza dello sbalzo di sinistra (lato giunto) $l_1 = 0,15$ m;
- Distanza fra gli appoggi (luce) $l_2 = 0,40$ m;
- Lunghezza sbalzo di destra (lato puleggia) $l_3 = 0,15$ m;
- Carico radiale esercitato dalla puleggia $F_r = 2544$ N.

Dallo schema si evince che la trave risulta assoggettata ad un unico carico concentrato F_r , applicato all'estremità dello sbalzo l_3 .

Per cui, ritenendo positivi i momenti orari e le forze rivolte verso l'alto e scegliendo come polo di calcolo l'appoggio B, si può scrivere il sistema:

$$\begin{cases} R_A + R_B - F_r = 0 \\ R_A \cdot l_2 + F_r \cdot l_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_A + R_B - 2544 = 0 \\ R_A \cdot 0,4 + (2544 \cdot 0,15) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_B = 3502 \text{ N} \\ R_A = -954 \text{ N} \end{cases}$$

Dopo aver trovato le reazioni sui vincoli si ridisegna lo schema delle stesse rispetto al loro verso esatto, verificato analiticamente:



10.3

Disegno, p. o. i. V

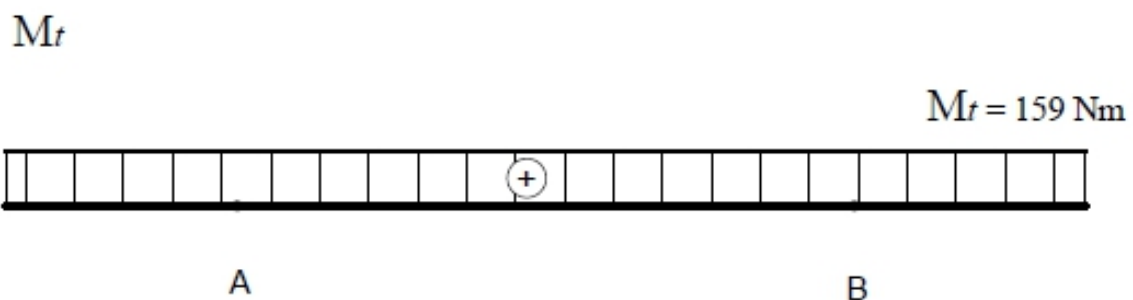
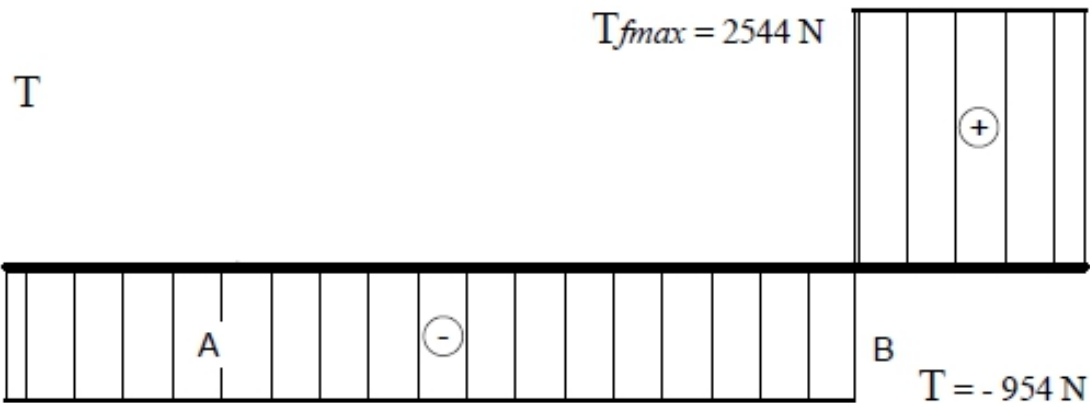
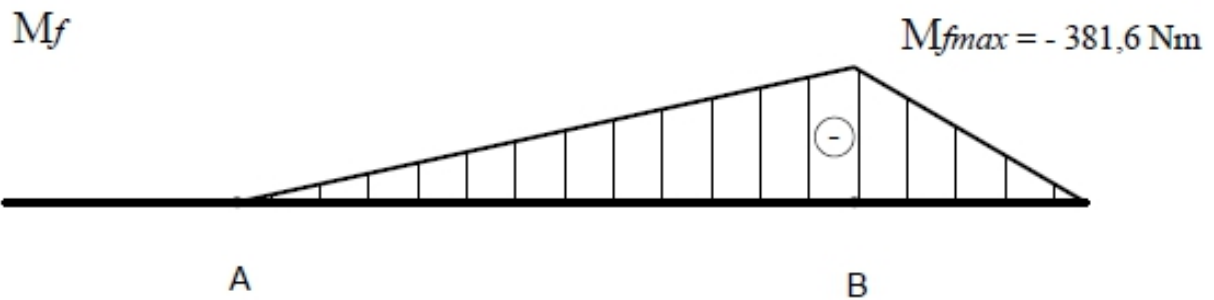
Esercitazioni di laboratorio - disegno, prog.ne e org.ne ind.le
problema di progettazione meccanica e disegno
tema proposto all'Esame di Stato 2013

