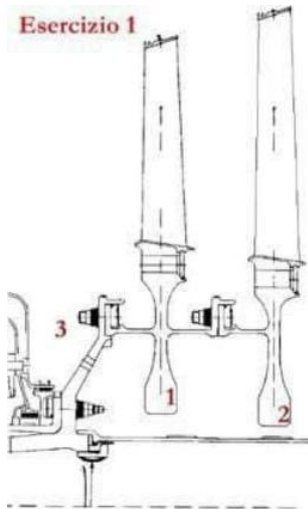


Esercizio 1



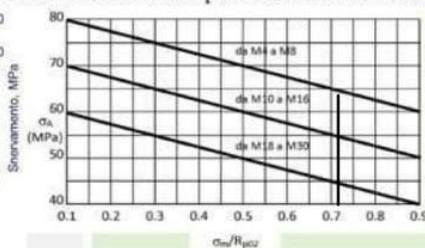
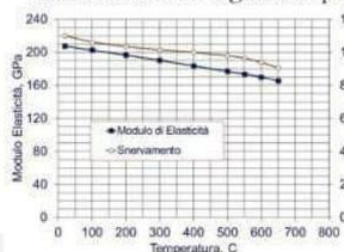
Due dischi, 1 e 2, di uno stadio di turbina di bassa pressione sono flangiati al relativo albero come schematizzato nella figura (le parti statoriche non sono riportate). Progettate il collegamento filettato fra il disco 1 e la flangia 3 (solidale all'albero) scegliendo fra le seguenti opzioni (motivate la scelta)

- Viti: M8 (30 fori), M10 (26 fori) oppure M12 (22 fori);
- Materiale vite: 10.9 oppure 12.9. Gambo completamente filettato.

Per semplificare l'analisi sono ammesse le seguenti ipotesi:

- la cedevolezza del "pezzo" è 1/10 di quella della vite (Gambo tutto filettato)
- al montaggio il rapporto fra tensioni tangenziale e normale è $k = 0.4$;
- il diametro di nocciolo è il 90% del diametro nominale.
- Considerate una lunghezza equivalente di testa e dado pari al 50% diametro nominale

Potenza stadio 1	2400 kW
Potenza stadio 2	3100 kW
Ω di coppia max	10500 rpm
Forza aerodin Assiale	10% Forza aerodin tangenziale
Temperatura di esercizio	500°C



Coeff. attrito tra flange	$0.4 \div 0.5$
Coeff. attrito vite	$0.08 \div 0.16$
Incertezza di serraggio	1.6
Perdita di interferenza	$\Delta i = 10 \mu\text{m}$

Raggio centri dei fori vite	120 mm
Raggio centro pressione pale	200 mm
Spessore delle flange:	40 mm

Domanda 2

Domanda 3

ES. 1 COLLEGAMENTO FILETTATO

Vite M12 P=1.75 classe 12.9

$$C_1 = \frac{2400 \text{ kW}}{10500 \text{ RPM}} = \frac{2.4 \cdot 10^6}{1093.56} = 2183 \text{ Nm}$$

$$C_2 = \frac{3100 \text{ kW}}{\omega} = 2819 \text{ Nm}$$

$$\left\{ \begin{aligned} F_{t1} &= \frac{C_1}{r_p} = \frac{2183}{0.2} = 10915 \text{ N} \\ F_{t2} &= \frac{2819}{0.2} = 14095 \text{ N} \end{aligned} \right.$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{aligned} F_{a1} &= 10\% F_{t1} = 1092 \text{ N} \\ F_{a2} &= 1410 \text{ N} \end{aligned} \right.$$

$$\left| \frac{F_N}{\mu} \right|$$

Sul collegamento filettato viene esercitato un carico: $F_C = F_C = F_{N1} + F_{N2} + F_{a1} + F_{a2}$

$$F_C = S_f \left[\frac{F_{t1} C_1}{r_f} \cdot \frac{1}{\mu} + \frac{C_2}{r_f} \cdot \frac{1}{\mu} + F_{a1} + F_{a2} \right] = 1.5 \left[\frac{2183}{0.12} \cdot \frac{1}{0.4} + \frac{2819}{0.12} \cdot \frac{1}{0.4} + 1092 + 1410 \right] = 106710 \text{ N}$$

Scegliendo viti: M12 classe 12.9 (meno forti che riducono la vita della flangia)

$$\sigma_m = \frac{0.9 R_{p0.2}}{\sqrt{1+3\kappa^2}} = \frac{0.9(1080)}{\sqrt{1+3 \cdot 0.4^2}} = 798.98 \text{ MPa} \rightarrow F_m = \sigma_m \left[\frac{\pi}{4} (0.9d)^2 \right] = 73194 \text{ N}$$

$$A_{d3} = \frac{\pi}{4} (0.9d)^2 = 91.609 \text{ mm}^2 \quad A_d = \frac{\pi}{4} d^2 = 113.097 \text{ mm}^2 \quad A_s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 = 102.3 \text{ mm}^2$$

Calcolo cedevolezza vite al montaggio: $\delta_s = \delta_k + \delta_{\text{Gew}} + \delta_g + \delta_H$ (dato)

$$E_{sc} = E_m = 205 \text{ GPa}$$

$$\delta_k = \frac{0.5d}{E_m A_d} = 2.58789 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\delta_g = \frac{0.5d}{E_m A_{d3}} = 3.1949 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\delta_H = \frac{0.5d}{E_m A_d} = 2.58789 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\delta_{\text{Gew}} = \frac{(40+40)}{E_m A_{d3}} = 4.25389 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

Sono ~ 3.4 filetti in presa

$$\delta_s = 5.0970 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \rightarrow \delta_p = 10\% \delta_s = 5.0970 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

Ripartizione del carico su vite e perno: $F_s = \frac{F_C}{22} \cdot \frac{\delta_p}{\delta_s + \delta_p} = \frac{F_C}{22} \cdot \frac{0.1}{1.1} = 393 \text{ N}$

Forza minima di montaggio: $F_{\text{min}} = \frac{F_m}{d} = 45746 \text{ N}$

$$F_p = \frac{F_C}{22} - F_s = 4409 \text{ N}$$

$$u_s = F_m \cdot \delta_s = 0.233167 \text{ mm (minima)}$$

$$\Delta i = \Delta F (\delta_s + \delta_p) \rightarrow \Delta F_s = \frac{\Delta i}{\delta_s + \delta_p} = 1784 \text{ N (montaggio)}$$

$$\begin{aligned} \text{a) } T=500^\circ\text{C: } E_{500} &= 180 \text{ GPa} \quad R_{p0.2} = 950 \text{ MPa} \\ \delta_k &= 2.9473 \cdot 10^{-7} \quad \delta_{\text{Gew}} = 4.85154 \cdot 10^{-6} \quad \delta_g = 3.63865 \cdot 10^{-7} \\ \delta_H &= 2.9473 \cdot 10^{-7} \rightarrow \delta_s = 5.8048 \cdot 10^{-6} \rightarrow \Delta F_s = 1566 \text{ N} \\ \sigma_s &= 4.81 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$F_{\text{kerf}} = \frac{F_C}{22} = 4851 \text{ N}; \quad \frac{F_s}{A_{d3}} \leq 0.1 R_{p0.2} \Rightarrow \sigma_s = 4.81 \text{ MPa}$$

