

CM: Esercizio 5.

Descrivere come il carico di rottura e la dimensione media del grano cristallino influenzano la resistenza a fatica di un componente meccanico intagliato.

Politecnico di Milano - Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Anno accademico 2024-25

Costruzione di Macchine 1

(Prof. S. Bagherifard, Prof. L. Patriarca, Prof. F. Ballo)

Tema d'esame: 13 Gennaio 2025

SPAZIO RISERVATO AL DOCENTE:

NOME :
COGNOME :
MATRICOLA :

4	
5	
Totale	

Nota: Verranno valutate esclusivamente le risposte agli esercizi fornite sugli apposti fogli prestampati

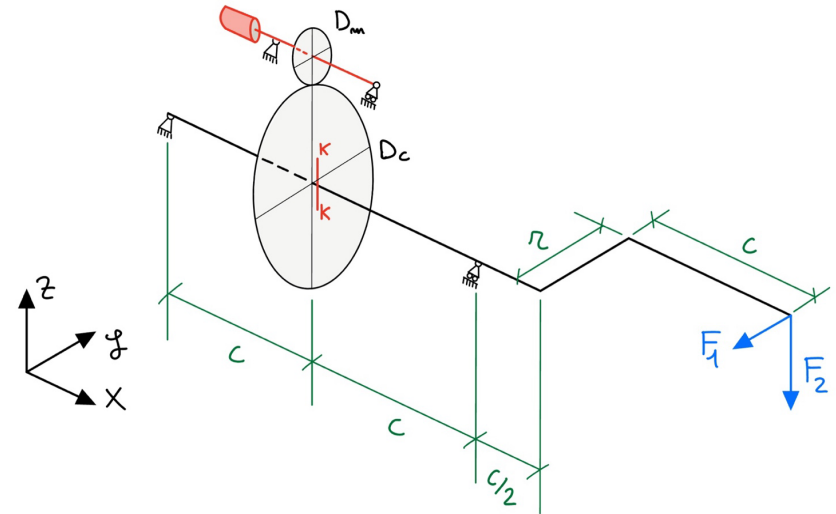
CM: Esercizio 4.

La struttura riportata nella Figura sotto rappresenta lo schema di calcolo di una macchina operatrice. L'albero motore fornisce una potenza W ad un albero condotto tramite una coppia di ruote dentate a denti diritti: D_m è il diametro primitivo della ruota dentata motrice, D_c è quello della ruota dentata condotta; si suppone un rendimento unitario della coppia di ruote dentate.

All'estremità destra dell'albero condotto agiscono due forze rotanti solidalmente all'albero rispetto a un sistema di riferimento xyz solidale al terreno: F_1 e F_2 .

Facendo riferimento ai dati riportati nella pagina successiva (ipotizzare eventuali coefficienti non forniti):

1. Calcolare i) le componenti tangenziale T e radiale R della spinta che si scambiano le ruote dentate considerando un angolo di pressione pari a 20° , ii) le forze F_1 e F_2 considerando $F_2/F_1 = 3$
2. Tracciare i diagrammi di momento flettente e torcente (sulla parte di struttura condotta)
3. Considerando un incremento di coppia allo spunto del $+60\%$, progettare il diametro dell'albero condotto affinché la sezione K-K indicata in Figura sia verificata staticamente con un coefficiente di sicurezza pari a 1.5
4. Effettuare una verifica di resistenza a fatica nella sezione K-K nella condizione di regime



Dati

c = 180 mm
 r = 120 mm
 D_m = 105 mm
 D_c = 380 mm

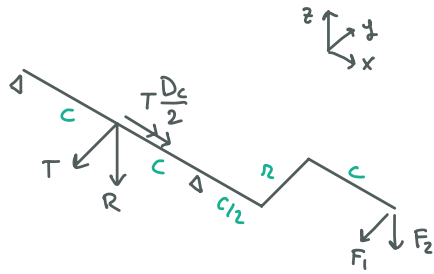
W = 12 kW
 n (motore) = 1200 giri/min

Sezione K-K

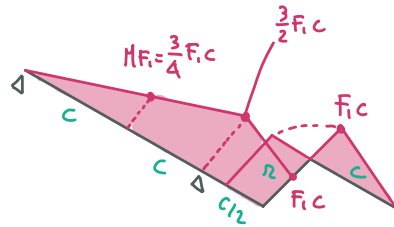
I coefficienti di intaglio teorici sono ipotizzati costanti indipendentemente dalla geometria locale
 K_{tf} (azione interna di momento flettente) = 1.7
 K_{tt} (azione interna di momento torcente) = 1.5
 b₂ = b₃ = 0.9
 q (fattore sensibilità dell'intaglio a fatica) = 0.9

