

*Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca***M296 – ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE**

CORSO DI ORDINAMENTO

**Indirizzo: MECCANICA****Tema di: DISEGNO, PROGETTAZIONE ED ORGANIZZAZIONE INDUSTRIALE  
(Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i corsi sperimentali del Progetto “SIRIO”)**

Nel disegno allegato 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 x 46 x 54 T), presenta le seguenti caratteristiche geometriche:

numero dei denti	$z = 17$
modulo	$m = 5 \text{ mm}$
angolo di pressione	$\theta = 20^\circ$
larghezza fascia dentata	$b = 50 \text{ mm}$

L'albero alla sua estremità è dotato di un ulteriore profilo scanalato (UNI 8953 - 8 x 42 x 48 T) 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:

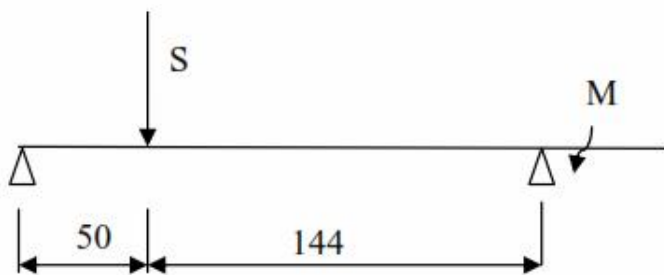
- la verifica di stabilità dell'albero e della ruota dentata, scegliendo opportunamente i materiali;
- la scelta dei cuscinetti fissando un obiettivo di durata di 8000 ore;
- il disegno costruttivo dell'albero, completo di quote, tolleranze (geometriche e dimensionali) e gradi di rugosità.

Inoltre, facendo riferimento ad 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 ed i trattamenti termici. Le dimensioni non indicate si ricavano dal disegno, considerando che la scala di rappresentazione è 1:2.

TEMA DI: DISEGNO, PROGETTAZIONE, ORGANIZZAZIONE  
INDUSTRIALE

Verifica di stabilità dell'albero

L'albero rappresentato nell'allegato può essere assimilato ad una trave su due appoggi. Esso risulta essere soggetto a sforzi di flessione e di torsione secondo lo schema seguente:



Si calcola il momento torcente  $M$  e la spinta sull'albero  $S$ .

Data la potenza da trasmettere e il numero di giri, il momento torcente è dato da:

$$M_t = P/\omega$$

$$\text{Dove } \omega = 2 \times \pi \times n / 60 = 2 \times \pi \times 1450 / 60 = 151.77 \text{ rad/s.}$$

Essendo  $P = 100 \text{ KW}$ , risulta:

$$M_t = 658.9 \text{ Nm.}$$

La spinta sull'albero  $S$  è data da:

$$S = F_t / \cos\theta$$

dove :

$\theta = 20^\circ =$  angolo di pressione

$F_t = M_t/r =$  forza tangenziale

$r = m \cdot Z/2 =$  raggio primitivo della ruota dentata

Essendo:

$m = 5$

$Z = 17$

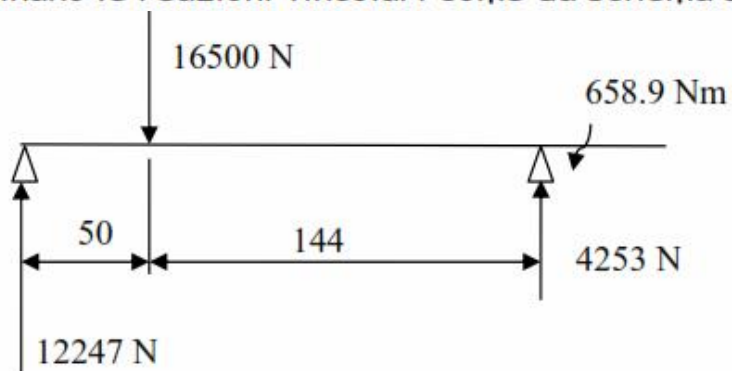
$r = 42.5 \text{ mm}$

risulta:

$F_t = 15504 \text{ N}$

$S = 16500 \text{ N}$

Si determinano le reazioni vincolari come da schema seguente:

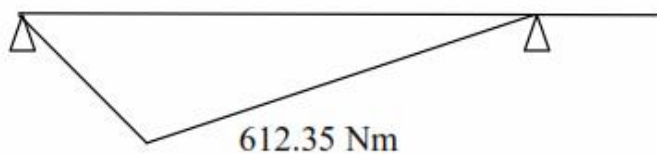


Si tracciano quindi i diagrammi di sollecitazione a torsione e a flessione, trascurando il taglio:

Torsione



Flessione



Si verifica l'albero solo a torsione nell'estremità del profilo scanalato UNI 8953-8x42x48 e si verifica a flessotorsione nella sezione maggiormente sollecitata.

La verifica a torsione richiede che  $T_{max} < T_{ammf}$ .

$$T_{max} = 16 M_t / \pi * d^3 = 45.3 \text{ MPa}$$

Nell'ipotesi che il materiale dell'albero sia un acciaio legato e bonificato 42CrMo4 UNI EN 0083, con  $R_m = 1000 \text{ MPa}$ , la  $T_{ammf}$  risulta pari a 50 MPa.

L'albero risulta pertanto verificato a torsione.

La verifica a flessotorsione si esegue determinando il momento flettente ideale e confrontando la  $\sigma_f$  con la  $\sigma_{ammf}$ .

Il momento flettente ideale risulta:

$$M_{fi} = \sqrt{M_f^2 + 0.75 * M_t^2} = 837 \text{ Nm}$$

Dunque:

$$\sigma_f = 32 * M_f / (\pi * d^3) = 32 * 837000 / (\pi * 46^3) = 87.6 \text{ MPa}$$

essendo  $\sigma_{ammf} = 140 \text{ MPa}$ , l'albero è verificato a flessotorsione.

### Verifica di stabilità della ruota dentata

Per ingranaggi con velocità superiore a 3 m/s la verifica dovrebbe essere fatta ad usura in funzione della pressione sui fianchi e della durata prevista.

Non essendo dato il rapporto di trasmissione non è possibile procedere in tal modo e quindi si calcola il modulo secondo il metodo di Lewis e lo si confronta con quello adottato ( $m=5 \text{ mm}$ ).

Formula di Lewis:

$$m \geq (2 * M_t / \lambda * z * y * \sigma_{amm})^{1/3}$$

dove :

$$M_t = 658900 \text{ Nmm}$$

$$\lambda = b/m = 10$$

$$z = 17$$

$y = 0.301$  (coefficiente di Lewis)

$\sigma_{amm} = (R_m / n) * (A / (A + v)) = 120 \text{ MPa}$  (nell'ipotesi che la ruota dentata sia realizzata con un acciaio legato e bonificato 42CrMo4 UNI EN 0083 con  $R_m = 1000 \text{ MPa}$ , grado di sicurezza  $n = 4$ ,  $A = 6$  coefficiente che tiene conto dello stato di finitura,  $v = 6.45 \text{ m/s}$  velocità periferica).

Risulta pertanto:

$$m = (2 * M_t / \lambda * z * y * \sigma_{amm})^{1/3} = 5,99 \text{ mm} > 5 \text{ mm (modulo della ruota da verificare)}$$

la ruota dentata realizzata con questo materiale e con questo sforzo ammissibile non risulta verificata.

Occorrerà utilizzare un materiale che abbia una tensione ammissibile superiore ai 200 MPa per realizzare la ruota con un modulo uguale a 5.

## Scelta dei cuscinetti

La scelta di dimensionamento di un cuscinetto si effettua tenendo conto della durata prevista dalla macchina che lo monta o del tempo previsto tra due revisioni successive della macchina stessa.