IISS "Marconi"
BARI

Il momento flettente massimo si ha in corrispondenza dell'appoggio B ed è dato da:

$$M_f = R_A \cdot l_2 = -954 \cdot 0,4 = -381,6 \text{ Nm} = -381600 \text{ Nm}$$

Si tracciano rapidamente i diagrammi di flessione, taglio e torsione



Proporzionamento dell'albero

Per il dimensionamento dell'albero, che sarà in acciaio C40 UNI 7845, si considerano:

$$\sigma_r = 800 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_s = 420 \text{ N/mm}^2$$

Assumendo un coefficiente di sicurezza $n = 3,5$, il valore ammissibile per le tensioni normali vale:

$$\sigma_{am} = \frac{\sigma_s}{n} = \frac{420}{3,5} = 120 \text{ N/mm}^2$$

Il valore ammissibile per le tensioni tangenziali è:

$$\tau_r = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_{am} = 0,577 \cdot 120 = 69,28 \text{ N/mm}^2$$

La massima tensione nell'albero cilindrico è data dalla seguente relazione: $\tau_{max} = \frac{M_t}{W_t}$

Considerato che, per l'albero a sezione cilindrica piena, il modulo di resistenza a torsione è dato dalla relazione: $W_t = \frac{\pi}{16} \cdot d^3$

è possibile calcolare il diametro minimo in corrispondenza delle sedi di calettamento per il giunto e per la puleggia. Pertanto, il diametro minimo vale:

$$d_{min} = 172 \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{\tau_{am} \cdot \omega}} = 172 \cdot \sqrt[3]{\frac{25}{69,28 \cdot 157}} = 22,7 \text{ mm}$$

Per il proporzionamento della sede della puleggia si tiene conto di:

- potenza nominale $P_n = 25 \text{ kW}$;
- numero di giri del motore $n_1 = 1500 \text{ giri/min}$.

Inoltre, si ipotizza un numero di giri del ventilatore pari a:

- $n_2 = 2000 \text{ giri/min}$.

Assunto il fattore di servizio per un uso normale della macchina operatrice² $C_s = 1,1$; la potenza in uscita, maggiorata rispetto a quella nominale a seguito dei sovraccarichi all'avviamento, è di: $P_u = P_n \cdot C_s = 25 \cdot 1,1 = 27,5 \text{ kW}$.

Considerato che il diametro primitivo della puleggia motrice è unificato, e tenuto conto dei predetti parametri, dalla consultazione del manuale³ viene scelta una puleggia a quattro gole trapezoidali avente una larghezza di fascia non inferiore a 82 mm (rif. UNI serie B, 17x11, n.4 gole).