Materiale: acciaio 39NiCrMo3

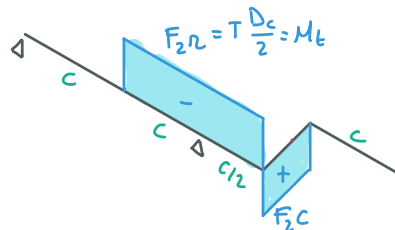
R_m = 1000 MPa
 R_{sn} = 820 MPa



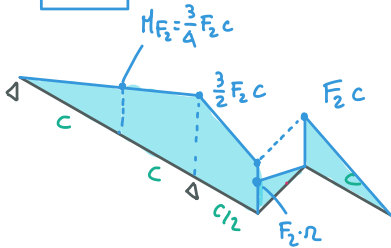
M_yF₁



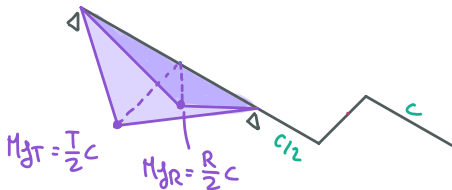
M_tF₂



M_yF₂



M_yT, R



$$W = C_m \cdot \omega_m \rightarrow C_m = \frac{W}{\omega_m} = \frac{12000 \text{ W}}{\frac{\pi \cdot 2 \cdot \pi}{60}} = 95,5 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$C_m = T \frac{D_m}{2} \rightarrow T = \frac{2 \cdot C_m}{D_m} = 1819 \text{ N}$$

$$\tan \varphi = \frac{R}{T} \rightarrow R = T \cdot \tan 20^\circ = 662 \text{ N}$$

$$\sum M_K = 0 \quad T \frac{D_c}{2} = F_2 r \rightarrow F_2 = T \frac{D_c}{2r} = 2880 \text{ N} \quad F_1 = \frac{F_2}{3} = 960 \text{ N}$$

Sezione K-K

$$M_{y \text{ fisso}} = \sqrt{M_{yR}^2 + M_{yF_2}^2} = 410 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{y \text{ rot}} = \sqrt{M_{yT}^2 + M_{yR}^2} = 174,2 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{yF_1} = 129,6 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{yF_2} = 388,8 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{yT} = 163,7 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{yR} = 59,6 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_t = 345,6 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{y \text{ max}} = 1,6 (M_{y \text{ fisso}} + M_{y \text{ rot}}) = 934,5 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{t \text{ max}} = 1,6 \cdot M_t =$$

$$\sigma_{VM}^{\#} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\left(K_{ty} \cdot \frac{32 \cdot M_{y \text{ max}}}{\pi d^3}\right)^2 + 3\left(K_{tt} \cdot \frac{16 \cdot M_{t \text{ max}}}{\pi d^3}\right)^2} \leq \frac{R_{Sn}}{\eta_{pp} = 1,5} d^3$$

$$d_{\text{min}} = \sqrt[3]{\frac{1,5}{R_{Sn}} \sqrt{\dots}} = 31,9 \text{ mm}$$

$$d = 32 \text{ mm}$$

Verifica a fatica:

$$\sigma_m = \frac{32 \cdot M_{y \text{ fisso}}}{\pi d^3} = 127,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{32 \cdot M_{y \text{ rot}}}{\pi d^3} = 54,2 \text{ MPa}$$

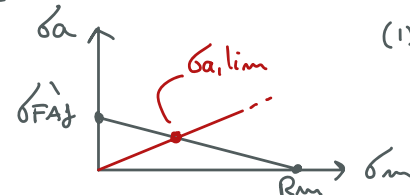
$$\tau_m = \frac{16 \cdot M_t}{\pi d^3} = 53,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{GP}^{\#} = \sqrt{\sigma_a^2 + \left(\frac{\sigma_{a, \text{lim}}}{\tau_{\text{lim}}}\right)^2 (K_{tt} \cdot \tau_m)^2} \leq \frac{\sigma_{a, \text{lim}}}{\eta}$$

$$\eta = \frac{\sigma_{a, \text{lim}}}{\sigma_{GP}^{\#}} = \frac{156,8 \text{ MPa}}{60,4 \text{ MPa}} \approx 2,6 \checkmark$$

$$\tau_{\text{lim}} = \frac{R_{Sn}}{\sqrt{3}} = 473 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{FA}^{\#} = \frac{0,5 \cdot R_m \cdot b_2 \cdot b_3}{1 + q(K_{ty} - 1)} = 248,5 \text{ MPa}$$



(i) $\frac{\sigma_a}{\sigma_m} = 0,425$ (ii) $\frac{\sigma_a}{\sigma_{FA}^{\#}} + \frac{\sigma_m}{R_m} = 1$

$$\sigma_{\text{lim}} = \frac{1}{\frac{1}{\sigma_{FA}^{\#}} + \frac{1}{0,425 R_m}} = 156,8 \text{ MPa}$$