Formula della durata a fatica: la relazione che lega la durata di base o teorica e il coefficiente di carico dinamico è espressa dalla formula:

$$L_{10} = (C/P)^p \text{ dove:}$$

$L_{10}$  = durata di base espressa in milioni di giri

$C$  = carico dinamico, definito come il carico in N agente sul cuscinetto a cui corrisponde la durata di 1 milione di giri (è riportato nel catalogo dei cuscinetti)

$P$  = carico dinamico equivalente (tiene conto del carico radiale ed assiale, nel caso in oggetto corrisponde al solo carico radiale)

$p$  = esponente della formula di durata, vale 3 per cuscinetti a sfere e 10/3 per cuscinetti a rulli

Il legame fra  $L_{10}$  e le ore di funzionamento ( $L_{10h}$ ) è dato da:

$$L_{10} = 60 \cdot n \cdot L_{10h} / 10^6 = 60 \cdot 1450 \cdot 8000 / 100000 = 696.$$

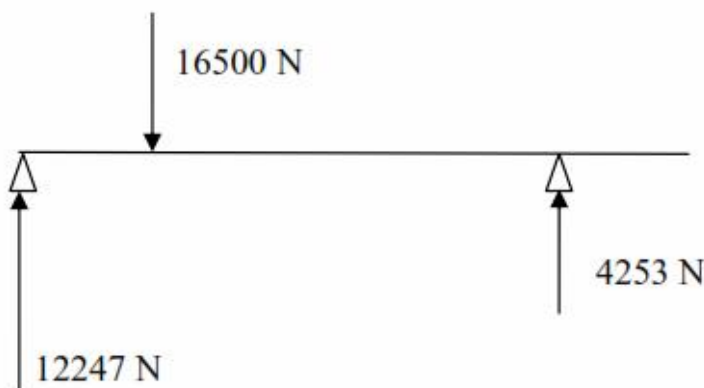
Calcolo carico dinamico del cuscinetto a rulli:

$$C = P \cdot L_{10}^{1/p} = 12247 \cdot 696^{1/3.33} = 87400 \text{ N}$$

Calcolo carico dinamico del cuscinetto a sfera:

$$C = P \cdot L_{10}^{1/p} = 4253 \cdot 696^{1/3} = 37690 \text{ N}$$

Lo schema di calcolo è il seguente:



Dal catalogo SKF il cuscinetto a rulli corrispondente ha le dimensioni di 45x100x25 NU mentre il cuscinetto a sfera ha le dimensioni di 55x120x29.

Ciclo di lavorazione

Lo schema del ciclo di lavorazione è il seguente:

- Lotto di produzione 100 pezzi
- Grezzo di lavorazione: barra trafilata a fredda bonificata diametro 65 mm materiale CrMo4 UNI EN 10083, lunghezza 6 m, lunghezza spezzoni 375 mm, totale 7 barre
- Macchine utensili: segatrice, tornio a controllo numerico, fresatrice, rettificatrice
- Attrezzatura: attrezzatura d'officina e divisore semplice
- Utensili: a placchetta (sgrossatore, finitore, per gole, filettatore), fresa a disco, mola
- Strumenti di controllo: calibro centesimale, calibro passa non passa, anelli scanalati passa non passa
- Sequenza operazioni di produzione
  - 1) Taglio spezzoni alla segatrice
  - 2) Montaggio a sbalzo su piattaforma autocentrante del tornio con sporgenza

- di 220 mm
- 3) Sfacciatura
  - 4) Tornitura cilindrica a gradini lungo il profilo
  - 5) Esecuzione gola
  - 6) Esecuzione filettatura M22
  - 7) Smontaggio e rimontaggio dalla parte opposta con sporgenza di 160 mm
  - 8) Sfacciatura
  - 9) Tornitura cilindrica a gradini lungo il profilo
  - 10) Esecuzione gola
  - 11) Esecuzione filettatura M26
  - 12) Controllo dimensionale
  - 13) Montaggio sulla fresatrice ed esecuzione profilo scanalato UNI 8953-8x46x54
  - 14) Smontaggio e rimontaggio dalla parte opposta
  - 15) Esecuzione profilo scanalato UNI 8953-8x42x48
  - 16) Controllo
  - 17) Rettifica perni
  - 18) Controllo