² Manuale del perito industriale, edizioni Cremonese, Firenze 1986, pag. da 843 a 846.

³ Manuale del perito industriale, edizioni Cremonese, Firenze 1986, pagg. 824, 825

10.5

Disegno, p. o. i. V

Esercitazioni di laboratorio - disegno, prog.ne e org.ne ind.le
problema di progettazione meccanica e disegno
tema proposto all'Esame di Stato 2013

IISS "Marconi"
BARI

Per il proporzionamento della estremità su cui verrà calettato il giunto elastico, si ipotizza l'adozione del tipo a pioli.

Dal manuale⁴ viene selezionato il giunto a pioli Renold UNI 7032 – 105 con 8 perni ed una larghezza di fascia non inferiore a: $L_{giunto} = 44,5$ mm.

Il collegamento del mozzo della puleggia e del giunto con l'albero avviene a mezzo linguetta. Dalla consultazione del manuale⁵ si scelgono le linguette unificate rispetto al diametro minimo, precedentemente calcolato.

Per il calettamento della puleggia, che avrà una larghezza $L_{puleggia} = 82$ mm, viene adottata una linguetta tonda A 8x7x70 UNI 6604 – 69 con profondità di cava $t_1 = 4$ mm.

Per questo tipo di accoppiamento il diametro minimo calcolato subirà la maggiorazione della profondità di cava e quindi è pari a:

$$d_{puleggia} = 22,7 + 4 = 26,7 \approx 30,0 \text{ mm}$$

Per il calettamento del giunto elastico, la cui sede avrà una larghezza $L_{giunto} = 44,5$ mm, viene adottata una linguetta tonda A 8x7x36 UNI 6604 – 69.

Inoltre, si conserva lo stesso diametro pari a 30 mm adottato sull'estremità opposta.

In corrispondenza degli appoggi, l'albero deve possedere dei perni con i quali sono a contatto i cuscinetti.

Con la individuazione delle reazioni vincolari e dei momenti flettenti, tali sezioni ritenute "pericolose", vengono successivamente sottoposte al calcolo di verifica alla flessione-torsione. Per cui, si procede con il dimensionamento della sezione più sollecitata in corrispondenza dell'appoggio B, in cui si hanno:

$$M_t = 159000 \text{ Nmm};$$

$$M_f = 381600 \text{ Nmm};$$

$$\omega = 157 \text{ rad/s}.$$

Considerato che le tensioni variabili nel tempo inducono la "fatica nel materiale" si adotta il coefficiente di sicurezza $n = 7$, doppio rispetto a quello adottato precedentemente.

Di conseguenza si ottiene:

$$\sigma_{am} = \frac{\sigma_s}{n} = \frac{420}{7} = 60 \text{ N/mm}^2;$$

edizione 2013

Note : allegati, traccia, disegno esecutivo, ciclo di lavorazione

A cura di:
prof. Giuseppe Simone

⁴ Manuale del perito industriale, edizioni Cremonese, Firenze 1986, pag. 824

⁵ Manuale del perito industriale, edizioni Cremonese, Firenze 1986, pagine 175, 176

10.6

Disegno, p. o. i. V

Esercitazioni di laboratorio - disegno, prog.ne e org.ne ind.le
problema di progettazione meccanica e disegno
tema proposto all'Esame di Stato 2013

IISS "Marconi"
BARI

Il momento flettente ideale è dato dalla seguente relazione:

$$M_{fid} = \sqrt{Mf^2 + \frac{3}{4} \cdot Mt^2} = \sqrt{381600^2 + \frac{3}{4} \cdot 159000^2} = 405683,7 \text{ Nmm}$$

Il modulo di resistenza è:

$$W_n = \frac{M_{fid}}{\sigma_{am}} = \frac{405683,7}{60} = 6761,4 \text{ mm}^3$$

Quindi il diametro del perno sull'appoggio B è dato da:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_n}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 6761,4}{\pi}} \approx 41 \text{ mm.}$$

Scelta dei cuscinetti

Tenuto conto che i carichi applicati avranno una direzione radiale, nel dimensionamento si considerano i cuscinetti i cuscinetti di tipo radiale a sfera.

Il proporzionamento di essi viene eseguito rispetto alla durata che è data dalla seguente relazione:

$$L = \frac{60 \cdot n \cdot h}{10^6}$$

dove:

L è la durata in milioni di giri Mgiri;

n è il numero di giri al minuto dell'albero;

h è il numero di ore di funzionamento.

Per cui, sostituendo si ha:

$$L = \frac{60 \cdot 1500 \cdot 10000}{10^6} = 900 \text{ Mgiri .}$$

Si calcolano i carichi dinamici equivalenti che possono essere ottenuti dalla seguente equazione:

$$\frac{P}{C} = \frac{1}{L^{\frac{1}{3}}}$$

dove:

P è la forza attiva applicata al cuscinetto e corrispondente alla reazione sul vincolo;

C è il carico dinamico equivalente;

L è la durata in giri o cicli.

edizione 2013

Note : allegati, traccia, disegno esecutivo, ciclo di lavorazione

A cura di:
prof. Giuseppe Simone

10.7

Disegno, p. o. i. V

Esercitazioni di laboratorio - disegno, prog.ne e org.ne ind.le
problema di progettazione meccanica e disegno
tema proposto all'Esame di Stato 2013

IISS "Marconi"
BARI

Per il cuscinetto sul perno B si ottiene:

$$C_B = \frac{P}{\frac{1}{L^3}} = \frac{3502}{\frac{1}{900^3}} = 33811 N .$$

Dalla consultazione del catalogo SKF⁶, tenuto conto che il diametro calcolato della sezione è pari a 41 mm, ricade una scelta sul tipo di cuscinetto radiale a sfera ad una corona con schermo avente le seguenti caratteristiche:

diametro interno $d = 45$ mm;

diametro esterno $D = 100$ mm;

larghezza cuscinetto $l = 25$ mm.

Per il cuscinetto sul perno A si ottiene:

$$C_B = \frac{P}{\frac{1}{L^3}} = \frac{954}{\frac{1}{900^3}} = 9210 N .$$

Dalla consultazione del catalogo SKF⁷, tenuto conto che il diametro di calettamento dell'estremità del giunto è pari a 30 mm, si sceglie un cuscinetto radiale a sfere ad una corona avente le seguenti caratteristiche:

diametro interno $d = 35$ mm;

diametro esterno $D = 62$ mm;

larghezza cuscinetto $l = 9$ mm.

A conclusione del proporzionamento dell'albero, per garantire stabilità nell'accoppiamento albero-cuscinetto si assume, in riferimento alla sezione maggiore dell'albero B, un'altezza di spallamento di tipo medio corrispondente a 4,5 mm, ed un raggio di arrotondamento sull'albero di 1,5 mm. Quest'ultimo viene adottato anche sullo spallamento opposto, di sinistra.

Inoltre, per il bloccaggio della puleggia si prevede un accoppiamento filettato M24 con l'uso di un dado esagonale ad intagli con copiglia e di una rosetta, per una lunghezza complessiva di 30 mm.

Successivamente si procede con:

- l'elaborazione del disegno esecutivo dell'albero;
- l'elaborazione del ciclo di lavorazione dello stesso per la ottimizzazione dei parametri e per la stima dei costi di fabbricazione.

edizione 2013

Note : allegati, traccia, disegno esecutivo, ciclo di lavorazione

A cura di:
prof. Giuseppe Simone

⁶ I cuscinetti volventi SKF, edizione 1989, pag. 180

⁷ I cuscinetti volventi SKF, edizione 1989, pag. 170